

(19)



República Argentina
Ministerio de Economía y Producción
Secretaría de Industria, Comercio y de la
Pequeña y Mediana Empresa
Instituto Nacional de la Propiedad Industrial

(11) No de Publicación:

AR 027899 A1

(41) Fecha de Publicación:

16.04.2003

(51) Int. Cl:

G01D1/02;

(12)

Solicitud de Patente Independiente

(21) No de Solicitud: **P000106544**

(71) Solicitantes: **COMISION NAC DE EN ATOMICA CNE
[AR]**

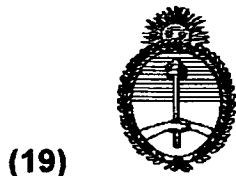
(22) Fecha de Solicitud: **07.12.2000**

(30) Prioridad/es: **2000P106544 AR 07.12.2000**

(72) Inventor/es:

(54) Título:

**METODO PARA ESTIMAR EL VALOR MEDIO
INSTANTANEO DE UNA VARIABLE DINAMICA Y EL
INSTRUMENTO PARA REALIZARLO**



(19)

I.N.P.I.

REPUBLICA ARGENTINA

(10) PUBLICACION N°: AR

(21) SOLICITUD N°:

(51)

INT. CL.:

GOLD 1/00

P000106544

/ (12) ☒ PATENTE DE INVENCION ☐ MODELO DE UTILIDAD

(22) FECHA PRESENTACION: 7-12-00-

(30) DATOS PRIORIDAD: /

(41) FECHA PUBLICACION SOLICITUD:
BOLETIN N°:

(61) ADICIONAL A:

(62) DIVISIONAL DE:

(71) SOLICITANTE(S): Comisión Nacional de
Energía Atómica

(72) INVENTOR(ES): Claudio A. VERRASTRO

(74) AGENTE:

(83) DEPOS. MICROORGANISMOS:

DOMICILIO: AV. del GABRIEL GARCIA
N° 8250 CAP. FED.(54) TITULO DE LA INVENCION: "MÉTODO PARA ESTIMAR EL VALOR MEDIO INSTANTÁNEO
DE UNA VARIABLE DINÁMICA Y EL INSTRUMENTO PARA REALIZARLO"

(57) RESUMEN:

La presente invención se refiere a un método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, sometida a perturbaciones de ruido o a fluctuaciones estadísticas y al instrumento estimador óptimo del valor medio instantáneo de una variable dinámica, para realizar dicho método.

El método permite la estimación del valor medio de una señal no estacionaria, inmersa en ruido, la tasa de variación de este valor y otras magnitudes derivadas.

Luego de iniciado el sistema (etapa a), el método comprende las siguientes etapas:

- (b) Medición de la variable con la menor constante de tiempo, correspondiente a la estimación menos filtrada.
- (c) Cálculo de las estimaciones con distintos filtrados, promediando un distinto número de mediciones anteriores y calcular el error o desvío introducido por la dispersión estadística.
- (d) Selección dentro los promedios anteriores, aquel que contenga el mejor balance entre ruido y retardo, acotados por el promedio menos filtrado y el promedio mas filtrado.
- (e) Indicación de la Estimación, mostrando la mejor estimación seleccionada en la etapa anterior y el error cometido al hacer esta estimación.

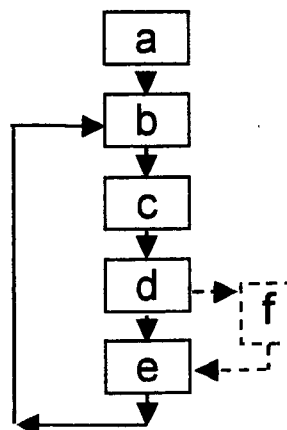
Algunas aplicaciones del método y el instrumento de la invención son: indicación de del valor medio y/o de la tasa de crecimiento de la frecuencia de arribo de pulsos estocásticos en un reactor nuclear, en la determinación automática de tiempo de decaimiento de radioisótopos, en evaluar las dosis de muestras radioactivas con rapidez y precisión. Otra aplicación es en la evaluación del verdadero valor de una señal inmersa en ruido.

IOL1

FIG. 5

FIGURA MAS REPRESENTATIVA N° 5

10/7/02 DEPT



REPUBLICA ARGENTINA
(AR)



I.N.P.I.

MINISTERIO DE ECONOMIA
TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

Secretaría de Promoción
Industrial y Comercio
Relaciones con el Externo

SOLICITUD DE:

PATENTE DE INVENCION:



CERTIFICADO DE MODELO DE UTILIDAD:



EXAMEN CENEA
Nº 000106544
RUE: 202

8 de mayo de 2007
Procedimiento

Fecha de presentación:

P000106544

Acta N°

P000106544

I. SOLICITANTE(S):

1) Apellido y Nombre/Denominación o Razón Social:

Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

2) Documento de Identidad:

Estado Civil

Nupcias:

Nombre del Cónyuge:

3) Caja de Jubilación o AFJP:

N° de CUIL o CUIT: IVA:

4) Inscripto en el Registro Industrial de la Nación (Decreto-Ley 19.971/72) N°

5) Domicilio Real: Av. del Libertador N° 8250, Capital Federal, República Argentina

Legal: el mismo

II. Objeto:

6) Título de la Invención: "MÉTODO PARA ESTIMAR EL VALOR MEDIO INSTANTÁNEO DE UNA
VARIABLE DINÁMICA Y EL INSTRUMENTO PARA REALIZARLO"

7) Carácter de la Patente / Modelo de Utilidad:

Definitiva, por el Terminio de: 20 años

Adicional a la Solicitud N° / Patente N°

Divisional de la Solicitud N°

8) Ley 17.011 Fecha de Prioridad:

País

N°

III. Documentación acompañada

9) Se acompaña:

a) Comprobante pago de servicio requerido

b) Formulario (ANEXO II) hoja técnica

c) Carátula



-7 DIC 2015
MESA DE TRABAJO

RECEIVED
SECRETARIA DE PROMOCION INDUSTRIAL Y COMERCIO
EXTERNO
15/12/2015
15:00
P000106544
RUE: 202

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| d) Memoria descriptiva | ☒ |
| e) Reivindicaciones firmadas | ☒ |
| f) Dibujos (Anexo III) | ☒ |
| g) Numero de figuras reducidas | 10 |
| h) Resumen (Anexo I) | ☒ |
| i) Copia Certificada (Ley 17.011) | ☐ |
| j) Documento de Cesión | ☐ |
| k) Dibujos informales | ☐ |

IV Sociedades

- 10) Sociedad, representada por: Ing. Jorge Aníbal FERNÁNDEZ
-
- quien declara bajo juramento que inviste el carácter de Representante
- que su mandato se encuentra vigente y que la Sociedad se halla inscripta en.....
- Fecha.....N°.....F°.....Lib.....T°.....

V Mandato

- 11) Poder inscripto en Resolución CNEA N° 60/96.... Registrado en el INPI bajo N°.....
- Otro Registro:..... N°.....
- 12) En este acto, se autoriza a :
- para todas aquellas gestiones de mero tramite tales como practicar desgloses, retirar testimonios, certificados, títulos, copias y notificaciones en el expediente.
- 13) Se acompaña poder: Resolución CNEA N° 60/96 y Autorización INPI ☒
- 14) Caja jubilación o AFJP..... N° CUIL o CUIT.....
- 15) Agente Nro.

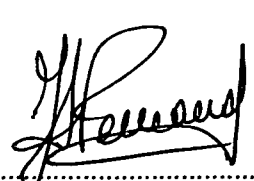
VI Observaciones: Inventor: Claudio A. VERRASTRO

.....

.....

.....

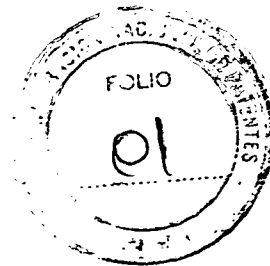
(Firma del autorizado)



.....

(Firma del(los) Solicitante(s) y/o apoderado)

Ing. Jorge Aníbal FERNÁNDEZ
Responsable de Patentes
Comisión Nacional de Energía Atómica



Memoria Descriptiva de la Patente de Invención

denominada

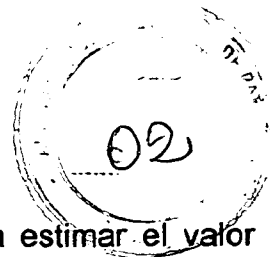
**“MÉTODO PARA ESTIMAR EL VALOR MEDIO
INSTANTÁNEO DE UNA VARIABLE DINÁMICA
Y EL INSTRUMENTO PARA REALIZARLO”**

Solicitada por

**Comisión Nacional de Energía Atómica, residente en
Av. del Libertador 8250, Capital Federal, República Argentina.**

Inventor: **Claudio A. VERRASTRO**

Por el plazo de 20 años



La presente invención se refiere a un método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, sometida a perturbaciones de ruido o a fluctuaciones estadísticas y al instrumento estimador óptimo del valor medio instantáneo de una variable dinámica, para realizar dicho método.

El método y el instrumento de la invención pueden ser empleados, en la indicación de la mejor estimación disponible del valor medio y/o de la tasa de crecimiento de la frecuencia de arribo de pulsos estocásticos, en la determinación automática de tiempo de decaimiento de radioisótopos con precisión preestablecida, en dosímetros donde es necesario evaluar las dosis de muestras radioactivas con rapidez y precisión sin intervención del operador entre muestra y muestra.

Otra aplicación es en la evaluación del verdadero valor de una señal inmersa en ruido, en sistemas realimentados de control en donde la señal de los sensores de la variable controlada es ruidosa o imprecisa, contribuyendo a la estabilidad del sistema sin disminuir la velocidad de respuesta.

El método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica de la invención permite la estimación del valor medio de una señal no estacionaria, inmersa en ruido, la tasa de variación de este valor y otras magnitudes derivadas. Para la aplicación del método se deberá conocer o calcular error o desvío introducido por el ruido (E) que afecta a la señal y el retardo o error dinámico (R) que introduce el proceso de filtrado.

Para la aplicación del método y el instrumento de la invención en la determinación del valor medio del flujo neutrónico, en la el núcleo de un reactor nuclear, se considera que la generación y la detección de neutrones es un proceso estocástico, es así que cualquier medición basada en el conteo de neutrones estará afectada por cierto grado de fluctuación estadística, particularmente grave en las primeras décadas del régimen de arranque. Además el valor medio del flujo neutrónico evoluciona en el tiempo siguiendo una ley exponencial expresada por:



$$\varphi(t) = \varphi_0 \cdot e^{\Phi t}$$

(1)

El instrumento debe estimar el valor medio del flujo neutrónico (φ_0) y la tasa de variación (Φ). Durante el arranque se necesita una estimación de estos parámetros rápida y precisa ya que hacen a la seguridad del reactor. El error total de una medición esta compuesto por dos componentes fundamentales, el error estadístico (e_r) (asociado al número de cuentas) y el error dinámico (e_d) (asociado al tiempo de conteo).

La estimación rápida y precisa de estos parámetros, con los instrumentos disponibles actualmente: Impulsímetro analógico, y Escalímetro digital, en modo de tiempo prefijado; no es una tarea fácil. Sobre todo en las primeras décadas del régimen de arranque, donde la fluctuación estadística de la medición, produce muchos falsos disparos, obligando a no incluir la tasa de crecimiento, en la lógica de seguridad, dejándola solo en la lógica de movimiento de barras. En la práctica, el operador hace una "evaluación mental" de la tasa a partir de las lecturas del escalímetro. Por otra parte la especificación de tiempos de respuesta tan breves como 50ms, desestima el simple recurso de aumentar los tiempos de conteo, para mejorar el filtrado estadístico, porque de esa manera se disminuirían los falsos disparos pero se llegaría tarde con la respuesta. Es así, que la solución actual dista mucho de ser la ideal, ya que, para la lógica de seguridad en régimen de arranque, los límites de valor medio de flujo se colocan lo suficientemente alejados para no producir falsos disparos y la estimación de la tasa de crecimiento, en régimen de arranque se deja librada a la evaluación del operador.

Un contador digital puede operar en dos modos básicos, tiempo prefijado o cuentas prefijadas. El enfoque usado tradicionalmente es contar a tiempo prefijado y la principal desventaja es que no se conoce el error estadístico de la medición hasta después de ser efectuada. Este depende del número de cuentas acumuladas. La expresión del valor medio del flujo es:

$$\varphi = \frac{K}{T}$$

(2)



Donde la variable medida K es el número de cuentas acumuladas en el tiempo predeterminado T

La expresión del error estadístico fraccional para el flujo medio en este modo de operación es conocida.

$$er_{\varphi} = \frac{Z}{\sqrt{K}} \quad (3)$$

Donde Z es un coeficiente de confianza, que ajusta el número de estimaciones con error $\leq er_{\varphi}$ (p.e. si $Z=1$ el 68.26% de las estimaciones tendrán error $\leq er_{\varphi}$, si $Z=2$, el 95.44% y si $Z=3$, el 99.74% de las estimaciones estarán dentro del margen de error).

En la Ec.2 vemos que para realizar una estimación del valor medio del flujo con un error estadístico er_{φ} es necesario esperar un cierto tiempo T , entonces es posible definir como error dinámico ed_{φ} a la diferencia entre el valor instantáneo y el valor promedio calculado

$$ed_{\varphi} = 1 - \frac{K \cdot \Phi}{(K\Phi + \varphi_0) \cdot (\ln(K\Phi + \varphi_0) - \ln \varphi_0)} \quad (4)$$

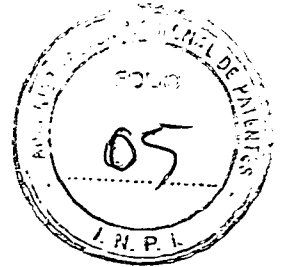
En forma similar se puede derivar la expresión para la tasa de variación.

$$\Phi = \frac{T_1 - T_2}{T_1 \cdot T_2} \quad (5)$$

Donde T_1 y T_2 son los tiempos necesarios para realizar dos acumulaciones sucesivas de K cuentas. En estas condiciones el error estadístico para la tasa de variación es:

$$er_{\Phi} = \frac{Z}{\Phi_m \cdot K^{\frac{3}{2}}} \cdot (5 \cdot K^2 \cdot \Phi^2 + 6K\Phi\varphi_0 + 2\varphi_0^2)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

La Ec.6 expresa el error estadístico de la tasa de variación, relativo al fondo de escala del instrumento Φ_m .



La Ec.5 expresa que es necesario esperar un tiempo T_1+T_2 para estimar la tasa de variación, entonces se puede definir un error dinámico para la tasa de variación como la diferencia entre el valor calculado por la Ec.5 y el valor teórico de la derivada instantánea, este error se puede expresar como:

$$ed_{\Phi} = \frac{\Phi}{\Phi_m} \cdot \left(1 + \frac{1}{\ln\left(\frac{K\Phi}{\varphi_0} + 1\right)} - \frac{1}{\ln\left(\frac{K\Phi}{K\Phi + \varphi_0} + 1\right)} \right) \quad (7)$$

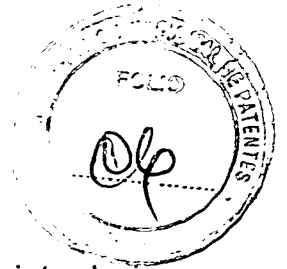
Las expresiones anteriores, permiten dividir el rango de funcionamiento del instrumento en zonas (pares de valores de φ y Φ), para las cuales se puede calcular el valor de K que minimice el error total ($er + ed$). O bien calculados los valores de φ y Φ se puede determinar el valor de K que minimice el error total de la próxima estimación (suponiendo que estos valores no cambian sustancialmente de estimación a estimación).

De acuerdo al arte previo conocido, este tipo de análisis falla ante las variaciones súbitas de los valores de operación tal como ocurre en condiciones de accidente o en situaciones no previstas.

En la figura 2 se muestra una evolución de flujo y un escalón que duplica el flujo en forma instantánea. El tiempo de respuesta del instrumento puede ser mayor al necesario para reaccionar, o el error de las estimaciones debe ser elevado, retornando al viejo compromiso entre precisión y tiempo de respuesta.

Para solucionar dichos inconvenientes y proporcionar una ventaja considerable en la medición, el método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica de la invención, permite la estimación del valor medio de una señal no estacionaria, inmersa en ruido, la tasa de variación de este valor y otras magnitudes derivadas. Para la aplicación del método se deberá conocer o calcular error o desvío introducido por el ruido (E) que afecta a la señal y el retardo o error dinámico (R) que introduce el proceso de filtrado.

La novedad del método de la invención consiste en calcular simultáneamente varias estimaciones (V_i) de la variable a medir con valores de



filtrado creciente ($j = 1, \dots, n$). La estimación menos filtrada debe introducir un error dinámico (R_1) menor al máximo permitido y la estimación mas filtrada debe tener un error por ruido (E_n) menor al deseado con respecto al verdadero valor medio (en régimen estacionario) de la variable medida. Las estimaciones intermedias serán las necesarias para permitir una operación suave y sin saltos, en todo el rango del instrumento. La mejor estimación de la variable es aquella que cumple con

$$|V_m - V_j| \leq E_j \quad \text{para todo } j < m. \quad (8)$$

Donde V_m es la estimación de la variable, seleccionada como la mejor y es la salida del instrumento.

En esta estimación se cumple que el error total ($ET_m = R_m + E_m$) de la estimación cumple con

$$R_m + E_m \leq E_j \quad \text{para todo } j < m \quad (9)$$

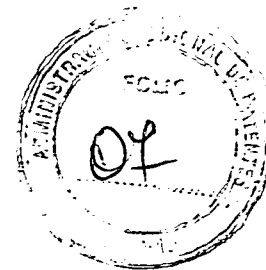
Esta salida no solo es un valor de la estimación realizada sino que también consiste en la indicación del error con que se realizó la estimación, eventualmente, si la variable esta sometida a fluctuaciones estadísticas se puede indicar el nivel de confianza de dicha estimación.

El método de la invención consiste en calcular simultáneamente varias estimaciones con valores decrecientes de error estadístico (promedios realizados sobre número de mediciones creciente), obviamente el error dinámico de estas estimaciones crecerá con el número de mediciones; pero como el error estadístico se puede conocer de antemano, se tomará como mejor estimación a aquella con menor error estadístico pero cuyo error total ($e_r + e_d$) sea menor al error estadístico de todas las estimaciones sobre menor número de mediciones.

El método de la invención comprende las siguientes etapas:

Etapas a: Inicializado del sistema

Esta etapa es común a todos los métodos y consiste en poner todas las variables del sistema en su valor inicial y predisponer al sistema para la primera



medición.

Etapa b: Medición de la variable

En esta etapa de medición es novedosa y distinta a una medición común de cualquier sistema porque se mide la variable con la menor constante de tiempo, correspondiente a la estimación menos filtrada.

Etapa c: Cálculo de las estimaciones con distintos filtrados.

Esta etapa es novedosa y no existe en otros sistemas, y consiste en promediar distinto número de mediciones anteriores con el objeto de calcular tantos promedios como sean necesarios sobre un número de mediciones creciente.

Etapa d: Selección de la mejor estimación.

Esta etapa es novedosa y consiste en seleccionar dentro los promedios anteriores aquel que contenga el mejor balance entre ruido (error estadístico) y retardo (error dinámico), acotados por el promedio menos filtrado y el promedio mas filtrado. Como criterio de selección del mejor promedio se puede usar las ecuaciones (8) y (9).

En esta etapa también se calculan, de ser necesario, las magnitudes derivadas de la mejor estimación.

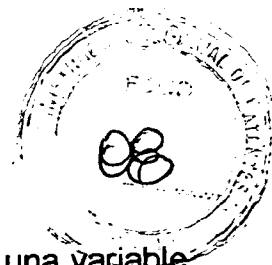
Etapa e: Indicación de la Estimación y adecuación para la próxima medición

Esta etapa es novedosa, porque nos solo se muestra la mejor estimación seleccionada en la etapa anterior sino que se indica el error cometido al hacer esta estimación. También, de ser necesario, adecua el valor de la mínima constante de tiempo para la próxima medición.

Etapa f: Cálculo de Indicadores de advertencia

Esta etapa es novedosa, y opcional. Por que utiliza el número índice que identifica al mejor promedio seleccionado en la etapa d como indicador de la velocidad de cambio de la variable medida y la compara con valores de referencia.

En otras palabras, se muestra el valor mejor filtrado estadísticamente pero que sea compatible con las estimaciones que tienen menor error dinámico.



Como el método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica de la invención, esta calculado basándose en un número de mediciones que solo depende de cuan estable sea la medición, se extraen las siguientes ventajas:

- I. Se muestra la lectura con el error total mínimo disponible
- II. El tiempo de respuesta disminuye dramáticamente frente a un escalón

Para la aplicación del método de la presente invención en la determinación del valor medio del flujo neutrónico, en la el núcleo de un reactor nuclear, se tiene en cuenta la ecuación (3) donde se expresa que el error estadístico es una función del número de cuentas acumulado, este nuevo método trabaja a cuentas prefijadas K , de tal forma que los errores estadísticos se pueden conocer de antemano. En este caso la variable medida es el tiempo T necesario para acumular K cuentas.

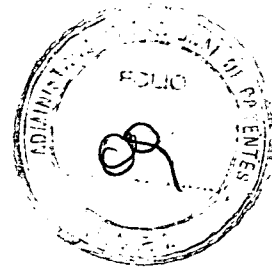
El método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica de la invención, se basa en este nuevo enfoque, que llamaremos Multipromedio, y en el mismo no se fija a priori un valor de K óptimo, por el contrario se calcula el valor del flujo/tasa para varios K_i distintos ($i = 1, 2, \dots, n$) con $K_{i+1} = \alpha K_i$ (con $\alpha > 1$) pero solo se mostrará el flujo/tasa calculado basándose en el valor de K_j mayor que sea compatible con el error estadístico de todos los K_i con $i < j$.

La metodología de "Multipromedio" sigue la evolución de los pulsos de entrada con varios valores de K simultáneamente.

Las estimaciones de flujo con valores chicos de K tendrán error estadístico mayor que las estimaciones con K grande, estos errores estadísticos, $er_{\phi K}$ se calculan por medio de Ec.3.

De todas estas estimaciones ϕ_K , una sola es la que se selecciona para mostrar, ϕ_m , como la de menor contenido de error estadístico ($er_{\phi m}$) pero con error dinámico ($ed_{\phi m}$) menor al error estadístico ($er_{\phi K}$) de todas las estimaciones con menor K .

Es decir la que cumple con la relación:



$$\varphi_m(1 - er_{\varphi K}) \leq \varphi_K \leq \varphi_m(1 + er_{\varphi K}) \quad \text{para } \forall \varphi_K \text{ con } K < m \quad (10)$$

El error dinámico de estas estimaciones dependerá del valor medio del flujo y de la tasa de variación (Ec.4), a mayor K le corresponde mayor error dinámico.

La condición dada por la Ec.8 garantiza que, en todo momento, la mejor estimación, φ_m , tiene un error dinámico menor al error estadístico de la estimación de menor K. Se puede afirmar que para cualquier valor de φ y Φ

$$er_{\varphi m} + ed_{\varphi m} \leq er_{\varphi K} \quad \text{para } \forall \varphi_K \text{ con } K < m \quad (11)$$

Por otra parte, para satisfacer el requerimiento de tiempo de respuesta del instrumento, será necesario fijar el menor valor de Kmin que debe cumplir con

$$K_{\min} \leq \varphi \cdot T_r \quad (12)$$

Donde T_r es el tiempo de respuesta del instrumento y φ es el régimen del reactor.

En la figura 3 se muestra una respuesta típica de un instrumento multipromedio al escalón. En la misma se puede observar en línea de puntos el escalón de 10 pulsos por segundo a 20 pulsos por segundo y en línea llena la respuesta típica del Instrumento Multipromedio de la invención.

Este método permite usar el conocimiento previo de la distribución estadística del ruido presente en la señal, en todo momento se conoce el error estadístico de cada estimación, se puede detectar entonces, cuando el funcionamiento se aparta de la ley estadística esperada.

Es decir, las estimaciones válidas deben estar dentro de una banda de error estadístico esperada, si no es así, debe aumentarse la velocidad de respuesta.

El modo de funcionamiento del Instrumento Multipromedio, que desarrolla



el método de la invención, toma ventaja en aplicaciones donde la mayor parte del tiempo, la evolución de la señal es lenta y cambios súbitos no son usuales. Se pueden realizar mediciones precisas cuando el fenómeno evoluciona normalmente, y se debe reaccionar rápidamente en situaciones anormales, aún a costa de precisión.

El objetivo principal de la invención es obtener un método que permita la estimación del valor medio de una señal no estacionaria, inmersa en ruido, la tasa de variación de este valor y otras magnitudes derivadas. Para la aplicación del método se deberá conocer o calcular error o desvío introducido por el ruido (E) que afecta a la señal y el retardo o error dinámico (R) que introduce el proceso de filtrado.

Un segundo objetivo de la invención es obtener un instrumento para realizar el método propuesto.

Una aplicación de la presente invención es su utilización en la indicación de la mejor estimación disponible del valor medio y/o de la tasa de crecimiento de la frecuencia de arribo de pulsos estocásticos.

Otra aplicación de la presente invención es en la determinación automática de tiempo de decaimiento de radioisótopos con precisión preestablecida.

Otro uso de la presente invención es en dosímetros donde es necesario evaluar las dosis de muestras radioactivas con rapidez y precisión sin intervención del operador entre muestra y muestra.

Otra aplicación es en la evaluación del verdadero valor de una señal inmersa en ruido, en sistemas realimentados de control en donde la señal de los sensores de la variable controlada es ruidosa o imprecisa, contribuyendo a la estabilidad del sistema sin disminuir la velocidad de respuesta.

A fin de una mejor comprensión de la presente invención y mayor entendimiento de las ventajas comentadas, más las que los entendidos



en la especialidad podrán agregar, se realiza a continuación la descripción detallada de un ejemplo preferido de realización del método y el instrumento de la presente invención, basándose en los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura N° 1 muestra un diagrama de flujo del proceso de un ejemplo preferido de realización de la invención.

La figura N° 2 muestra una evolución de flujo con un escalón que duplica el flujo en forma instantánea. En la misma en línea cortada: evolución real. línea punteada: Estimación con $K=256$. línea llena: Estimación con $K=4096$

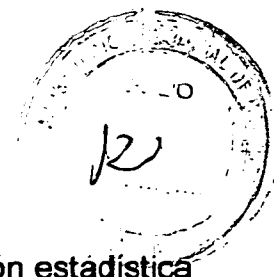
La figura N° 3 muestra una respuesta típica de un instrumento de la invención (multipromedio) al escalón. En la misma, en línea cortada: Escalón de 10 pulsos por segundo a 20 pulsos por segundo; en línea llena: Respuesta típica del Instrumento Multipromedio.

La figura N° 4 muestra la Medición que se realiza en el Lazo principal, en el que se desarrollan en forma cíclica las etapas b ,c ,d y e del método de la invención.

La figura N° 5 muestra un diagrama en bloques del instrumento que evalúa el valor medio, de la invención.

En la figura N° 1 se observa un diagrama de flujo del método de la invención, que comprende las siguientes etapas:

- (a) **Iniciado del sistema:** consiste en poner todas las variables del sistema en su valor inicial y predisponer al sistema para la primera medición.
- (b) **Medición de la variable:** consiste en medir la variable con la menor constante de tiempo, correspondiente a la estimación menos filtrada.
- (c) **Cálculo de las estimaciones con distintos filtrados:** consiste en promediar distinto número de mediciones anteriores con el objeto de calcular tantos promedios como sean necesarios sobre un número de mediciones



creciente y calcular el error o desvío introducido por la dispersión estadística (E) que afecta a cada uno de los promedios.

(d) Selección de la mejor estimación: consiste en seleccionar dentro los promedios anteriores aquel que contenga el mejor balance entre ruido (error estadístico) y retardo (error dinámico), acotados por el promedio menos filtrado y el promedio mas filtrado. Como se desconoce el verdadero valor medio se adoptará como promedio corriente (P_c) a aquel que verifique las relaciones:

$$|P_c - P_i| < E_i \quad \text{para } i = 1, \dots, c-1$$

Para un caso particular, tendremos:

$$P_c (1 - 3 E_i) < P_i < P_c (1 + 3 E_i) \quad \text{para } i = 1, \dots, c-1$$

Con $E_i = 1 / K_i^{1/2}$ que corresponde al desvío estándar de una distribución tipo Poisson

El primer P_i (con i mas chico) que no verifique la relación será el nuevo P_c

Con esta relación se expresa el criterio de que el promedio corriente P_c debe estar comprendido dentro los márgenes de error $\pm 3\sigma$ de los promedios menos filtrados.

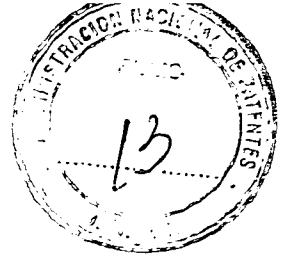
Para pasar a una medición mas filtrada el criterio es que el promedio mas filtrado este dentro de un margen de error de $\pm 1/2\sigma$ del promedio corriente.

Entonces si P_c cumple con la relación anterior y P_{c+1} verifica

$$P_c (1 - 1/2 E_c) < P_{c+1} < P_c (1 + 1/2 E_c)$$

Entonces ahora el promedio corriente será P_{c+1} siempre y cuando esta escala este habilitada. Como se pretende que la transición a una escala más precisa sea de forma suave, se copiara el valor de P_c en P_{c+1} para que no haya escalón en el valor

En esta etapa también se calculan, de ser necesario, las magnitudes derivadas de la mejor estimación. Si el proceso medido lo requiere, se pasa a la etapa (f).



(e) Indicación de la Estimación y adecuación para la próxima medición:

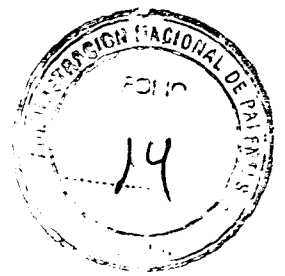
Se muestra la mejor estimación seleccionada en la etapa anterior y el error cometido al hacer esta estimación. En esta estimación se cumple que el error total ($E_{tm} = R_m + E_m$) de la estimación cumple con $R_m + E_m \leq E_j$ para todo $j < m$. De ser necesario, se adecua el valor de la mínima constante de tiempo para la próxima medición.

(f) Cálculo de Indicadores de seguridad o de advertencia: opcionalmente una vez seleccionado el mejor promedio P_c , en la etapa (d), se determina la velocidad de seguimiento. Como el método permite el seguimiento de la variable medida con distintas velocidades que solo dependen del proceso en si mismo, se puede usar el estado interno del instrumento como indicador de la velocidad de cambio de la variable medida, así el número índice c que identifica al promedio corriente, refleja en forma inversamente proporcional, la velocidad de cambio del valor medio de la variable.

En la figura 3 se muestra una respuesta típica de un instrumento multipromedio al escalón. En la misma se puede observar en línea de puntos el escalón de 10 pulsos por segundo a 20 pulsos por segundo y en línea llena la respuesta típica del Instrumento Multipromedio.

En la Figura 4 se puede observar el diagrama de estado y transiciones para el manejo de excepciones. En el estado inicial (1) se desarrolla la etapa a, transmitiendo la lectura cero con la historia borrada (2) al Lazo Principal (3), en el que se desarrollan en forma cíclica las etapas b, c, d y e del método de la invención. De dicho Lazo Principal (3) se obtiene una salida de estimación óptima (5) que ingresa al registro de mediciones (4) y retorna (6) al estado del Lazo Principal (3), conservando los valores históricos.

En el caso de tener una medición de Muchos pulsos, da una indicación de Lectura máxima (7) a través de una salida que da el Error de sobrerango (8) y en ese caso se produce el reinicio con K_{max} (9), borrando la historia anterior. En el caso de tener una medición de Pocos pulsos, da una indicación



de Lectura mínima (10), a través de una salida de que da el Error de bajorango (11) y en ese caso se produce el reinicio con Kmin (12) borrando la historia anterior.

En el caso de tener un error grave, dicho Lazo Principal (3), da una indicación de Error grave (13), que da el Error de seguridad (14) y en ese caso se produce el reinicio del equipo (15).

En la figura 5 se puede observar un diagrama en bloques del instrumento que evalúa el valor medio, para realizar el método de la invención, aplicado por ejemplo a evaluar el valor medio del Flujo neutrónico (ϕ) el Logaritmo del Flujo neutrónico ($L\phi$) y la Tasa de crecimiento (Φ) de un reactor nuclear en régimen de arranque con pulsos en el rango de 1 a 10^6 pulsos por segundo (pps). En la misma la Entrada Pulsos (16) ingresa a un Conformador de entrada (17). La etapa de conformación de entrada esta prevista para compatibilizar este equipo con instrumentación preexistente cuya salida de pulsos, presente glitches o niveles inadecuados; luego pasan a un Preescaler (18) que divide el número de pulsos de entrada por 16 ampliando el rango de frecuencia de entrada del microprocesador de 400 Khz a 6,4 Mhz además produce un efecto desrandomizador que disminuye la pérdida por tiempo muerto. En el caso de que esta señal sea provista por un Discriminador/Conformador con salida TTL y un preescaler por 16 esta etapa puede evitarse. Las cuentas conformadas y preescaladas son acumuladas por un contador (19) interno del procesador (20) y cuando estas llegan al valor K prefijado se produce una interrupción y en ese instante se lee el reloj (22) de la base de tiempo para calcular el T entre K cuentas, sobre la base de estas mediciones el procesador (20) calcula 9 valores medios de flujo para las últimas K, 2K, 4K..., 256K cuentas, de estos 9 valores se selecciona el promedio corriente (elegido según el criterio mencionado mas adelante) y basándose en este promedio se calculan la tasa y el flujo logarítmicos.

Dicho procesador (20) procesa las mediciones según el diagrama de la figura 4, como ya se explicó anteriormente.

Estos valores así calculados son almacenados en un registro de salida (24), produciendo una salida analógica (26) por medio de un conversor digital analógico (25), la salida de este conversor convenientemente bufferizada se envía al frente, para su exhibición en un instrumento (27) de aguja o 7 segmentos, y al conector trasero las magnitudes en formato digital (28) para indicación remota. En el frente también se muestra el error estadístico o desvío estándar del promedio corriente, la década del flujo corriente, el estado interno del procesador y auto verificaciones de seguridad.

Para mayor aclaración de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se explican a continuación un ejemplo de realización del método de la invención:

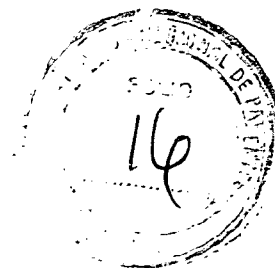
Se describirá la realización del método de la presente invención, utilizándolo para evaluar el valor medio del Flujo neutrónico (ϕ), el Logaritmo del Flujo neutrónico ($L\phi$) y la Tasa de crecimiento (Φ) de un reactor nuclear en régimen de arranque con pulsos en el rango de 1 a 10^6 pulsos por segundo (pps), con un instrumento cuyo diagrama en bloques es la figura 5.

Opera en el modo de "cuentas prefijadas" y lo que se mide es el tiempo T entre K pulsos

El reloj para la medición de tiempo es de 125Khz y el rango dinámico es de 24 bits (3 bytes).

Las operaciones matemáticas, el manejo y almacenamiento de datos se realizaron utilizando un microprocesador integrado. Las operaciones de multiplicación y división se realizaron tomando logaritmos y antilogaritmos en base 2 utilizando tablas.

En la construcción actual, se tomó $Z=3$ en la Ec. 3 para que, con una confianza de 99,7%, las estimaciones estén dentro de los márgenes de error establecidos y $K=16$ como valor mínimo asumiendo que no se puede tomar ninguna determinación con error superior al 75%.



Etapla (a) - Inicialización:

Todos los tiempos inicialmente se pusieron a cero indicando que las escalas respectivas no tienen datos disponibles y se indica bajo rango como advertencia de iniciación.

Se eligió como escala inicial $K = 16$ (se presupuso que ninguna decisión puede ser tomada con una incertidumbre mayor al 75%, 3 sigmas, confianza de 99,7%), si el tiempo computado $T = T_u - T_a$ es menor a 1024 ciclos de clock (8,2 mseg) (la precisión en la medición de tiempo debe ser mejor al 1%) se cambia la escala interna en un orden y el valor las cuentas mínimas será de $K = 2 K$.

Si $K = 4096$ y el tiempo para acumular K cuentas sea menor a 8,2 mseg, entonces se indicará sobrerango y el valor mostrado es el fondo de escala.

En caso que el tiempo para contar con $K = 16$ cuentas supere 64seg. indica bajorango y la lectura es cero. (ver figura 4)

Etapla (b) - Medición del tiempo

Se midió el tiempo cada K cuentas y se calculó

$$T = T_u - T_a$$

Donde T_u es el estado presente del reloj y T_a es el estado anterior.

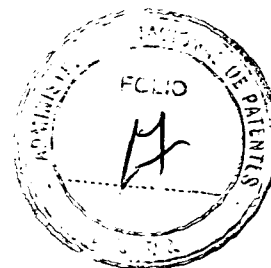
Etapla (c) - Cálculo de las estimaciones con distintos filtrados

El cálculo del flujo se hizo basándose en T (T es la última medición del tiempo de K cuentas)

$$\log_2 \phi = \log_2 I - \log_2 T \quad \text{con } I = K/f_c \quad \text{donde } f_c \text{ es la frecuencia del reloj (125kHz)}$$

Por tabla se calcula el $\log_2 T$. El $\log_2 I$ que es una constante de inversión que tiene en cuenta la unidad de medición del tiempo (8 microsegundos) y el número de cuentas K . En cada cambio de escala de K se ajusta la constante de inversión I , que cambia cuando cambia de escala la división interna del microprocesador se calcula multiplicando o dividiendo por 2 la constante I según K .

Para calcular ϕ se realizó



$\varphi = \text{antilog}_2 (\log_2 \varphi)$

También por tabla.

También se calculan los flujos promedio sobre 8 rangos como

$$\varphi_i = (\varphi + (2^i - 1) \varphi_{i-1}) / 2^i$$

Donde $\varphi = I / T$, siendo T el tiempo de acumulación de las últimas K cuentas (en ciclos de reloj) e I la constante de inversión que incluye el valor de K actual y la frecuencia del reloj.

Esta cuenta impone la necesidad de introducir i lugares decimales binarios, es decir que F_i tendrá 3 bytes enteros y 1 byte decimal.

En la iniciación las escalas se habilitan cada 2^i mediciones de tiempo.

Etapas (d) - Selección de la mejor estimación y cálculo de magnitudes derivadas

En este caso, la mejor estimación "promedio Corriente" se llama φ_c

Durante la iniciación se adoptó como promedio corriente a $\varphi_c = \varphi$

Después de cada medición el flujo medio corriente (φ_c) deberá verificar la relación:

I. - $|\varphi - \varphi_c| < 3(\sigma + \sigma_c)$

$$\text{con } \sigma = \varphi / K^{1/2} \text{ y } \sigma_c = \varphi_c / (2^c K)^{1/2} = \sigma / (2)^{c/2}$$

II. - Si φ_c cumple con la relación anterior y además φ_{c+1} verifica

$$|\varphi_{c+1} - \varphi_c| < \sigma/2$$

Entonces el nuevo φ_c es φ_{c+1} siempre y cuando esta escala este habilitada. Para evitar escalones se copia el valor $\varphi_{c+1} = \varphi_c$

III. - Si φ_c no cumple con la relación (I) el nuevo $\varphi_c = \varphi_i$ que cumpla

$$|\varphi - \varphi_i| < 3\sigma + 3\sigma_i$$

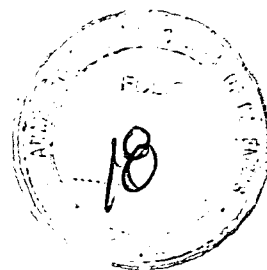
$$\text{Con } \sigma_i = \varphi_i / (2^i K)^{1/2} = \sigma / 2^{i/2} \text{ y para } i < c,$$

Si ninguno cumple entonces el nuevo $\varphi_c = \varphi$

Cálculo de los valores de comparación

Cálculo de 3σ : como $K = 16$, tomamos

$$3\sigma_{16} = 75\% \varphi_c$$



$$3\sigma_{32} = 53\% \varphi_c$$

Haciendo uso de la propiedad $\sigma_i = \sigma_{i-2}/2$ se calculan los valores restantes.

Cálculo de Magnitudes derivadas

- Cálculo de la tasa de Crecimiento del flujo y el logaritmo del valor medio del flujo

Una vez seleccionado el mejor promedio φ_c , se calculó la tasa de crecimiento Φ como la pendiente de la curva de φ_c

Y el logaritmo en base dos del valor medio del flujo $L\varphi_c$ como:

$$L\varphi_c = \log_2 \varphi_c$$

Etapas (e) - Indicación de la medición y adecuación para la próxima medición

En esta etapa se almacenó en el registro de salida el valor del promedio corriente seleccionado en la etapa anterior, las magnitudes derivadas y el error estadístico del promedio corriente. Por otra parte se hacen controles para adecuar la constante de cuentas prefijadas K a la próxima medición. Además se evita que el instrumento quede en una espera prolongada, cuando el régimen de pulsos disminuye abruptamente.

Etapas (f) - Cálculo de valores de seguridad o de advertencia

El instrumento sigue la evolución del flujo con 9 constantes de tiempo φ_i identificadas con los números de 1 (menor constante de tiempo) a 9 (mayor constante de tiempo), pero solo se muestra φ_c , si este índice "c", es menor a 5 entonces se indica como nivel de advertencia con una indicación luminosa en el panel frontal del equipo y si este índice es menor a 3 se indica como nivel de peligro con una señal luminosa y sonora.

En la rutina de espera por la interrupción de K cuentas se vigila el tiempo: (en el Lazo Principal, ver figura 4)

- i) - Si este tiempo es mayor que 50 mseg entonces se debe verificar que $K = 16$ caso contrario cambiar de escala ($K = 16$) e indicar bajorango, se reinician los promedios, y salida se fuerza al valor mínimo.



- ii) Si $K = 16$ verificar que el tiempo no sea mayor a 4 veces el tiempo de la última medición (-75%) hasta un máximo 64 seg (1pps -3σ) entonces se indicará bajoango, se reinician los promedios, y salida en valor mínimo.

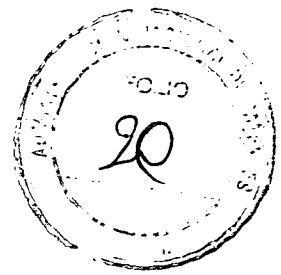
Si T es menor a 1024 ciclos de reloj (8,2 miliseg)(la medición de tiempo debe ser mejor al 1%₀) se cambiará la escala interna para el próximo ciclo en un orden y el valor de las cuentas mínimas será de

$$K = 2 K.$$

Si T es mayor a 4092 ciclos de reloj (32,74 miliseg) se cambia la escala interna para el próximo ciclo en un orden y el valor de las cuentas mínimas será de $K = K / 2$. Esta acción se toma siempre y cuando K sea mayor o igual a 16 (para que el tiempo de respuesta sea menor a 33 miliseg o el tiempo de arribo de 16 cuentas). Visto de otro modo, para un flujo mayor a 485 pps el tiempo de respuesta es menor a 33 miliseg, y para un flujo menor a 485 pps el tiempo de respuesta es el necesario para contar 16 cuentas.

En el Lazo Principal, las etapas b ,c ,d y e se repiten en forma cíclica (Ver Figuras 1 y 4)

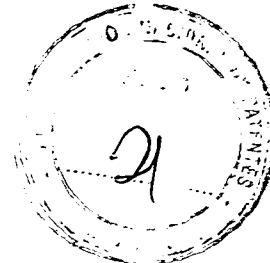
Siguen 15 reivindicaciones en página 20.



REIVINDICACIONES

Habiendo descripto y determinado la naturaleza y alcance de la presente invención, y la manera que la misma ha de ser llevada a la práctica, se declara lo que se reivindica como invención y de propiedad exclusiva:

1. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, en el que luego de una etapa (a) de iniciado del sistema, poniendo todas las variables del sistema en su valor inicial y predisponer al sistema para la primera medición es caracterizado por comprender, por lo menos, las siguientes etapas:
 - (b) Medición de la variable con la menor constante de tiempo, correspondiente a la estimación menos filtrada.
 - (c) Cálculo de las estimaciones con distintos filtrados, promediando un distinto número de mediciones anteriores con el objeto de calcular tantos promedios como sean necesarios sobre un número de mediciones creciente y calcular el error o desvío introducido por la dispersión estadística (E) que afecta a cada uno de los promedios.
 - (d) Selección de la mejor estimación, consistiendo en seleccionar dentro los promedios anteriores aquel que contenga el mejor balance entre ruido (error estadístico) y retardo (error dinámico), acotados por el promedio menos filtrado y el promedio mas filtrado.
 - (e) Indicación de la Estimación, mostrando la mejor estimación seleccionada en la etapa anterior y el error cometido al hacer esta estimación.
2. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según la reivindicación 1, caracterizado porque luego de dicha etapa de indicación de la estimación y adecuación (e), se adecua el valor de la mínima constante de tiempo para la próxima medición.



3. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado porque en dicha etapa de selección de la mejor estimación (d), se adopta como promedio corriente a aquel que verifique las relaciones:

$$| P_c - P_i | \leq E_i \quad \text{para } i = 1, \dots, c-1$$

donde P_c es el promedio corriente y E_i es el error estadístico de cada estimación y el primer promedio que no verifique la relación será el nuevo P_c , mientras que si se verifica la relación, se debe comprobar que:

$$| P_c - P_{c+1} | \leq D$$

donde, D es el error estadístico permitido en la escala más filtrada.

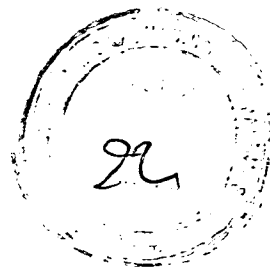
4. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según la reivindicación 3, caracterizado porque en dicha etapa de cálculo de las estimaciones con distintos filtrados (c), se calculan los promedios sucesivos (P_i) de las mediciones (M) con error estadístico decreciente como: $P_i = (M + (2^i - 1) P_{i-1}) / 2^i$

5. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según la reivindicación 4, caracterizado porque en dicha etapa de cálculo de las estimaciones con distintos filtrados (c), la magnitud a medir se calcula basándose en la última medición del tiempo T , como:

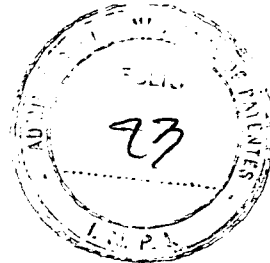
$$\log_2 \varphi = \log_2 I - \log_2 T$$

con $I = K/f_c$ donde f_c es la frecuencia del medidor de tiempo.

6. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque luego de dicha etapa de selección de la mejor estimación (d), se realiza una etapa de cálculo de indicadores de seguridad (f), donde una vez seleccionado el mejor promedio P_c , en dicha etapa (d), que determina el índice de seguimiento, usado para compararlo con el nivel de advertencia y/o de peligro.



7. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según la reivindicación 6, caracterizado porque dicho índice de seguimiento se calcula en dicha etapa de cálculo de indicadores de seguridad (f), mediante el número índice c que identifica al promedio corriente, y que refleja en forma inversamente proporcional la velocidad de cambio del valor medio de la variable.
8. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque dicha menor constante de tiempo es un número de cuentas prefijadas menores y la variable a medir es el tiempo.
9. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque es aplicado en la indicación de la mejor estimación disponible del valor medio y/o de la tasa de crecimiento de la frecuencia de arribo de pulsos estocásticos.
10. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque es aplicado en la determinación automática de tiempo de decaimiento de radioisótopos.
11. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque es aplicado en dosímetros donde es necesario evaluar las dosis de muestras radioactiva.
12. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque es aplicado en la evaluación del verdadero valor de una señal inmersa en ruido, en sistemas realimentados de control en donde la señal



de los sensores de la variable controlada es ruidosa o imprecisa.

13. Método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque es aplicado a evaluar el valor medio del Flujo neutrónico (ϕ) el Logaritmo del Flujo neutrónico ($L\phi$) y la Tasa de crecimiento (Φ) de un reactor nuclear en régimen de arranque con pulsos en el rango de 1 a 10^6 pulsos por segundo (pps).
14. Instrumento estimador óptimo de valor medio instantáneo de una variable dinámica, para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cuenta con un medio medidor de la variable a medir con la menor constante de tiempo, comunicado con un medio interruptor, conectado a un medio procesador de los valores medios de la variable, un medio selector del promedio corriente de la variable y un medio registrador de salida de datos.
15. Instrumento estimador óptimo de valor medio instantáneo de una variable dinámica, según la reivindicación 14, caracterizado porque dichos medio medidor, medio interruptor, medio procesador de la variable y medio selector del promedio corriente, integran un medio procesador.

Ing. Jorge Aníbal Fernández
Responsable de Patentes
Comisión Nacional de Energía Atómica

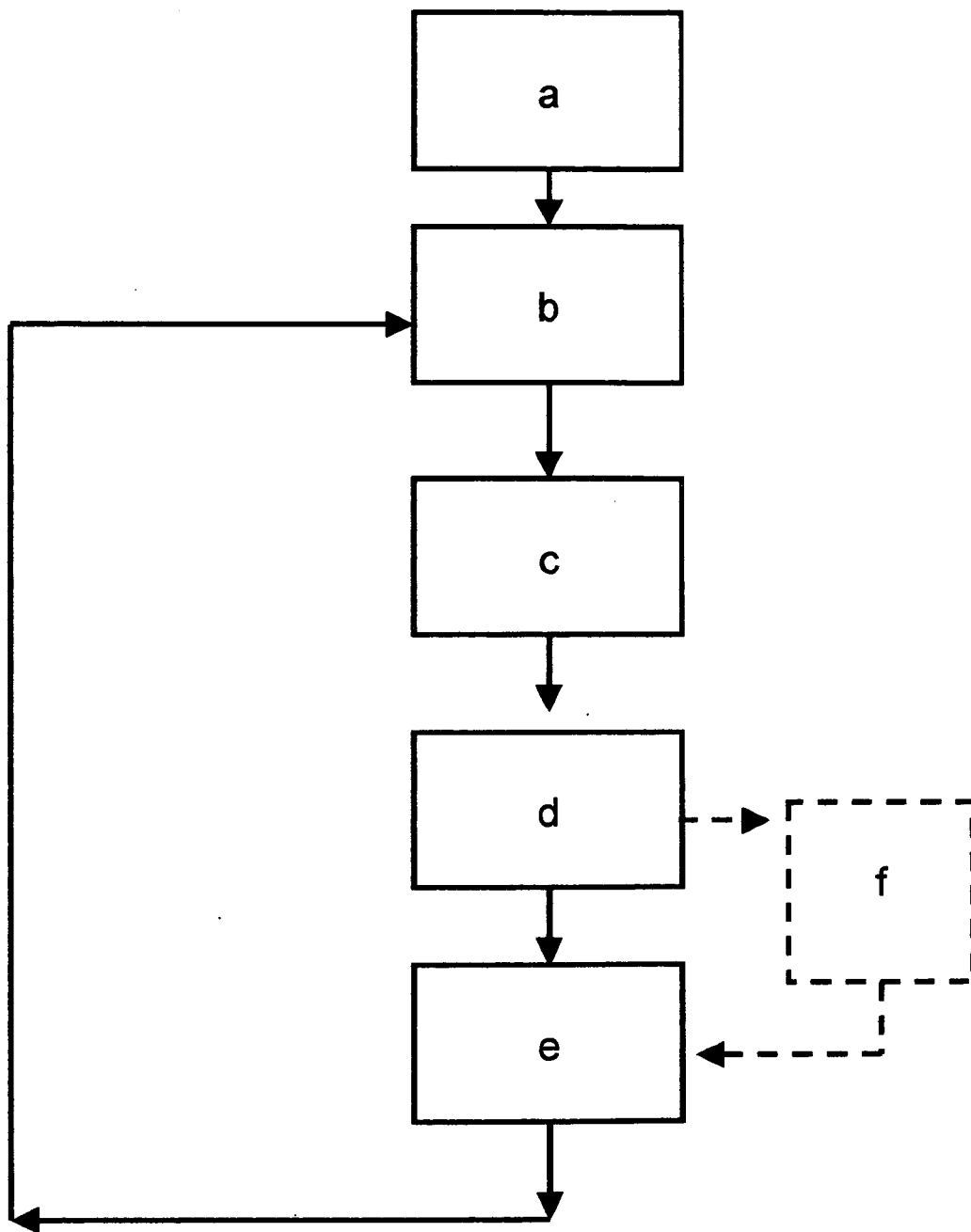
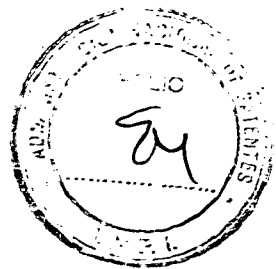


Figura 1

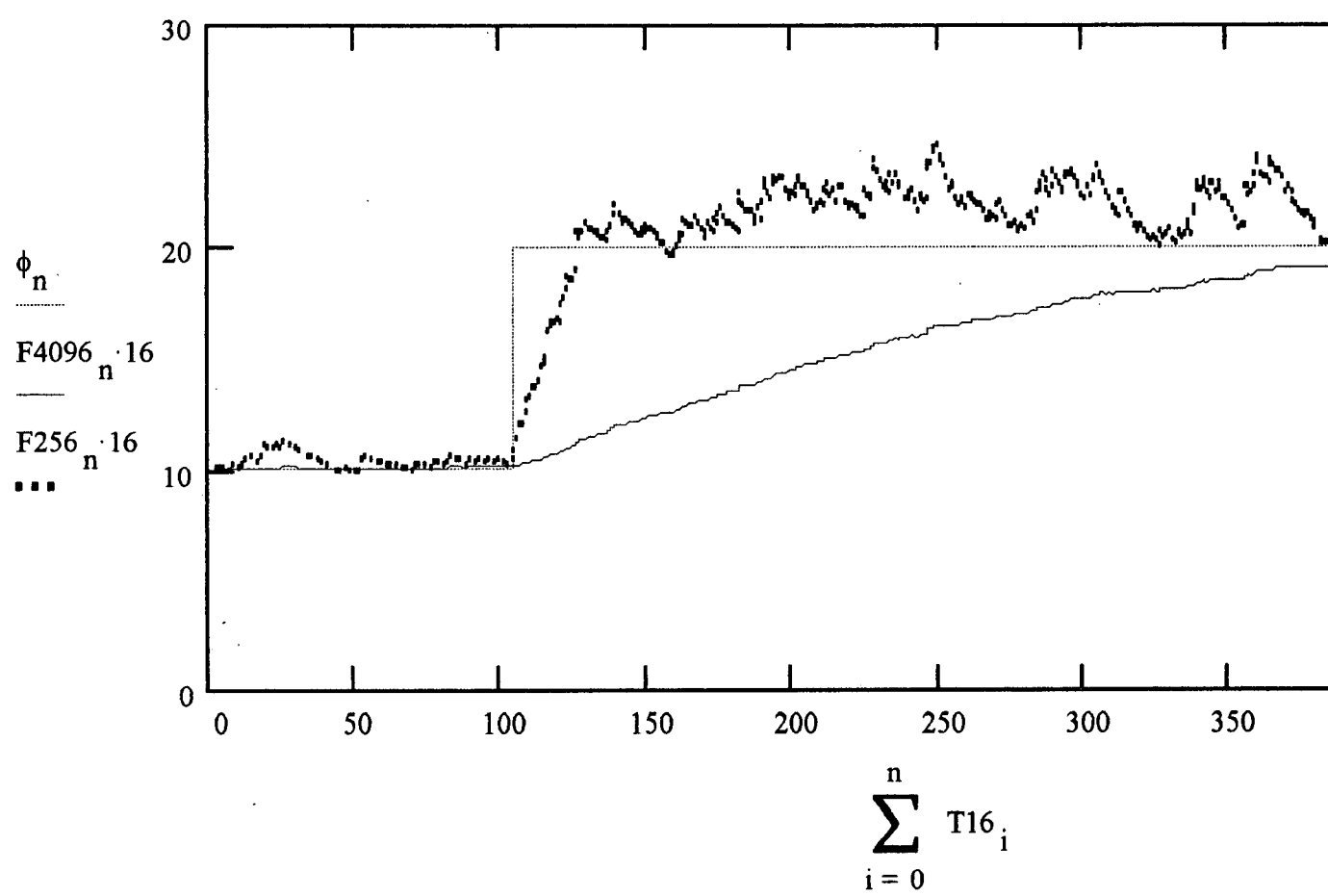


Figura 2

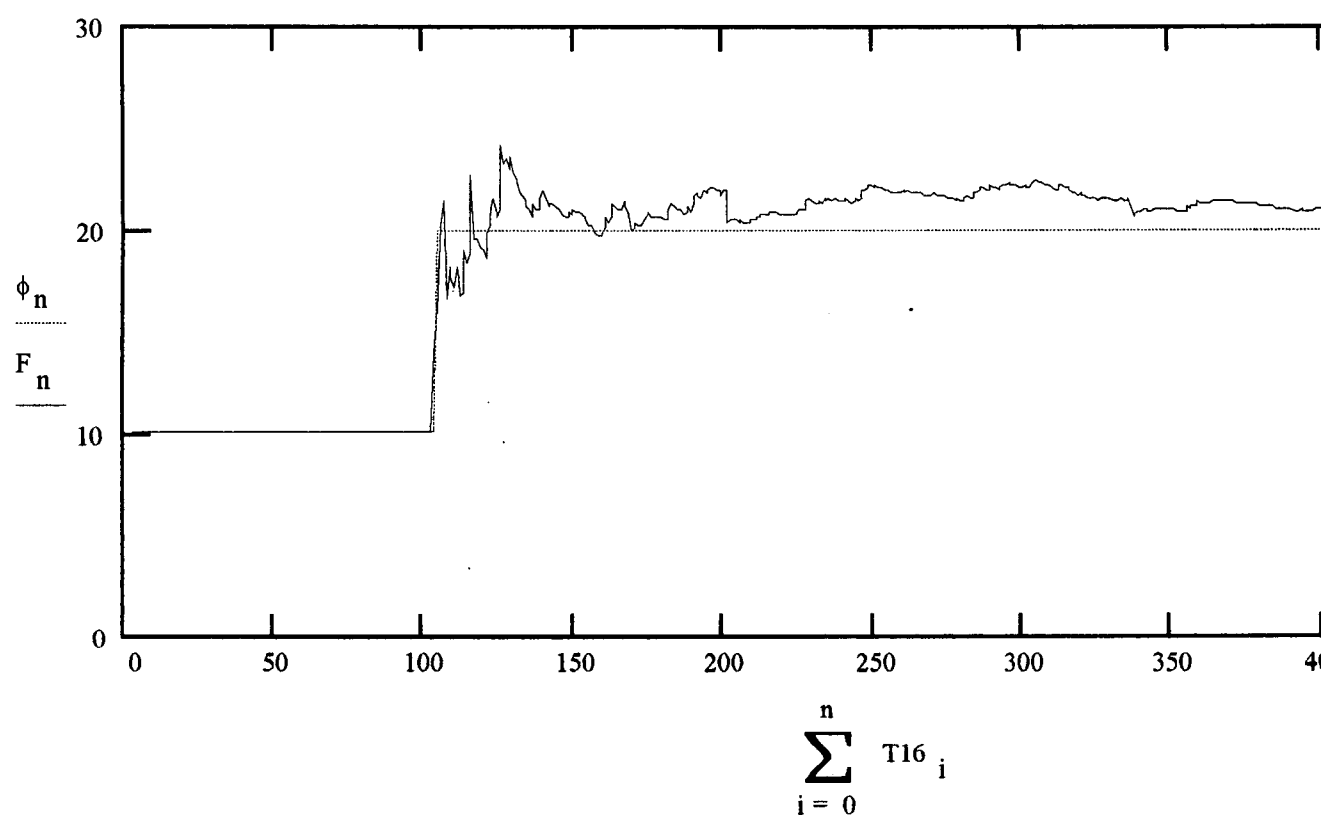


Figura 3

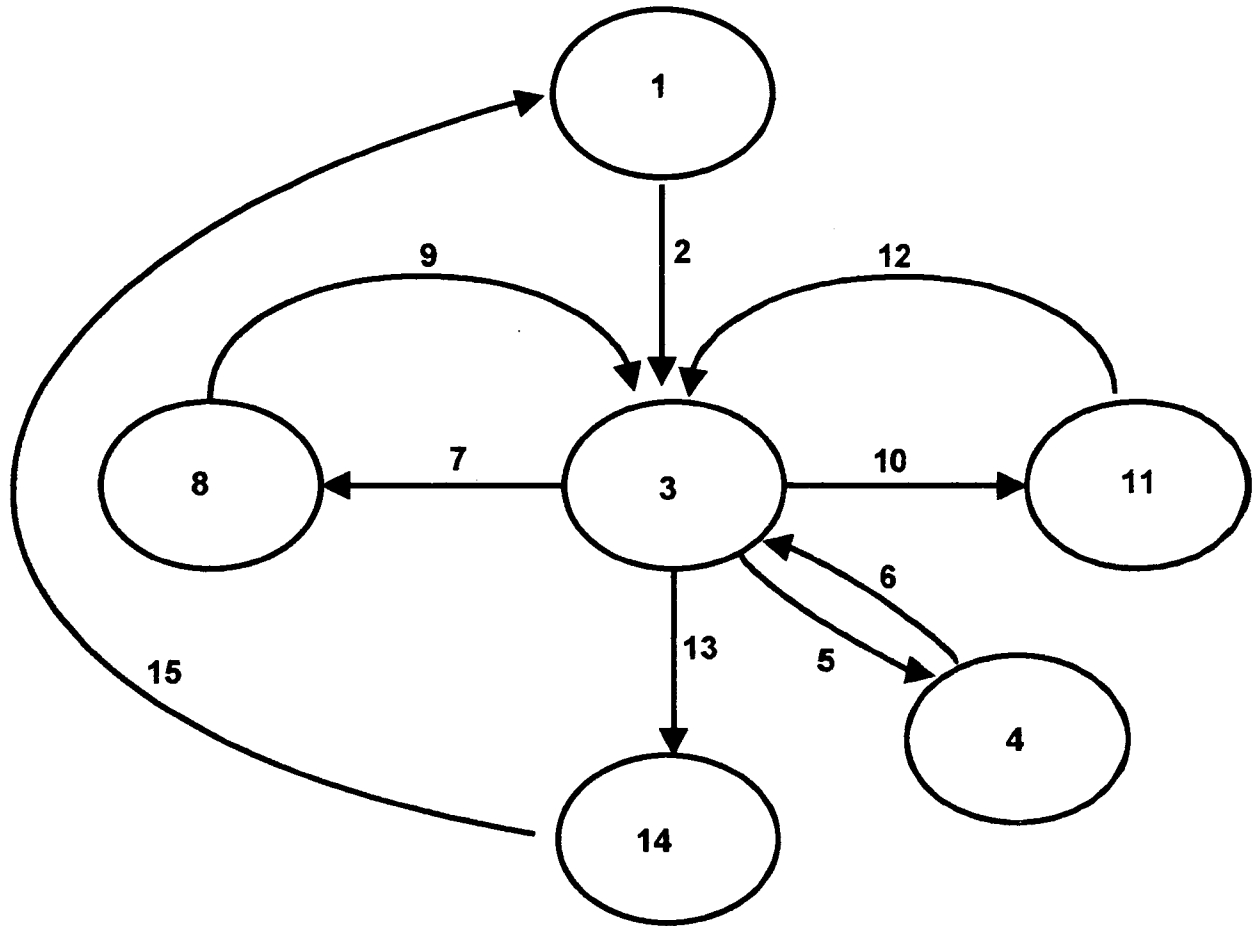


Figura 4

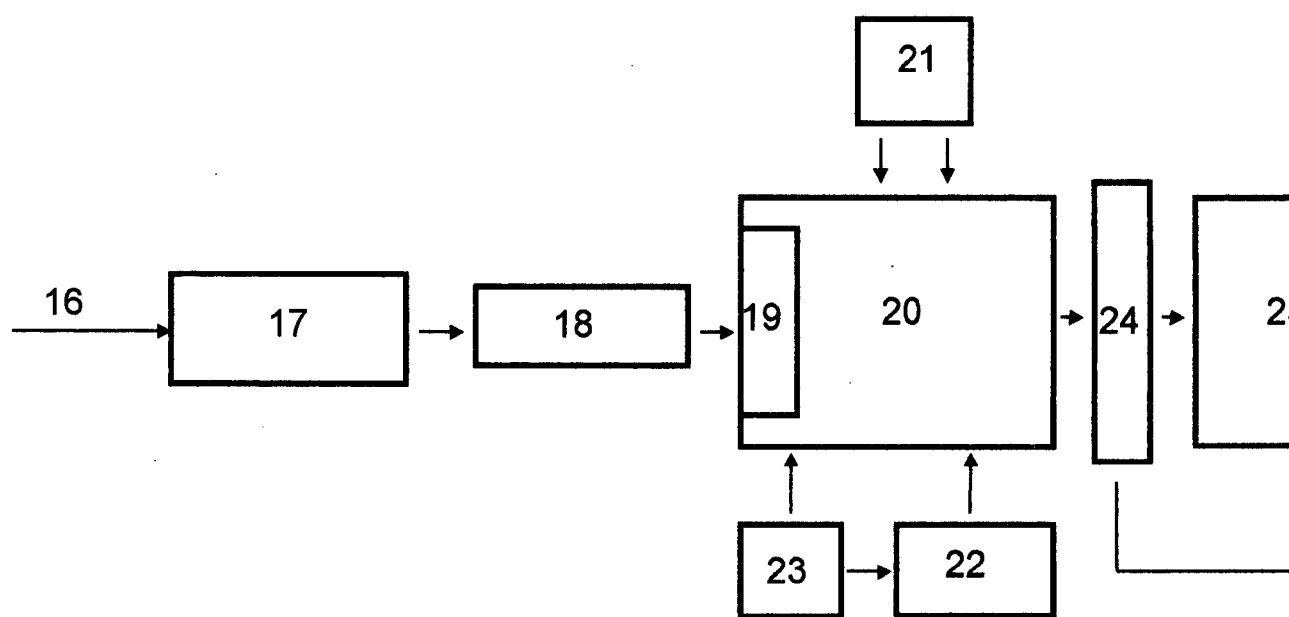


Figura 5



RESUMEN

La presente invención se refiere a un método para estimar el valor medio instantáneo de una variable dinámica, sometida a perturbaciones de ruido o a fluctuaciones estadísticas y al instrumento estimador óptimo del valor medio instantáneo de una variable dinámica, para realizar dicho método.

El método permite la estimación del valor medio de una señal no estacionaria, inmersa en ruido, la tasa de variación de este valor y otras magnitudes derivadas.

Luego de iniciado el sistema (etapa a), el método comprende las siguientes etapas:

- (b) Medición de la variable con la menor constante de tiempo, correspondiente a la estimación menos filtrada.
- (c) Cálculo de las estimaciones con distintos filtrados, promediando un distinto número de mediciones anteriores y calcular el error o desvío introducido por la dispersión estadística.
- (d) Selección dentro los promedios anteriores, aquel que contenga el mejor balance entre ruido y retardo, acotados por el promedio menos filtrado y el promedio mas filtrado.
- (e) Indicación de la Estimación, mostrando la mejor estimación seleccionada en la etapa anterior y el error cometido al hacer esta estimación.

Algunas aplicaciones del método y el instrumento de la invención son: indicación de del valor medio y/o de la tasa de crecimiento de la frecuencia de arribo de pulsos estocásticos en un reactor nuclear, en la determinación automática de tiempo de decaimiento de radioisótopos, en evaluar las dosis de muestras radioactivas con rapidez y precisión. Otra aplicación es en la evaluación del verdadero valor de una señal inmersa en ruido.