

33304  
EX-I



388042

388042

SECCION TECNICA
CLASIFICACION... C
CLASE <u>G.01</u>
SUBCLASE <u>D</u>

PATENTE DE INVENCIÓN

por VEINTE años

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

ENEL Ente Nazionale per l'Energia  
Elettrica Direzione Studi e Ricerche

entidad italiana, domiciliada en Via G. B.  
Martini 3, Roma, Italia, relativa a:

"INSTALACION PARA LA DETECCION DE SALIDAS  
BRUSCAS DE FLUIDO DE UNA TUBERIA A PRESION"

=====

Inventor: Michele Fanelli

Prioridad: Solicitud de patente en Italia  
nº 9332/70 de fecha 26 Enero  
1970.

388042



MEMORIA DESCRIPTIVA

La invención se refiere a una instalación que sirve para la detección de pérdidas de fluido que se manifiestan bruscamente en tuberías de fluido en general, y en particular de líquido, a presión. En particular el objeto de la invención puede tener como campo de aplicación una instalación de alarma sobre tuberías forzadas de instalaciones hidroeléctricas o de irrigación, contra el peligro de rotura imprevista, comprendida tanto la simple alarma visual o sonora como el accionamiento de servomotores para el cierre automático de órganos de aislamiento de la tubería, o del tramo de la misma interesado por la fuga. Otros posibles campos de aplicación están representados por instalaciones de alarma o protección automática, como las anteriores, para tuberías de instalaciones químicas o nucleares, que transportan líquidos corrosivos, venenosos, radioactivos o, de cualquier modo, peligrosos; y también instalaciones de alarma o protección automática, como las anteriores, para conducciones que transportan líquidos criogénicos, petróleo u otros líquidos valiosos, o también para tuberías de gas a presión. De modo práctico se hace a continuación referencia más particularmente -pero no limitativamente- a la aplicación de la instalación objeto de la invención a las tuberías hidroeléctricas o similares. - - - - -

388042



La invención resuelve, entre otros, el problema de proteger una tubería forzada, desprovista de derivaciones a lo largo del recorrido, de manera continua contra la posibilidad de rotura y consiguiente salida de agua. La protección debe ser automática y poseer satisfactorias características de sensibilidad, prontitud y seguridad de intervención. En particular, la sensibilidad deberá ser superior a la de la protección por exceso de velocidad, dada por las normales excéntricas de la válvula de mariposa, y debe ser, desde luego, insensible a las variaciones regulares de caudal que tienen lugar corriente abajo de la tubería, esto es a lo largo de todo el tramo bajo control. - - - - -

Es ya conocido un esquema de protección basado en el empleo de dos puestos de medición continua del caudal, una en la parte superior y la otra en la parte inferior de la tubería, con confrontación continua del caudal medido en los dos puntos. Filtrando convenientemente las diferencias de caudal debidas a los transitorios golpes de ariete que se derivan de las maniobras en las máquinas (por ejemplo mediante integración del caudal diferencial sobre un intervalo adecuado de tiempo), puede ser detectado un desequilibrio de caudal debido a una rotura comprendida en el tramo entre los dos puestos de medición para accionar un alarma o, también, el servomotor que manda la intervención del órgano de cierre (válvula de mariposa) colocado a la cabeza de la tubería. Un esquema de protección de este tipo es actuable por ejemplo con instalaciones de ultrasonidos, pero ofrece costos demasiado altos para pensar en su aplicación generalizada; tales instalaciones



388042

pueden resultar justificadas para obras singulares de gran importancia. - - - - -

5. La instalación según la invención, para la detección de bruscas salidas de fluido de una tubería a presión, comprende substancialmente, a lo largo de la tubería, por lo menos una terna de medidores de presión con transductores; está previsto un conjunto elaborador electrónico con elaboradores y memorias para el cálculo de una función algébrica de presiones detectada en los diferentes puestos en instantes diferentes; están además previstos medios de detección (operativos o simplemente señaladores) de variaciones de tal función más allá de límites determinados de umbral. - - - - -

10.

15. En la práctica, la función algébrica mencionada está constituida -sobre la base de la construcción gráfica del Bergeron relativa a la teoría de la propagación del golpe de ariete en una tubería- por la expresión  $\Delta H = H_A (t - \Delta \tau) + H_C (t - \Delta \tau) - H_B (t) - H_B (t - 2 \Delta \tau)$  en la que las H son los piezométricos o los incrementos algébricos (respecto al valor de régimen) de las presiones en los puntos de medición A, B y C y en los instantes t, t -  $\Delta \tau$ , t - 2  $\Delta \tau$  respectivamente, siendo  $\Delta \tau$  el tiempo medio de tránsito de ondas de golpe de ariete entre los diferentes puntos de medición; dicha expresión  $\Delta H$  es substancialmente de valor nulo, independientemente de los valores del caudal medio, en ausencia de fugas a lo largo de los tramos de tubería comprendidos entre los puntos de medición, mientras que la misma resulta apreciablemente diferente de cero para tiempos del orden  $\Delta \tau$ , en el momento en que se inicia una fuga incluso de limitado caudal. - - - - -

20.

25.

388042 25



5. El conjunto electrónico puede comprender amplificadores, medios de barrido para la temporal discriminación de los valores que provienen de los medidores de una terna, memorias para los valores de presión de los diferentes medidores, medios sumadores y medios comparadores así como medios detectores de los valores instantáneamente diferentes de cero para valores superiores a un cierto valor de umbral, positivo o negativo, del valor de dicha función  $\Delta H$ . - - - - -

10. Una instalación de protección de una tubería relativamente larga puede ser dispuesta de modo que se pueda individualizar la localización de la pérdida. A tal objeto, y para limitar los costos de la instalación, se pueden disponer una pluralidad de medidores de presión a lo largo de la tubería, y para un grupo de tales medidores, se prevén medios de barrido para la elaboración sucesiva de los valores que provienen de ternas de medidores sucesivas a lo largo de la tubería y que pertenecen a dicho grupo; cada medidor es entonces aprovechado para la elaboración de los datos de tres ternas sucesivas. - - - - -

20. En la parte de descripción siguiente se hace referencia a los planos anexos, en los cuales: - - - - -

La Fig. 1 muestra esquemáticamente una porción de tubería con una terna de medidores, a los cuales se refiere; la - - - - -

25. Fig. 2 ilustra un diagrama de trazado de la construcción del Bergeron; la - - - - -



388042

Fig. 3 muestra un esquema de instalación con una pluralidad de puestos de medición de la presión piezométrica; la - - - - -

5. Fig. 4 muestra un esquema electrónico de bloques; y la - - - - -

Fig. 5 muestra diagramas de detección de las presiones y el carácter de la función calculada electrónicamente. -

10. Según la Fig. 1, se hace referencia para mayor simplicidad a una tubería forzada libre (esto es no bloqueada al suelo) de la cual se considera una terna de secciones m, c, v, en cada una de las cuales se realiza la medición de presión con un transductor adecuado; las diferentes presiones  $p_m$ ,  $p_c$ ,  $p_v$  son evidentemente funciones del tiempo. Las secciones están elegidas de modo que el tiempo  $\Delta \tau$  de recorrido de las perturbaciones de golpe de ariete entre las secciones m y c sea igual al tiempo análogo de recorrido entre las secciones c y v. - - - - -

20. Por la Fig. 2 -de inmediato trazado gracias a la construcción conocida del Bergeron- se saca la siguiente relación entre los piezométricos en m, c y v, relativa al instante t: - - - - -

$$\Delta H(t) = p_c(t) + p_c(t - 2\Delta\tau) - p_v(t - \Delta\tau) - p_m(t - \Delta\tau) = 0 \quad (1)$$

Tal relación es válida si el tramo de tubería m-c-v está íntegro, cualesquiera que sean las alteraciones que se

388042

25 ENE.



sucedan fuera de dicho tramo, y cualquiera que sea la variación de caudal a lo largo del tramo completo. - - - - -

5. La expresión (1) se saca despreciando la pérdida de carga, pero vale con sensible exactitud cuando, a régimen, las pérdidas de carga en el tramo m-c sean bastante próximas a las del tramo c-v. - - - - -

Quando tiene lugar una fuga en uno de los tramos m-c o bien c-v, la relación (1) no se verifica; y por lo tanto se tendrá: - - - - -

10. 
$$\Delta H(t) = p_c(t) + p_c(t - 2\Delta \tau) - p_m(t - \Delta \tau) - p_v(t - \Delta \tau) \neq 0 \quad (2)$$

15. excepto en algunos instantes particulares, en los que el  $\Delta H(t)$  vuelve a anularse. En el esquema de la Fig. 2, está indicada con VF una fuga en el punto c. Estas son posiciones particulares de la falla, respecto a la terna de transductores, de las secciones consideradas, por lo que la expresión (2) resulta efectivamente diferente de cero sólo por un breve intervalo de tiempo. - - - - -

20. Resulta, de cualquier modo, la posibilidad de detectar, con sólo medidas de presión en un cierto número de puntos (situados a distancias tales para las cuales los sucesivos tiempos de tránsito de las ondas elásticas sean iguales para todos los intervalos), ya sea el instante como el intervalo en los que se debería verificar una fuga imprevista. De hecho, formando la expresión (2) para las diversas posibles ternas i de transductores, los diferentes  $\Delta H_i(t)$  deben resultar nu

25.

388042



los a régimen y también si se suceden normales golpes de ariete en los dos sentidos, debidos a maniobras en los extremos inferior (máquinas, descargas síncronas) o superior (válvula de mariposa) de la tubería forzada. - - - - -

5. Cuando en un tramo tiene lugar una fuga imprevista, resultan diferentes de cero los  $\Delta H(t)$  relativos a las dos ternas interesadas en aquel tramo, y será por tanto posible la localización espacio-temporal de la fuga. - - - - -

10. En una instalación de protección de una tubería forzada (o para aplicaciones equivalentes) están previstas más prestaciones de detección de los piezométricos, o de los incrementos algébricos de las presiones respecto a una condición de régimen. En la Fig. 3 se indican, como ejemplo, puestos A, B, C, D, E separados entre sí de modo tal que el tiempo de tránsito de una onda de golpe de ariete entre las diferentes secciones sea apreciablemente igual en todos los tramos del recorrido entre las diferentes secciones de detección. - - - - -

15. La instalación prevé un medidor de presión, que comprende un transductor electrónico adecuado, en cada puesto de medición. - - - - -

20. El conjunto electrónico de la Fig. 4 comprende: (I) un elemento de cálculo en línea, apto para calcular la función:

$$f(t) = \Delta H_B (t-2 \Delta t) + \Delta H_B (t) - \Delta H_C (t- \Delta t) - \Delta H_A (t- \Delta t)$$

donde

25.  $\Delta H_A(t) = H_A (t) - H_{A0}$

$$\Delta H_B(t) = H_B (t) - H_{B0}$$

$$\Delta H_C(t) = H_C (t) - H_{C0}$$

388042



- siendo  $H_A(t)$ ,  $H_B(t)$  y  $H_C(t)$  los piezométricos referentes a las secciones de medición A, B, C, y  $H_{AO}$ ,  $H_{BO}$ ,  $H_{CO}$  los valores de régimen (que satisfacen por tanto la relación  $2H_{BO} - H_{AO} - H_{CO} = 0$ ), y  $\Delta t$  el tiempo de propagación entre dos secciones sucesivas, por ejemplo entre las secciones A-B y B-C, que se consideraran inicialmente; y (II) un elemento de comparación para señalar la presencia de fugas en la tubería, cuando la expresión escrita precedentemente resulte apreciablemente diferente de cero para un tiempo igual a  $\Delta t$ .
- 5.
10. Por lo que se refiere al elemento de cálculo de la función  $f(t)$ , se observa que la expresión a calcular es de tipo muy simple, tratándose de una combinación lineal de diversos términos, con retardo  $2\Delta t$ ,  $\Delta t$ , y  $0$ . El retardo fijo puede resolverse con la utilización de una memoria con núcleos magnéticos. A este objeto, las tres magnitudes analógicas  $H_A(t)$ ,  $H_B(t)$  y  $H_C(t)$ , sacadas a través de dichos transductores electrónicos de la presión del tipo de "strain gage", son enviadas a los circuitos de amplificación para llevar la señal del nivel de algunos milivolts al del orden de los volt, y a circuitos de equilibrado para la eliminación de los valores de régimen  $H_{AO}$ ,  $H_{BO}$ ,  $H_{CO}$ ; los dos circuitos están indicados en el esquema de bloques con  $AMP_A$ ,  $AMP_B$ ,  $AMP_C$ . Las salidas de estos circuitos unen a un sistema de barrido analógico SA, de tipo estático, que conecta en
- 15.
20. tiempos sucesivos un convertidor, analógico-numérico CAN, a las tres magnitudes analógicas que provienen de  $AMP_A$ ,  $AMP_B$  y  $AMP_C$ , para su transformación en forma numérica; las medidas en tiempos sucesivos se realizan al solo objeto de utilizar
- 25.

388042 2 71



- un solo convertidor CAN antes que tantos cuantas son las magnitudes analógicas; el bajo tiempo empleado para la conversión (del orden de 100  $\mu$ s) permite retener las tres magnitudes prácticamente simultáneas. La conversión de las magnitudes analógicas en magnitudes numéricas sirve para la sucesiva memorización. De hecho, la conversión en forma numérica permite el almacenamiento de los resultados de las magnitudes en una memoria de núcleos magnéticos MN, cuyos datos pueden ser releídos con el retardo deseado. Las magnitudes retardadas de  $t$  para  $H_A$  y  $H_C$  y de  $2t$  para  $H_B$ , respecto al tiempo genérico  $t_1$ , pueden ser extraídas de la memoria de núcleos MN y se introducen, junto con la magnitud  $H_B(t)$  instantánea, en un sumador numérico SN, a cuya salida está disponible el valor de la  $f(t)$  calculado para un determinado instante  $t_1$ .

- El procedimiento descrito se repite en tiempos sucesivos separados de  $T$ , y utilizando posiciones de memoria diversas, y se obtiene así la  $f(t)$  calculada para puntos de muestreo semejantes a  $T$ . A medida que se realiza la lectura de las magnitudes retardadas, las posiciones asociadas de la memoria de núcleos se hacen disponibles para la escritura de nuevos valores a memorizar. Es así posible organizar toda la instalación de modo que tenga un funcionamiento cíclico con períodos semejantes a  $2t$ ; tal función es desarrollada por la unidad de control UC.

La parte de la instalación que constituye el elemen

388042



- to de comparación EC, extrae la salida del sumador numérico SN, representativa de  $f(t)$  y, a través de un procedimiento de sumas sucesivas (utilizando a este objeto siempre el mismo sumador) integra la función  $f(t)$  para un número de puntos parecidos a los muestreos comprendidos en un tiempo  $\Delta t$ . El valor de esta integral es confrontado con el calculado en el tiempo  $\Delta t$  precedente. Cuando esta diferencia resulta ser superior a un valor de umbral prefijado, es proporcionado el consentimiento para la intervención de la operación. - -
- 5.
10. El método de intervención de la operación basado en la confrontación de valores medios permite dos importantes ventajas: por una parte se hace el sistema prácticamente insensible al rumor superpuesto a la señal útil, causado por las oscilaciones de alta frecuencia de las presiones y por errores debidos al muestreo; por otra parte todas las fluctuaciones a largo término de las características de los componentes (como los transductores y los amplificadores de entrada) que repercuten sobre el valor de la  $f(t)$ , no tienen efecto sobre el funcionamiento de la protección, por cuanto
15. la intervención resulta condicionada a una confrontación en tre dos mediciones consecutivas, durante las cuales, fluctuaciones de este tipo no se pueden verificar (respectivamente no son apreciables). - - - - -
- 20.
25. El esquema propuesto para la protección de unaporción de tubería es relativo a una terna de puestos de detección de las presiones, puede ser fácilmente extendido a más tramas (a condición de que estén dotados del mismo  $\Delta t$ ) sin



tener que aumentar en la misma proporción la mole de la instalación. En la práctica se trata de conectar otros amplificadores de entrada para otros tantos transductores, ampliar el sistema de barrido para operar selectivamente y sucesivamente, durante cada ciclo, sobre diferentes ternas de transductores, y aumentar las dimensiones de la memoria magnética.

5. El convertidor analógico-numérico, el sumador digital, el comparador y la unidad de control no sufren sin embargo modificaciones substanciales. - - - - -

10. En la fig. 5 se ha representado un diagrama, donde en abcisas se indican los tiempos y en ordenadas respectivamente los valores -variables en el tiempo- que entran en juego en ocasión de una pérdida que simula una fuga imprevista, la cual está indicada por la curva FI, y se manifiesta en el instante  $T_f$ . Los gráficos  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$ ,  $P_D$  indican los caracteres de las presiones en los puntos de detección A, B, C, D de una tubería, teniendo lugar la pérdida en el tramo C-D en la proximidad del punto C. El gráfico  $\Delta P_e$  indica el caracter de la señal elaborada por la terna B-C-D y su apreciable variación temporal, como consecuencia de la brusca variación del caudal consiguiente a la pérdida. Las diferentes curvas están niveladas para comodidad de dibujo. En el diagrama se notan flexiones temporales de los valores indicados por los gráficos, a menudo después del punto  $T_f$ . - - - - -

De cuanto se ha expuesto sobresale que la origina-



388042

5. lidad substancial de la invención reside en el hecho de que se recurre solamente a medidas de presión y a su elaboración electrónica "on line" por medio de una electrónica especializada realizable a bajo costo a partir de componentes standard que se encuentran en el comercio. - - - - -

10. Entre las ventajas de la invención -fácilmente destacables por el experto- respecto a las tradicionales instalaciones de protección de las tuberías, pueden destacarse en particular: medida de solamente presiones, con exclusión de velocidad, caudal, etc.; bajo costo; sensibilidad prácticamente independiente del valor del caudal medio que fluye por la tubería en el instante de la rotura; elevada sensibilidad respecto a la entidad del caudal de fuga (por ejemplo para las tuberías forzadas del 2 al 5% del volumen máximo); seguridad de funcionamiento por el hecho de que eventuales desgastes de la instalación serían visibles o señalados como tales y darían lugar a la alarma como en el caso de fuga imprevista detectada; simplicidad de los componentes, todos de fácil adquisición en el mercado de la instrumentación ya conocida; posibilidad de señalización del tramo de tubería interesado por el gasto; total ausencia de órganos mecánicos en movimiento. - - - - -

15.

20.

N O T A

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

388042



REIVINDICACIONES

1.- Instalación para la detección de salidas bruscas de fluido de una tubería a presión, caracterizada porque comprende: a lo largo de la tubería por lo menos una terna de medidores de presión con transductores; un conjunto elaborador electrónico con elaboradores y memorias para el cálculo de una función algébrica de presiones detectada en los diferentes puestos en instantes diferentes; y medios de detección (operatorios o simplemente señalatorios) de variaciones de tal función más allá de determinados límites de umbral.

2.- Instalación según la reivindicación 1, caracterizada porque la función algébrica está constituida por la expresión: - - - - -

$$\Delta H = H_A (t - \Delta \tau) + H_C (t - \Delta \tau) - H_B (t) - H_B (t - 2 \Delta \tau)$$

en la que las H son los piezométricos o los incrementos algébricos de las presiones (respecto a los valores de régimen), en los puntos de medición A, B y C y en los instantes t, t - Δτ, t - 2 Δτ respectivamente, siendo Δτ el tiempo medio de tránsito de ondas de golpe de ariete entre los distintos puntos de medición, siendo dicha expresión substancialmente de valor nulo, independientemente de los valores del caudal medio, en ausencia de fugas, a lo largo de los tramos de tubería comprendidos entre los puntos de medición, y siendo apreciablemente diferente de cero para tiempos del orden en el momento en que se inició una fuga incluso de limitado

388042



caudal. - - - - -

5. 3.- Instalación según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el conjunto electrónico comprende amplificadores, medios de barrido para la temporal discriminación de los valores que provienen de los medidores de una terna, memorias para los valores de presión de los diferentes medidores, medios sumadores y medios comparadores, así como medios detectores de los valores instantáneamente diferentes de cero para valores superiores a un cierto valor de umbral, positivo o negativo, del valor de la función  $\Delta H$ . - -

15. 4.- Instalación según las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque comprende una pluralidad de medidores de presión a lo largo de la tubería, y porque comprende para un grupo de tales medidores, medios de barrido para la elaboración sucesiva de los valores que provienen de ternas de medidores sucesivas a lo largo de la tubería y que pertenecen a dicho grupo, siendo aprovechado cada medidor para la elaboración de los datos de tres ternas sucesivas. - -

20. 5.- "INSTALACION PARA LA DETECCION DE SALIDAS BRUSCAS DE FLUIDO DE UNA TUBERIA A PRESION". - - - - -

Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de dieciseis hojas foliadas y me

388042

25

ENE

1971

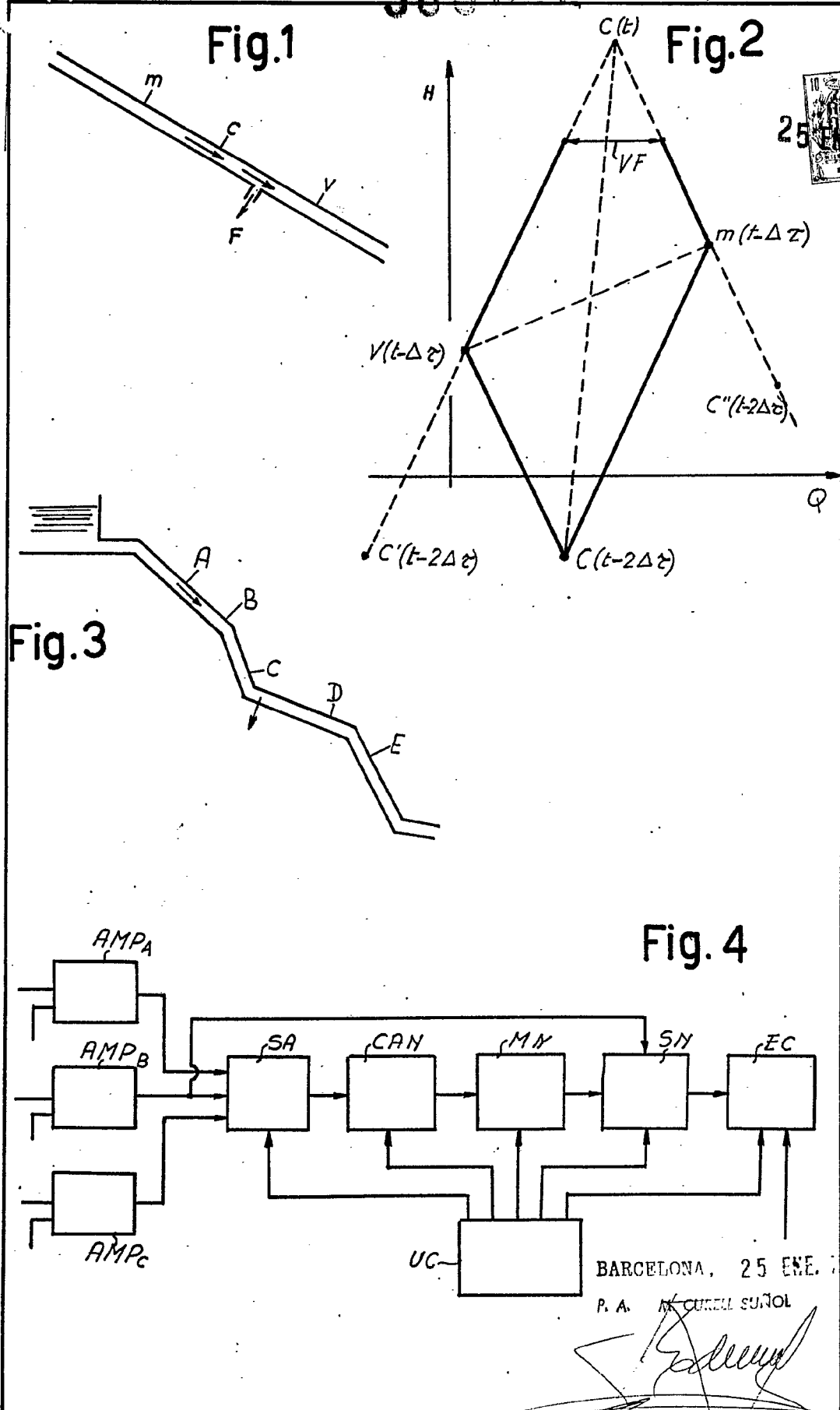


canografiadas por una sola de sus caras y dos láminas de dibujos que la ilustran.

BARCELONA, 25 ENE. 1971

D. A. AL CUNGLI SUROL

maf/mp.



388042

388042

25 ENE 1971

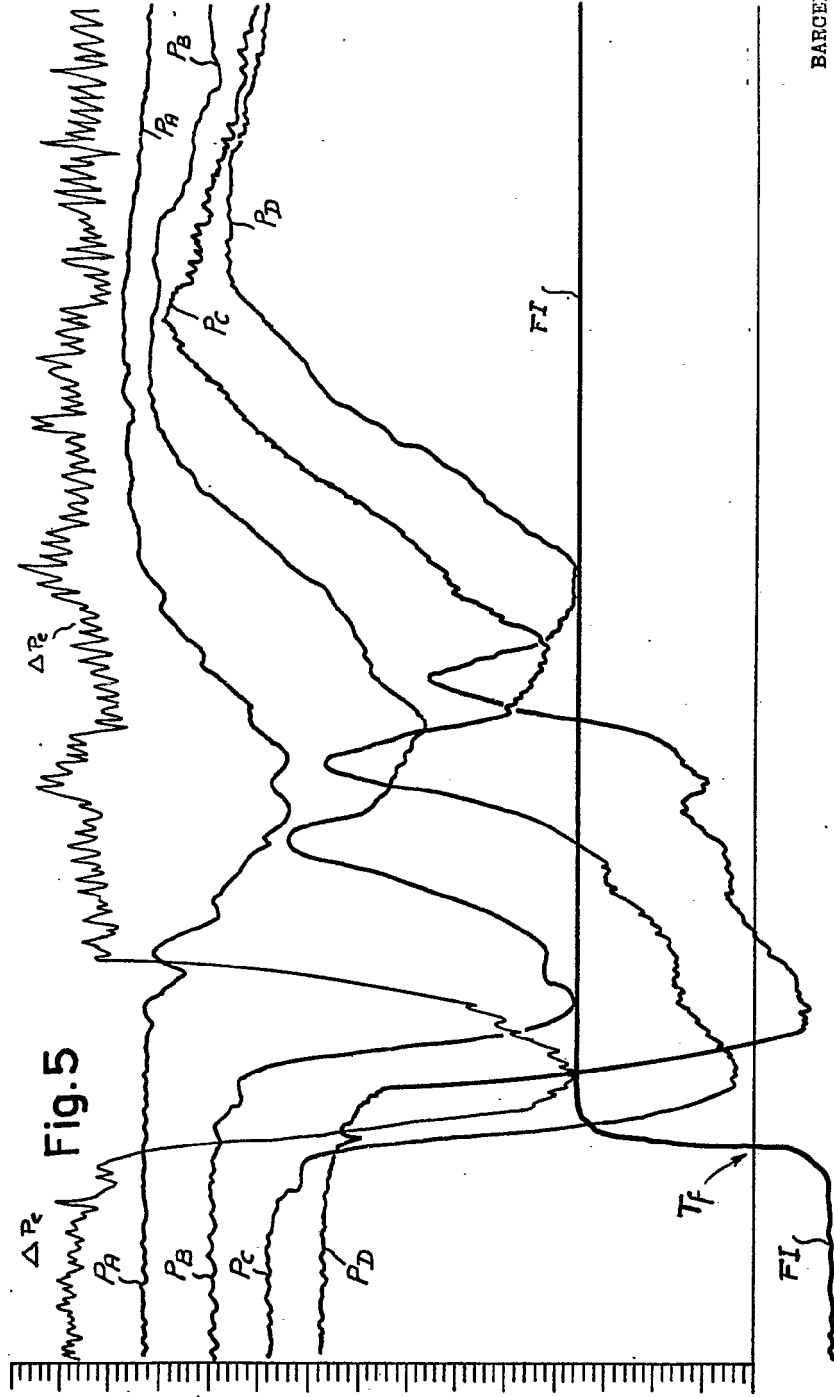
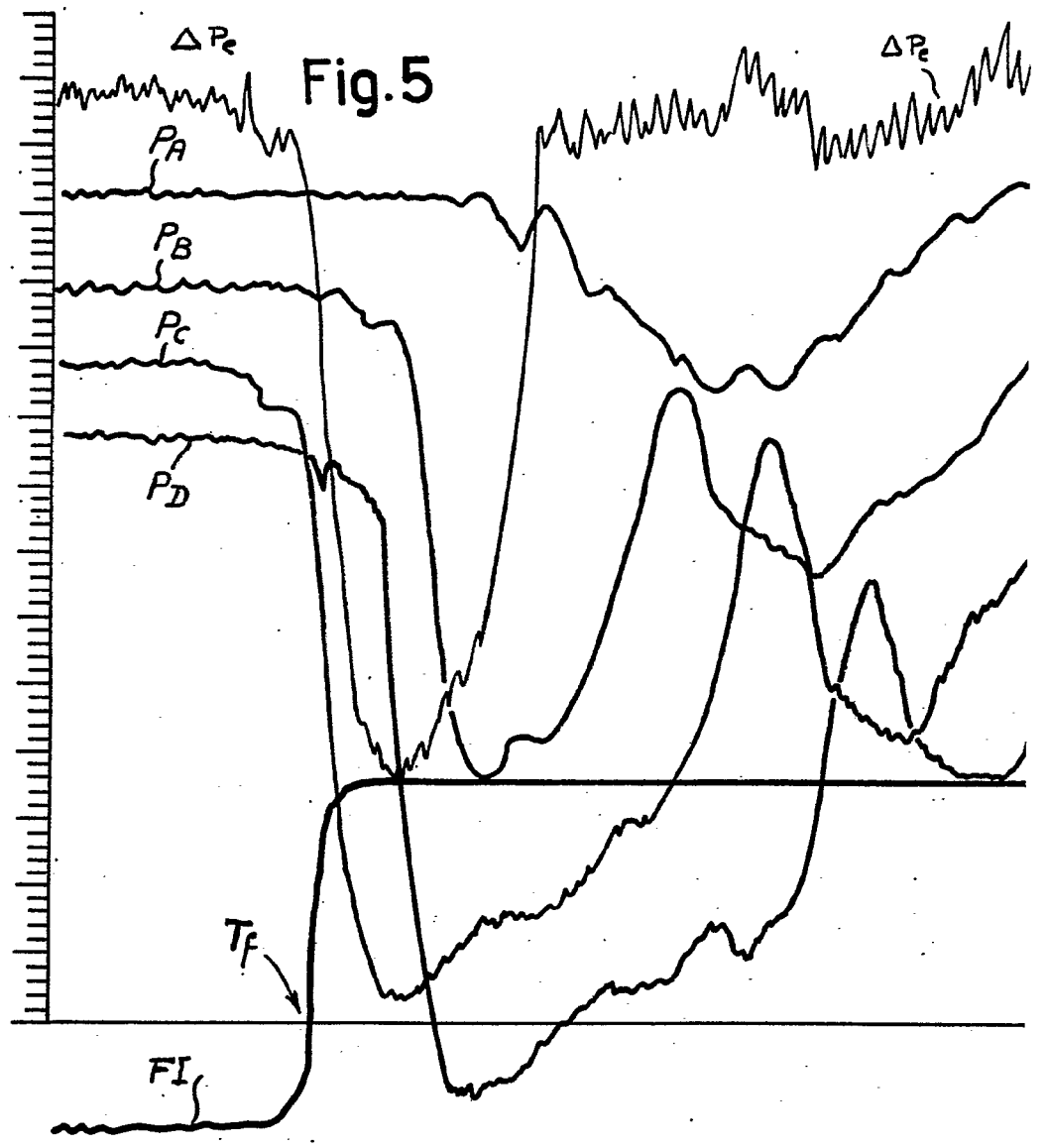


Fig. 5

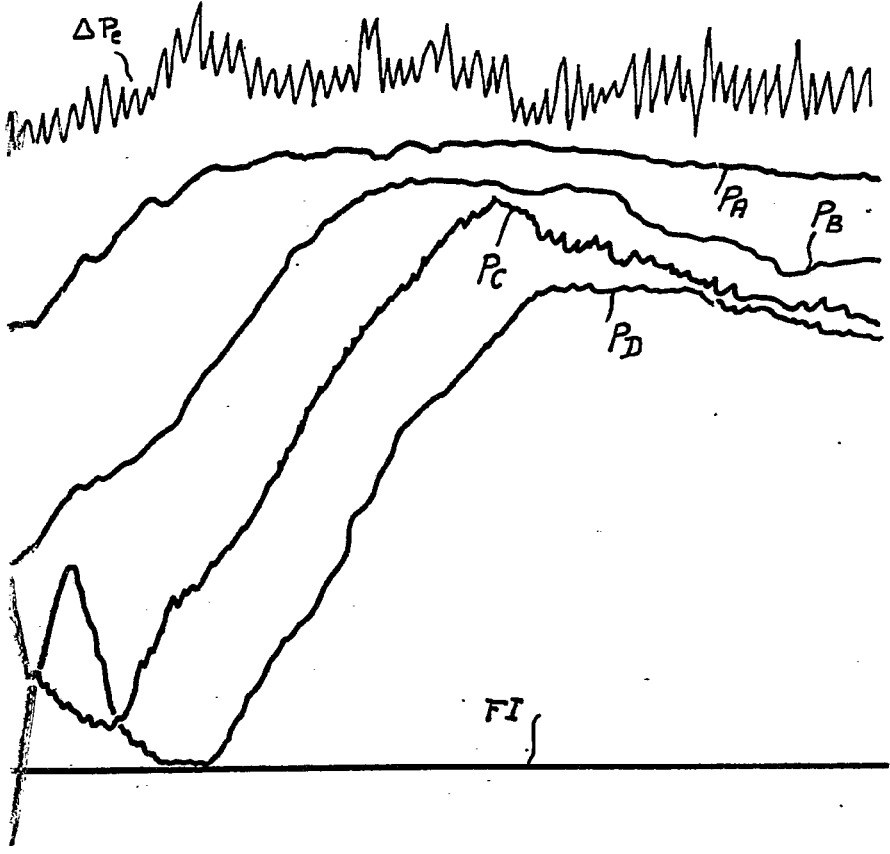
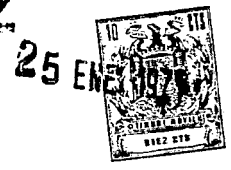
BARCELONA, 25 ENE. 1971

P. A. M. CUSPIL SURDOL

388042



388042



BARCELONA, 25 ENE. 1971

P. A. M. CUBELL SURÓL

A large, stylized handwritten signature in black ink, appearing to read "Cubell Suró".