

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 368 386**

51 Int. Cl.:

**B60L 5/28**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01923580 .3**

96 Fecha de presentación: **15.02.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **1255659**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.11.2002**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA REGULACIÓN DE LA FUERZA DE CONTACTO ENTRE UN PANTÓGRAFO Y UN CABLE AÉREO.**

30 Prioridad:  
**17.02.2000 DE 10007287**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.11.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.11.2011**

73 Titular/es:  
**STEMMANN-TECHNIK GMBH  
QUENDORFER STRASSE 34  
48465 SCHÜTTORF, DE**

72 Inventor/es:  
**RODE, Manfred y  
JÄGER, Karl**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 368 386 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo.

La invención se refiere a un procedimiento para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo de acuerdo con la reivindicación 1.

- 5 Se conocen, en general, instalaciones / procedimientos para la medición de la fuerza de presión de apriete o bien fuerza de contacto por medio de un sensor de medición de la fuerza de contacto (medición de la fuerza de contacto) e instalaciones / procedimientos para la regulación de la fuerza de contacto entre el pantógrafo y el cable aéreo / línea aérea de una instalación de carriles (regulación de la fuerza de contacto). En este caso, durante la medición y regulación de la fuerza de contacto no se aborda el problema de un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto, aunque la seguridad contra fallo tiene una gran importancia durante la regulación de la fuerza de contacto entre el pantógrafo y la línea aérea, puesto que un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto tiene, como consecuencia de la fuerza de contacto derivada de las señales de medición de la fuerza de contacto repercusiones / reacciones considerables sobre la fuerza de presión de apriete ajustada y sobre la regulación de la fuerza de contacto entre el pantógrafo y el cable aéreo. Un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto puede conducir a que se inviertan las ventajas de la regulación de la fuerza de contacto, es decir, que una regulación de la fuerza de contacto en un sensor de medición de la fuerza de contacto averiado conduce, en comparación con el caso no regulado, a un empeoramiento del comportamiento de la fuerza de contacto.

20 El documento DE4334716 A1 publica un procedimiento para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo empleando al menos dos sensores de medición de la fuerza de contacto que calculan la fuerza de contacto.

La invención tiene el cometido de indicar un procedimiento mejorado para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo.

Este cometido se soluciona en conexión con las características del preámbulo de acuerdo con la invención por medio de las características indicadas en la reivindicación 1.

- 25 Las ventajas que se pueden conseguir con la invención consisten especialmente en que el procedimiento propuesto para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo eleva en una medida considerable la seguridad y la calidad de una medición de la fuerza de contacto y de la regulación de la fuerza de contacto. Las particularidades de la formación de la señal de medición se aprovechan para la determinación de una medida de la fuerza actual de contacto, para poder realizar de esta manera una declaración sobre el tipo de función / avería de un sensor de medición de la fuerza de contacto y se crea por decirlo así un observador que verifica el sistema de medición para determinar un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto. A través de la detección de un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto se puede intervenir de manera selectiva en la medición para evitar de esta manera repercusiones negativas sobre la regulación de la fuerza de contacto. No es necesario de manera ventajosa un empleo de sensores de medición de la fuerza de contacto redundantes. El gasto técnico de cálculo necesario no es demasiado alto y se puede realizar de manera sencilla.

Las configuraciones ventajosas de la invención se caracterizan en las reivindicaciones dependientes.

Otras ventajas del procedimiento propuesto para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo resultan a partir de la descripción siguiente.

- 40 A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de los ejemplos de realización representados en el dibujo. En este caso:

La figura 1 muestra las curvas de tiempo de las dos señales de medición de la fuerza de contacto así como de la señal de medición media de la fuerza de contacto para relaciones ideales.

La figura 2 muestra las curvas de tiempo de las dos señales de medición de la fuerza de contacto así como de los valores medios de las señales de medición de la fuerza de contacto para relaciones reales.

- 45 La figura 3 muestra derivaciones cuadráticas medias para señales de medición reales medidas de la fuerza de contacto.

La figura 4 muestra una confrontación de la derivación cuadrática media y de la derivación media del valor absoluto.

La figura 5 muestra el mismo hecho que la figura 4 con un sensor de medición de la fuerza de contacto averiado que suministra constantemente el valor 0.

- 50 La figura 6 muestra el mismo hecho que la figura 4 con un sensor de medición de la fuerza de contacto averiado que

suministra constantemente el valor máximo.

La figura 7 muestra el mismo hecho que la figura 4 con un sensor de medición de la fuerza de contacto averiado que suministra constantemente un ruido blanco libre / afectado por el valor medio.

5 En general, se conoce detectar las fuerzas de contacto provocadas entre el lado derecho del balancín del pantógrafo y el cable aéreo así como las fuerzas de contacto provocadas entre el lado izquierdo del pantógrafo y el cable aéreo por medio de sensores de medición de la fuerza de contacto separados. En virtud de esta disposición constructiva de los sensores de medición de la fuerza de contacto en el balancín del pantógrafo y el desarrollo en zigzag de la línea aérea se puede indicar a través del promedio de las desviaciones de los muelles de toma de corriente una medida de la fuerza de contacto. La señal de medición de la fuerza de contacto y del primer sensor de medición de la fuerza de contacto (por ejemplo, el derecho) es

$$y_1 = X \pm x_1$$

La señal de medición de la fuerza de contacto  $y_2$  del segundo sensor de medición de la fuerza de contacto (por ejemplo, el izquierdo) es

$$y_2 = X \pm x_2$$

15 La señal de medición de la fuerza de contacto  $y_s$  promediada a partir de  $y_1, y_2$  es entonces:

$$y_s = (y_1 + y_2)/2$$

Las dos señales de medición de la fuerza de contacto  $y_1, y_2$ , en general también  $y_i$  (con  $i = 1, 2$ ) resultan como superposición aditiva de la porción estacionaria  $X$  como consecuencia de la tensión previa de la toma de corriente y de la porción dinámica  $x_1, x_2$  como consecuencia del desarrollo en zigzag de la línea del cable aéreo.

20 En las figuras 1 y 2 se reproducen las curvas de tiempo ( $t =$  tiempo) de la señal de medición de la fuerza de contacto  $y_1$ , de la señal de medición de la fuerza de contacto  $y_2$  así como de la señal de medición de la fuerza de contacto  $y_s$  promediada a partir de  $y_1, y_2$  para relaciones ideales –ver la figura 1- y para relaciones reales –ver la figura 2-. En la figura 2 se registran adicionalmente los valores medios de las señales de medición  $\text{mean}(y_1), \text{mean}(y_2), \text{mean}(y_3)$ .

25 La desviación cuadrática media de la señal de medición –en relación con la varianza de la magnitud característica estadística se calcula con:

$$S^2_{y_s,k} = E \{(y_{S_k} - X)^2\}$$

con  $E\{\dots\} =$  valor medio de  $\{\dots\}$

$k$

30 por ejemplo,  $E\{\dots\} = 1/n \sum_{i=k-n+1}^k y_{s_i}$

como valor medio flexible sobre los últimos  $n$  valores de medición,  $k =$  índice sucesivo para el valor medio actual en el instante  $t=k \cdot T$ ,  $k = 1, 2, \dots$  con  $T =$  anchura de la etapa de medición.

El empleo de la ley de formación para  $y_s$  en el instante de medición  $k$  proporciona:

35 
$$S^2_{y_s,k} = E \{(y_{1k} + y_{2k})^2\}$$
  

$$= E\{0^2\}$$

$S^2_{y_s,k} = 0$  para el caso de que las señales individuales  $x_{1k}, x_{2k}$  estén reflejadas en la porción estacionaria  $X$ ,  $x_{1k} = -x_{2k}$ .

40 Independientemente de si la desviación del muelle u otra señal, por ejemplo obtenida a través de medición directa de la fuerza de contacto, se utiliza o no para la formación de la señal de medición de la fuerza de contacto, esta relación se aplica siempre que las señales individuales utilizadas están reflejadas en la porción estacionaria  $X$ . Las asimetrías en  $y_1$  e  $y_2$  como consecuencia de ajustes erróneos en el registrador de medición se pueden compensar teniendo en cuenta la desviación provocada por la asimetría durante la formación de  $y_s$ .

45 En la figura 3 se reproducen las particularidades para señales de medición de la fuerza de contacto reales medidas. En este caso, se representan las desviaciones cuadráticas medias  $\text{cov}(y_1), \text{cov}(y_2)$  de las señales individuales y la

desviación cuadrática media  $cov(y_s)$  de la señal media. La porción dinámica  $x_i$  se puede compensar en este caso con la varianza  $S_{y_s}^2$ . El error  $S_{y_s}^2 = 0$  se puede atribuir a interferencias estocásticas constructivas no detectables y resultantes de ello. Estas interferencias se pueden tener en cuenta a través de un término  $e_i$  aditivo, estocástico (aleatorio):

5 
$$y_i = X + x_i + e_i, \text{ con } i = 1, 2$$

En caso de fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto se incumple la condición  $S_{y_s}^2 = 0$  –sin término estocástico. Esto se aplica tanto para el caso de que el sensor de medición de la fuerza de contacto averiado proporcione un valor constante (valor máximo o 0) como también un ruido blanco. De esta manera se puede utilizar la derivación cuadrática media desde el valor estacionario como medida para la detección de un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto.

El gasto técnico de aparatos para la detección del fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto se puede reducir todavía más cuando se utiliza, en lugar de la derivación cuadrática media, el valor medio de la derivación.

Se consigue una simplificación adicional cuando el valor medio –porción de señal estacionaria- no se forma a partir de las propias señales de medición de la fuerza de contacto, sino que se emplea a tal fin la previsión del valor teórico del algoritmo de regulación empleado para la regulación de la fuerza de contacto. Éste se ocupa por sí mismo de que la porción de la señal estacionaria coincida por término medio con la previsión del valor teórico.

La figura 4 muestra en una confrontación la derivación cuadrática media  $cov(y_s)$  y derivación el valor absoluto o bien el valor medio de la derivación PT1 ( $|y_s - X|_{2,5s}$ ), es decir, el cuadrado de la distancia filtrado por medio del filtro PT1 ( $k_p = 1, T_1 = 2,5s$ ) entre la señal de medición de la fuerza de contacto media  $y_s$  y el valor teórico de regulación  $X$ .

En las figuras 5, 6 y 7 se reproducen diferentes casos de averías (un sensor de medición de la fuerza de contacto averiado). En este caso se puede reconocer que en el caso de avería el gradiente de la derivación cuadrática media  $cov(y_s)$  como también la derivación del valor medio (valor medio de la derivación) PT1 ( $|y_s - X|_{2,5s}$ ), es decir, el cuadrado de la distancia filtrado PT1, se modifica en una medida significativa frente al caso nominal (índice 0) con la derivación cuadrática media  $cov(y_s)_0$  como también con la derivación del valor medio (valor medio de la derivación) PT1 ( $|y_s - X|_{2,5s}_0$ ).

Las figuras 5 y 6 reproducen el hecho con un sensor de medición de la fuerza de contacto averiado, en las que el sensor de medición de la fuerza de contacto averiado según la figura 5 suministra de forma constante el valor 0 y el sensor de medición de la fuerza de contacto averiado según la figura 6 suministra un valor máximo. Se puede reconocer que varianza  $S_{y_s\phi}^2$  que se ajusta o bien  $cov(y_s)$  está claramente por encima de la varianza “no perturbada” registrada igualmente para la comparación (caso nominal)  $S_{y_s\phi}^2$  o bien  $cov(y_s)_0$ .

La figura 7 reproduce el hecho con un sensor averiado, en la que el sensor averiado no suministra ninguna señal constante, sino un ruido blanco libre / afectado por valor medio. También en este caso se puede reconocer que con la ayuda de la varianza flexible de la señal de medición de la fuerza de contacto media es posible una declaración sobre el fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto.

De esta manera es posible fácilmente generar una medida efectiva para la detección del fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto a través de la filtración de la derivación del valor medio a partir del valor teórico de la fuerza de contacto del listón de fricción.

La velocidad de la formación de tren se puede apreciar en una dilatación o aplastamiento de las señales de medición de la fuerza de contacto y no tiene ninguna influencia negativa sobre las consideraciones explicadas anteriormente.

Se puede realizar una declaración sobre cuál de los dos sensores de medición de la fuerza de contacto está averiado en conexión con las magnitudes características estadísticas a través de la evaluación de momentos más elevados, por ejemplo inclinación (medida de la simetría).

Otra posibilidad para la detección de un fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto es el análisis espectral de las señales de medición de la fuerza de contacto para verificar con la ayuda de la frecuencia de zigzag del cable aéreo detectada el modo de funcionamiento de los sensores de medición de la fuerza de contacto.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Procedimiento para la regulación de la fuerza de contacto entre un pantógrafo y un cable aéreo empleando al menos dos sensores de medición de la fuerza de contacto que calculan la fuerza de contacto, caracterizado porque a partir de las señales de medición de la fuerza de contacto ( $y_1, y_2$ ) se detecta el fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se comparan la derivación cuadrática media actual ( $S^2_{ys\phi}$  o bien  $cov(ys)$ ), formada a partir de las señales de medición ( $y_1, y_2$ ), con la derivación cuadrática media en el caso nominal no averiado ( $S^2_{ys\phi_0}$  o bien  $cov(ys)_0$ ) y se emplea para la detección del fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto.
- 10 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el valor medio actual de la derivación ( $PT1 (|ys-X|2,5s)$ ), formado a partir de las señales de medición ( $y_1, y_2$ ) se compara con el valor medio de la derivación en el caso nominal no perturbado ( $PT1 (|ys-X|2,5s)_0$ ) y se utiliza para la detección del fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto.
- 15 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 ó 3, caracterizado porque la previsión del valor teórico del algoritmo de regulación empleado para la regulación de la fuerza de contacto se utiliza como valor medio o bien porción de señal estacionaria.
- 20 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la detección del fallo de un sensor de medición de la fuerza de contacto se realiza por medio de un análisis espectral de las señales de medición de la fuerza de contacto ( $y_1, y_2$ ), con el que se verifica con la ayuda de la frecuencia de zigzag del cable aéreo detectada el modo de funcionamiento de los sensores de medición de la fuerza de contacto.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se realiza una declaración sobre cuál de los dos sensores de medición de la fuerza de contacto está averiado a través de la evaluación de momentos más elevados, en particular la inclinación.

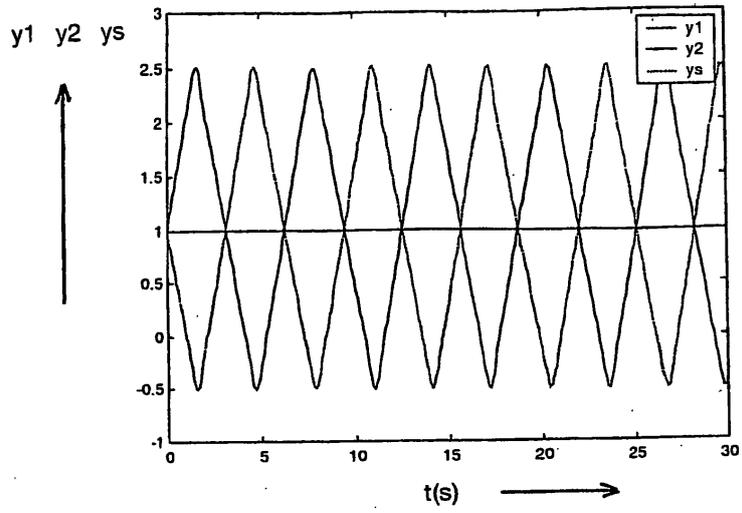


Fig. 1

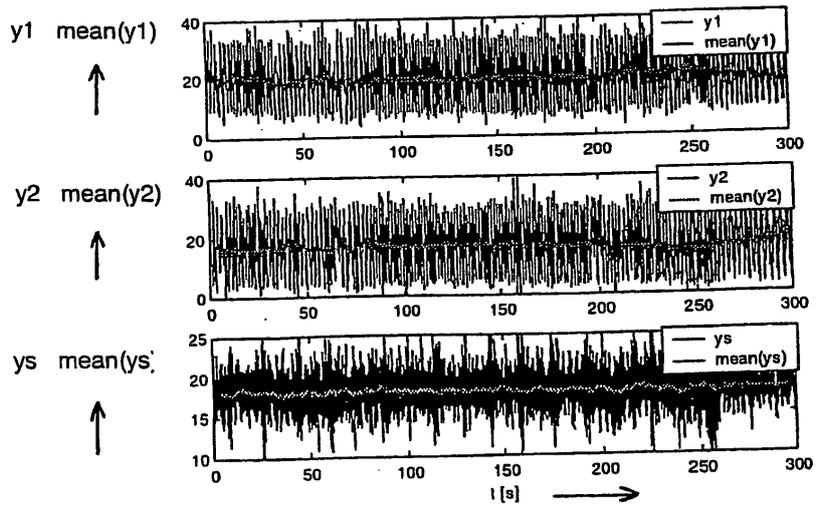


Fig. 2

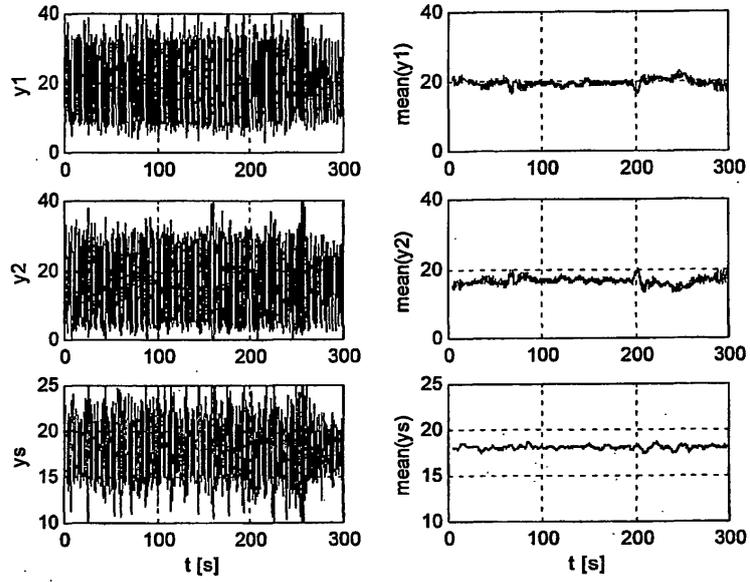


Fig. 2

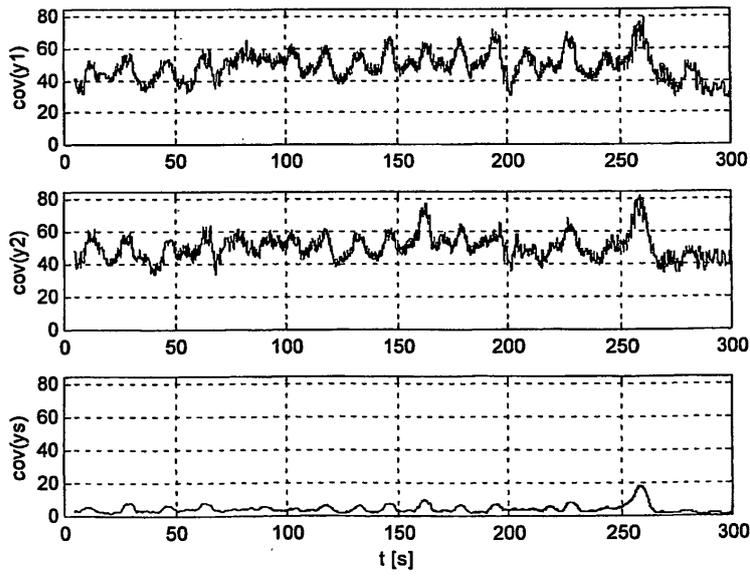


Fig. 3

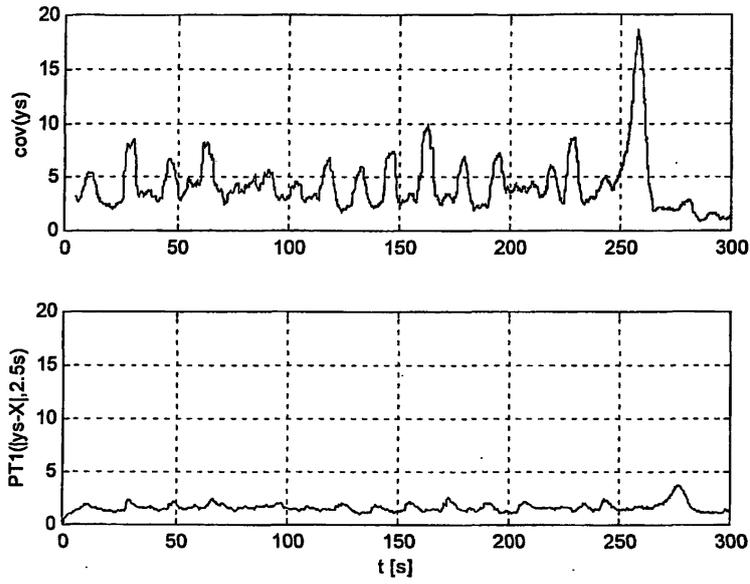


Fig. 4

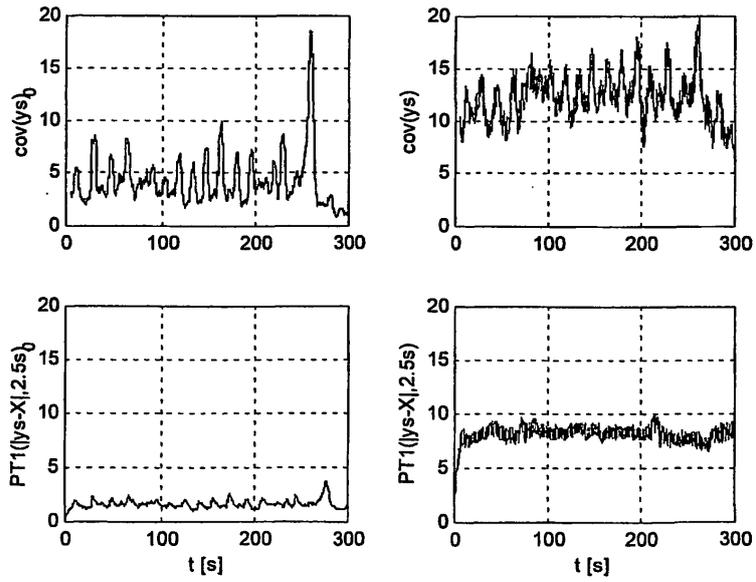


Fig. 5

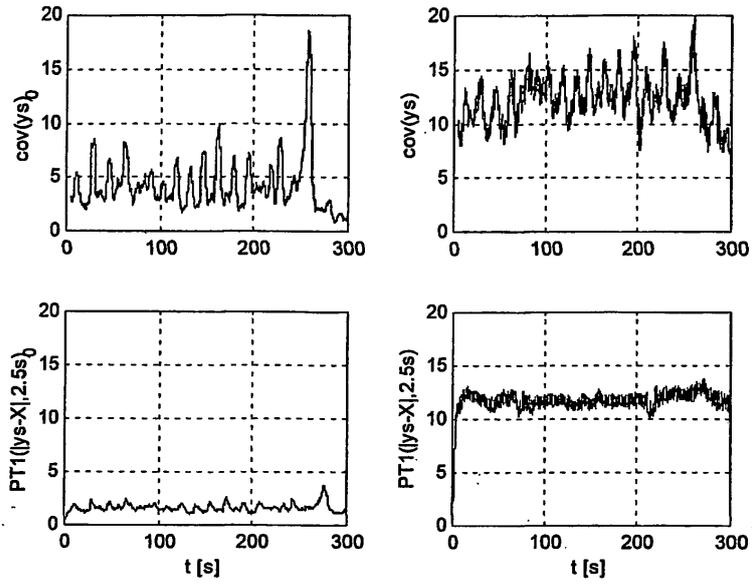


Fig. 6

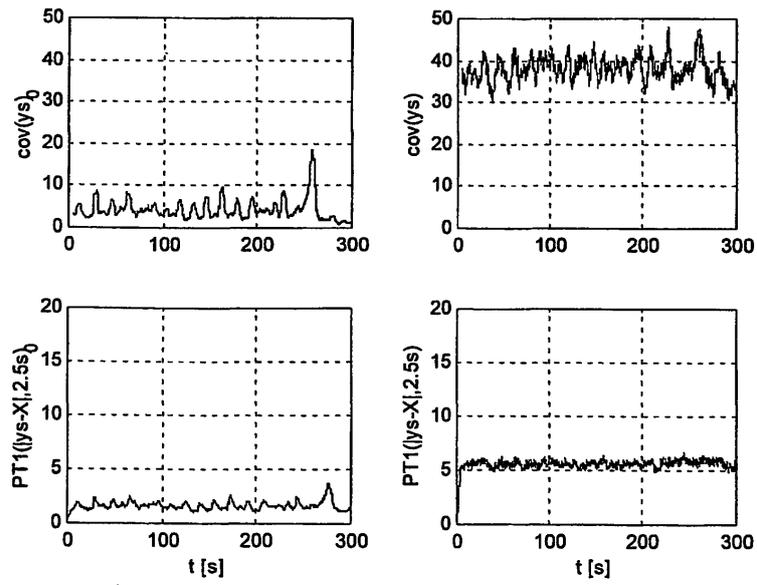


Fig. 7