

P - 23.707

A 65937
Case 10828 - IRH(AMS)

16 FEB. 1963



16 FEB. 1963

282534

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

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

formulada el 16 de Noviembre de 1962, con el Nº 282.534

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de PHILLIPS PETROLEUM COMPANY, entidad norteamericana, establecida en Bartlesville, Oklahoma, Estados Unidos de América, por:

"UN PROCEDIMIENTO PARA PRODUCIR REGISTROS SISMICOS MEJORADOS".

5 La presente invención se refiere a un método y aparato para producir registros sísmicos perfeccionados, de mayor legibilidad de señales sísmicas. En uno de sus aspectos, la invención se refiere a la sismología por reflexión, mediante la cual se producen registros sismográficos, de cuya interpretación se obtienen datos geofísicos. En otro aspecto, la invención se refiere a la identificación de la



información contenida en señales de poca relación de señal a ruido. En otro más de sus aspectos, la invención se refiere a un método y aparato para mejorar la relación de señal a ruido de las señales sísmicas.

5 La detección de sucesos sistemáticos de reflexión en registros sismográficos por medios visuales es con frecuencia extremadamente difícil, si no imposible, cuando la energía en los sucesos sistemáticos de reflexión es del mismo orden o menor que la de los sucesos no sistemáticos que aparecen en los mismos registros. En la práctica, la
10 identificación visual de reflexiones comunes en una pluralidad de registros, en general, no puede hacerse a menos que la relación de señal a ruido sea mayor de aproximadamente 1,5. Por desgracia, no siempre pueden obtenerse en
15 muchas áreas registros de esta calidad.

 Se han propuesto y desarrollado ya muchos métodos para mejorar el registro sísmico de modo que permita al operador detectar las llegadas de reflexión. Estos métodos quedan comprendidos en una u otra de las tres categorías generales que hacen uso de la aplicación de alguna
20 forma de filtraje, la adición de varias trazas que contienen sucesos sistemáticos y el empleo de métodos especiales de presentación de los datos sísmicos.

 En los años pasados se ha venido explotando a fondo
25 el filtraje usual. Por la apariencia de los registros suele desprenderse de manera obvia la necesidad de que el filtro sea de paso alto, de paso bajo o de paso de banda, según el aspecto de la señal presente. Ahora bien, el filtraje usual tiene graves limitaciones cuando existen problemas
30 especiales, tales como los debidos a relación de señal



5 a ruido extremadamente baja, interferencias periódicas causadas por fenómenos de guía de ondas en capas superficiales, reflexiones parásitas o "fantasmas", etc., o bien cuando las llegadas de reflexiones más profundas están fuertemente
10 te diseminadas por una capa superficial no homogénea. La solución de estos problemas exige ampliar considerablemente el concepto de filtraje, incluyendo en éste toda "caja negra" o elemento de filtro que mejore la relación de señal a ruido, y rara vez es éste un simple filtro de paso alto o de paso bajo.

15 Los tres problemas específicos que acaban de mencionarse (reflexiones parásitas, fenómenos de guía de onda y diseminación) pueden atacarse por medio de filtros no usuales, del adecuado diseño. En el caso de la diseminación, puede demostrarse que dada una información suficiente acerca
20 de la señal y del ruido, es posible proyectar y construir un filtro "óptimo" teórico que exponga una ondulación de señal específica y rechace un determinado ruido con gran éxito. Para aplicar esta técnica al problema sismográfico
25 co hacen falta más conocimientos que los disponibles, en particular acerca del ruido de cada traza. En la práctica, acerca del ruido no se tiene más que una información estadística, y la mejor estimación posible de la señal es la obtenida de la suma de cierto número de trazas. Con estas
30 limitaciones, la efectividad de un filtro "óptimo estático" se reduce considerablemente.

De utilizar el filtro "óptimo estático" se ha aprendido que en un filtro óptimo debe variar su sintonía adaptándose a cada perfil de onda de reflexión del registro, lo que hace necesaria una característica dinámica para



el filtro, y que las propiedades estadísticas del ruido deben explotarse para eliminar todo el ruido posible sin riesgo de perder la señal.

5 El intento de satisfacer estos requisitos ha venido a resultar en el proceso de multiplicación de coherencia, el cual puede considerarse como un filtraje continuamente óptimo del registro sísmico. Este proceso exige sumar todas las trazas, y multiplicar cada traza por esta suma. La multiplicación se realiza solamente en aquellos intervalos
10 de tiempo en que la traza suma y la traza individual son de la misma polaridad. El procedimiento da un registro con el mismo número de trazas que antes, pero con mayor relación de señal a ruido. Por término medio, la mejora de calidad de señal del sismógrafo es proporcional a la raíz
15 cuadrada del número de trazas de la compuesta.

Ahora bien, el logro de esta mejora depende críticamente de la alineación de las señales en el tiempo; pues solamente estando la componente de señal alineada es cuando la traza representa una medida de la cantidad deseada.
20 Esta alineación en el tiempo no puede descuidarse en ningún proceso de mezcla.

Los tiempos de llegada de las ondas elásticas desde el punto de disparo a los diferentes sismómetros varía con la distancia horizontal o en superficie entre el punto de
25 disparo y los sismómetros. Esta variación o diferencia de tiempos a través del sismograma se suele denominar deriva normal (y a veces angularidad de trayectoria), y es un error dinámico que tiende a ocultar las alineaciones de las porciones de señal correspondientes a lo largo de las
30 trazas. El tiempo de deriva normal varía de manera no li-



5 neal en magnitud durante el registro de estas señales sísmicas. La magnitud es máxima justamente nada más producida la detonación del disparo o barreno, cuando las diferencias en las distancias de recorrido de las ondas elásticas son máximas. La magnitud disminuye al disminuir las diferencias en las distancias recorridas, para horizontes reflectantes cada vez más profundos. La manera exacta en que varía el tiempo de deriva normal en función del tiempo, después de las perturbaciones sísmicas iniciales, dependerá, naturalmente, de la distancia de separación de los distintos sismómetros y de la particular función de velocidad del área explorada.

15 Una segunda corrección que debe hacerse en la alineación en el tiempo es la debida a efectos topográficos tales como variaciones en la elevación del punto de disparo y de los sismómetros, y la existencia de una capa erosiva en la superficie de la tierra. Estos efectos introducen errores estáticos constantes en la alineación en el tiempo de los sucesos sísmicos presentes en las trazas sismográficas.

20 Ya en el pasado se ha propuesto o utilizado cierto número de procedimientos para corregir los errores de alineación de tiempos debidos a efectos de deriva normal, elevación y cepa erosiva. Si bien algunos de estos procedimientos ya conocidos han venido sirviendo satisfactoriamente en algunas áreas, otros no son practicables por disminuir la relación de señal a ruido, o bien exigen un número de penosísimas y largas reproducciones de trazas para la corrección, mientras con otros no es posible haberse las con la falta de linealidad del movimiento normal.

30



Además, los procedimientos ya conocidos no han sido capaces de contrarrestar eficazmente las variaciones de declive, causantes de uno de los más sensibles errores de alineación de tiempos.

5 Sin embargo, la necesidad de una precisa alineación de tiempos de las señales sísmicas de escasa relación señal/ruido, para uso en el proceso de multiplicación de coherencia conduce de nuevo a las dificultades de investigar o buscar en el registro los sucesos de reflexión
10 cuando éstos no se hacen evidentes de modo visual.

Conforme a la invención, se habilita un procedimiento para producir registros sísmicos perfeccionados, de mayor legibilidad de señales sísmicas, obtenidos de un número de sismógrafos por adecuada alineación de las señales en el tiempo, procedimiento que comprende las etapas de: alinear dicha pluralidad de señales sísmicas para una pluralidad de valores de ángulo de declive; sumar las señales alineadas correspondientes a cada uno de los citados valores de ángulo de declive, para formar unas señales compuestas; comparar las señales individuales alineadas, correspondientes a cada uno de dichos valores de ángulo de declive, con la señal compuesta respectiva, y producir una señal de salida siempre que una señal individual alineada esté en fase con la señal compuesta respectiva;
15 20 25 30 sumar las señales de salida correspondientes a cada uno de dichos valores de ángulo de declive para obtener unas señales de correlación, y comparar dichas señales de correlación para de ese modo determinar el adecuado valor del ángulo de declive.

Conforme a la invención, se habilita además un apa-

282534



rato para poner en práctica el procedimiento indicado,
aparato en el cual se prevé un dispositivo analógico me-
cánico capaz de generar el análogo mecánico del triángu-
lo sísmico de tiempos para cada una de una pluralidad de
trazas sísmicas, comprendiendo dicho triángulo unas ra-
5 mas t_h , t_r , t_n , donde la rama t_h es el tiempo horizontal
de propagación desde el punto de disparo al sismómetro,
la rama t_r es el tiempo desde la imagen de disparo al
sismómetro y la rama t_n es el tiempo normal desde el pun-
10 to de disparo a la imagen de disparo, siendo uno de los
elementos de dicho análogo un registro almacenado de aque-
lla de las respectivas trazas citadas capaz de ser diná-
micamente transcrita por una estación transcriptoras res-
pectiva de entre una pluralidad de éstas, y correspon-
15 diendo el citado elemento a dicha rama t_r del menciona-
do triángulo sísmico de tiempos; medios para manipular
los análogos de modo que la longitud de la rama t_h de
cada uno de dichos análogos aumenta uniformemente con
el tiempo, empezando esta vez a partir de un instante
20 correspondiente al del disparo cuando las ramas t_r y t_h
de dicho análogo son coincidentes, la longitud de la ra-
ma t_h de cada uno de dichos análogos es proporcional a
la distancia del punto de disparo al sismómetro e inver-
samente proporcional a la velocidad media entre la imagen
de disparo y el sismómetro, el ángulo entre la rama t_h y
25 la rama t_n para cada uno de dichos análogos es de 90°
más el ángulo de declive del horizonte, y de modo que la
longitud de la rama t_r de cada uno de dichos análogos es
tal que mantiene cerrado cada uno de dichos triángulos
analógicos, estando dichas estaciones transcriptoras,
30

282534



1071

5 durante la citada manipulación, situadas en dichos registros almacenados externos a los triángulos analógicos, de modo que el movimiento resultante no uniforme de dichos registros almacenados, de un lado a otro de dichas estaciones transcriptoras, hará que el tiempo de transcripción de los sucesos sísmicos sea equivalente al tiempo normal, y no al tiempo de reflexión; medios para sumar las señales transcritas de dichas estaciones transcriptoras; medios para comparar la suma resultante con cada una de dichas señales transcritas; medios para establecer una señal de salida para cada una de dichas señales transcritas que esté en fase con dicha suma resultante; segundos medios para sumar las señales de salida dando una señal de coherencia, la magnitud de la cual es representativa de la información común presente en dichas señales transcritas; medios para hacer variar el valor de dicho ángulo de declive; y medios para comparar las señales de coherencia correspondientes a una pluralidad de valores de dicho ángulo de declive hasta determinar el valor adecuado de dicho ángulo de declive para una precisa alineación de tiempos de dicha pluralidad de trazas sísmicas.

15 Por consiguiente, es característico de la invención un procedimiento y aparato perfeccionados para detectar las señales sísmicas reales y efectivas en presencia de ruido. Otra característica de la invención consiste en perfeccionar la técnica de la sismología por reflexión aumentando la legibilidad de los registros sismográficos. Otra característica de la invención es la de corregir los registros sismográficos por un procedimiento perfeccionado que resulta rápido, preciso y relativamente sencillo. Otra



5 característica de la invención reside en un método y aparato perfeccionados para corregir la alineación de registros sísmicos en el tiempo. Otra característica de la invención consiste en dar la adecuada alineación de tiempos de señales sísmicas teniendo en cuenta los efectos de distintos ángulos de declive.

10 Otros aspectos, características y ventajas de la invención se irán desprendiendo del estudio de la exposición que sigue, los dibujos adjuntos y las reivindicaciones finales.

En los adjuntos dibujos:

- la figura 1 es un esquema funcional o de conjunto de un procedimiento conforme a la invención;
- la figura 2 es un corte esquemático de un terreno en sección recta, que ilustra la disposición geométrica de trayectorias de las ondas elásticas al propagarse éstas desde el punto de disparo y ser reflejadas de nuevo hasta los sismómetros;
- la figura 3 es una vista ilustrativa de las relaciones gráficas entre las trazas de un sismograma y el triángulo analógico de tiempos;
- las figuras 4 y 5 ilustran esquemáticamente unas analogías mecánicas del triángulo de tiempos;
- la figura 6 es una vista esquemática de un corrector analógico mecánico de varios canales;
- la figura 7 es un esquema de circuitos de una forma de realización del aparato discriminador;
- la figura 8 es una representación esquemática de las características de trabajo de la fig. 7;
- la figura 9 es una representación de las señales

30



167

sísmicas a tratar;

- la figura 10 es una representación de señales obtenidas por el procedimiento de discriminación conforme al presente invento;

5 - la figura 11 es una representación esquemática del aparato para el proceso de multiplicación de coherencia; y

10 - las figuras 12, 13, 14 y 15 ilustran los perfiles de onda aproximados que se obtienen en el aparato de la fig. 11.

Con referencia ahora a un aspecto general del procedimiento englobado como se indica en la fig. 1, las salidas de una pluralidad (por lo común, 24) de detectores sísmicos 1 se llevan a la zona de almacenamiento 2, que puede ser un dispositivo registrador de cinta magnética. Cuando se desea tratar las señales sísmicas, éstas se extraen de la zona de almacenamiento 2 y se llevan a la zona 3 de alineación de tiempos, en la cual se alinean las señales en el tiempo con diversos ángulos de declive. Las señales alineadas en el tiempo, correspondientes a cada ángulo de declive, se hacen pasar a la zona de discriminación 4, obteniéndose una señal de coherencia para cada ángulo de declive. Las señales de coherencia se comparan en la zona de selección 5, eligiéndose en ella el ángulo de declive adecuado. Las señales sísmicas alineadas en el tiempo, y correspondientes al ángulo de declive adecuado, se hacen pasar a continuación a la zona 6 de multiplicación de coherencia, en la cual se mejora la relación de señal a ruido. Las señales así mejoradas se transmiten entonces a la zona de interpretación 7, para la in-



10 FEB

interpretación del registro sísmico.

El fundamento de la técnica sismológica por reflexión se ilustra en el diagrama espacial de la fig. 2. Para mayor brevedad, supóngase que el plano de referencia coincide con la superficie de la tierra. Las trayectorias de propagación de los rayos generados en el punto de disparo E se reflejan en unos horizontes subsuperficiales. En la fig. 2 se representan dos de estos horizontes subsuperficiales, uno de los cuales es horizontal mientras el otro está inclinado o formando ángulo con respecto a la superficie de la tierra. Una formación o grupo de sismómetros, tales como S_1 , S_2 , S_3 y S_4 , situados en la superficie de la tierra y separados del punto de disparo E de una manera prefijada, detecta la llegada de las ondas reflejadas y las convierte en señales eléctricas, que son amplificadas y registradas en unos sismogramas. Las ondas sonoras reflejadas parecen provenir de unos puntos I_1 e I_2 , conocidos como puntos de imagen. Cada punto de imagen se encuentra por debajo del correspondiente horizonte reflectante, a una distancia igual a aquélla a la que el punto de disparo E se encuentra por encima del horizonte, y está situado a lo largo de una línea normal al horizonte reflectante y que pasa por el punto de disparo. Cualquier trayecto de propagación ER_nS_n , siendo S_n la posición de cualquier sismómetro y R_n la de cualquier punto de reflexión, es equivalente al trayecto $I_nR_nS_n$, siendo I_n un punto de imagen correspondiente al horizonte en el cual se halla R_n . Por ejemplo, el trayecto de propagación ER_1S_1 es equivalente al trayecto $I_1R_1S_1$, y el trayecto de propagación ER_8S_4 es equivalente al trayecto $I_2R_8S_4$. En el caso del horizon-

282534



te reflectante horizontal, es evidente que ER_2S_2 (o $I_1R_2S_2$) es mayor que ER_1S_1 (o $I_1R_1S_1$), de modo que cuando el frente de la onda reflejada por el horizonte horizontal llega al sismómetro S_1 , el frente de la onda no habrá llegado aún al sismómetro S_2 . En el caso del horizonte inclinado en declive, es evidente que ER_8S_4 (o $I_2R_8S_4$) es mayor que ER_6S_2 (o $I_2R_6S_2$), de modo que cuando el frente de la onda reflejada por el horizonte inclinado llega al sismómetro S_2 por un lado del punto de disparo E, el frente de onda no llega todavía al correspondiente sismómetro S_4 del otro lado del punto de disparo. La diferencia de tiempos de reflexión se denomina deriva normal, y aumenta tanto con el grado de inclinación o declive como con la distancia entre los sismómetros extremos de la formación o diseminación sismométrica.

El diagrama espacial de la fig. 2 puede ser convertido en un diagrama analógico de tiempos, como se ilustra en la fig. 3. Dado que las dimensiones del espacio de la fig. 2 son distancias, la división de cada una de las ramas del triángulo por un parámetro de velocidad convierte las dimensiones del triángulo en tiempos. La velocidad media v de propagación es la que se utiliza como parámetro de velocidad. Esta conversión a unidades de tiempo da el triángulo de tiempos de la fig. 3, de lados t_h , t_r y t_n , donde t_h es el tiempo horizontal desde el punto de disparo E a la estación sismométrica S_n , mientras t_r es el tiempo desde el punto de disparo E al reflector y al sismómetro S_n (o desde el punto de imagen I al sismómetro S_n), y t_n es el tiempo normal desde el punto de disparo E al reflector y vuelta al punto de disparo.

282534



La fig. 3 ilustra asimismo las relaciones gráficas entre el tiempo de llegada y las trazas de un sismograma registrado por un sismómetro S_0 en el punto de disparo E y el sismómetro S_n situado a una distancia conocida a partir del punto de disparo. La diferencia en tiempos de llegada de un suceso sísmico a un sismómetro S_0 y al sismómetro S_n es igual a Δt , tiempo adicional necesario para que la onda se propague desde el punto de disparo E al reflector y al sismómetro S_n . Este tiempo adicional es la corrección de tiempo de deriva normal necesaria para convertir el tiempo de reflexión t_r en tiempo normal t_n .

Existe una importante diferencia en las propiedades dinámicas, dependientes del tiempo, del triángulo espacial de la fig. 2 y el triángulo de tiempos de la fig. 3. En el triángulo de espacios de la fig. 2, la rama ES_n (distancia del punto de disparo al sismómetro) no varía con el tiempo; en cambio, las ramas EI_n (distancia del punto de disparo al punto de imagen) e I_nS_n (distancia de imagen a sismómetro) aumentan ambas de longitud, a partir del instante del disparo, de una manera que viene determinada por la variación de la velocidad media v . Este aumento es uniforme con el tiempo, sólo a condición de que la velocidad media sea constante. Las ramas del triángulo de tiempos de la fig. 3 se comportan de modo algo distinto. Como la velocidad media es factor determinante de la longitud de cada rama del triángulo de tiempos, las tres ramas cambian o varían con el tiempo de registro. La rama t_n disminuye usualmente con el tiempo de registro, ya que la dimensión espacial ES_n es constante, y v , usualmente, aumenta. La rama t_n representa el tiempo transcurrido a

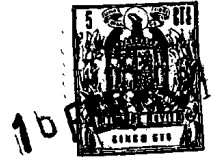
282534



partir del instante de disparo, y aumenta uniformemente. La rama t_r , pues, debe aumentar de manera tal que mantenga cerrado el triángulo de tiempos.

5 Conforme a la invención, la deriva normal es corregida por medio del dispositivo analógico electromecánico del triángulo de tiempos de la fig. 3. Este análogo, o dispositivo analógico, se ilustra esquemáticamente en la fig. 4. Una cinta magnética 11, que contiene la traza de uno (S_n) de los sismómetros, va fijada por su extremo correspondiente al tiempo inicial a un carro de cintas 12 adaptado para moverse en un sentido a velocidad constante. El 10 otro extremo de la cinta 11 va fijado a un tambor 13 de recepción de cinta. Como la cinta 11 tiene una dimensión que se mide en unidades de tiempo, puede representar a la 15 rama t_r del triángulo de tiempos. Dado que el carro 12 de cintas se pone en marcha en la posición inicial indicada, y se traslada hacia abajo uniformemente, la cinta se moverá de un lado a otro de la cabeza magnética de reproducción 14, permitiendo así reproducir los datos sísmicos. 20 La desigualdad de velocidad de la cinta así resultante, al pasar por la cabeza reproductora 14, hará que el tiempo de reproducción de los sucesos de reflexión sea equivalente al tiempo normal t_n y no al tiempo de reflexión t_r , ya que la situación de la cabeza reproductora 14 y 25 de la cinta 11 es tal que los sucesos reproducidos se adelantan en una magnitud igual a Δt . Por consiguiente, en la operación de reproducción se obtiene de modo directo la corrección Δt del tiempo de deriva normal.

30 Como no todos los sucesos de reflexión necesitan el mismo valor de t_h , este lado del triángulo de tiempos



debe variar de longitud al ir aumentando uniformemente el lado t_n . La magnitud t_n debe mantenerse proporcional a la inversa de la velocidad media v , teniendo como constante de proporcionalidad la distancia del punto de disparo al sismómetro. La velocidad media, como función del tiempo normal, debe ser conocida o supuesta. En la mayoría de las situaciones, la velocidad media aumenta con el tiempo de registro, y el parámetro t_n disminuye al aumentar el tiempo normal t_n .

10 Cuando el horizonte reflectante está inclinado en declive, es preciso efectuar una modificación apropiada, en el triángulo de tiempos, para mantener la analogía mecánica. Esto se logra modificando el ángulo entre las ramas del triángulo t_n y t_n a partir de los 90° . La magnitud del cambio es igual al ángulo de declive α . La fig. 15 5 ilustra la configuración analógica mecánica necesaria para un ángulo de declive α .

Los análogos hasta este punto estudiados se vienen limitado al registro de una sola traza sísmica. Una analogía multicanal (de varios canales), con la misma precisión de la de canal único, puede obtenerse combinando una multitud de análogos mecánicos a base de utilizar una dimensión t_n común y una multitud de dimensiones t_n . Como para todas y cada una de las trazas sirve aproximadamente la misma función de velocidad media, la función t_n asociada a la estación sismométrica más lejana puede graduarse en sentido descendente para cada una de las demás estaciones sismométricas, simplificándose así el problema de generar los movimientos t_n necesarios para la multitud de triángulos de tiempos. La fig. 6 ilustra un corrector de



5 tiempos de seis canales, desarrollado a manera de ampliación del corrector de canal único de la fig. 4. A un carro común 12, adaptado para moverse a lo largo de varillas de guía 17, van fijadas seis cintas 11. En la figura 6, las esquinas o vértices del triángulo de seis tiempos representadas por los pasadores 16 de situación de la cinta, son las únicas esquinas no comunes. Ahora bien, estos vértices o esquinas están relacionados en posición de la misma manera que las estaciones sismométricas. Así, si los pasadores de situación 16 se acoplan de manera tal que el movimiento del pasador para la estación sismométrica más lejana sirve también para mover en proporción a los demás pasadores, todas las dimensiones t_n de cada triángulo de tiempos se mantienen dentro de la proporción adecuada y, por lo tanto, los seis triángulos de tiempos se generan todos simultáneamente al bajar el carro 12 de las cintas.

Existen dos fases fundamentales de funcionamiento del dispositivo multicanal tal como el ilustrado esquemáticamente en la fig. 6. En primer lugar, los datos sísmicos de campo presentados se reproducen de manera tal que cada traza del sismograma es transcrita sobre una cinta magnética individual del corrector analógico de esta invención. Luego, los datos de las cintas magnéticas individuales son reproducidos de tal manera que se logran las necesarias correcciones de tiempos. Para transcribir los datos de campo pasándolos a las cintas magnéticas individuales del dispositivo analógico, se colocan en la posición inicial del carro todos los pasadores de situación 16 (que van fijados a las cabezas magnéticas 14). Esto quiere decir que el brazo 18 de t_n indirectamente acoplado a los



pasadores de situación 16 se coloca de modo que la dimen-
sión t_h es cero. En estas condiciones, se pone en marcha
el carro de cintas y se le hace bajar uniformemente al ser
registrado en su cinta respectiva cada canal de datos sísmicos. El registro de las cintas en esta fase no produce
5 variación o modificación alguna en la alineación en el
tiempo de los sucesos de reflexión.

Para reproducir los datos así registrados en las cintas magnéticas individuales, el carro 12 de cintas se devuelve a su posición inicial de puesta en marcha, y el brazo 18 de t_h se lleva girando hasta una posición correspondiente al valor de t_h deseado en el instante cero. Al ser el carro de cintas 12 puesto en marcha y movido uniformemente hacia abajo, el brazo 18 de t_h se mueve de manera
10 tal que en todo momento y para todos los canales se mantiene el valor de t_h adecuado. Cuando se examina el resultado de la reproducción hecha en esta fase, todos los sucesos de reflexión se hallarán alineados en el tiempo, si en el instante de reflexión normal t_h se tuvo el t_h adecuado. Es necesario también que el plano que contiene las
15 dimensiones t_h esté ajustado al ángulo correcto. Si las reflexiones proceden de un horizonte subsuperficial de declive cero, el plano de t_h debe estar exactamente a 90° con respecto al plano de traslación del carro de cintas.
20 Para ángulos de declive del lecho reflectante distintos de cero, el plano de t_h debe estar correspondientemente inclinado y entonces es cuando deben reproducirse los datos para lograr la alineación en tiempos de los sucesos de reflexión.

30 Con referencia ahora a la fig. 7, entre los termi-



nales 20a y 21a, de los cuales el último está a masa, se aplica la primera de una pluralidad de señales a estudiar, para su alineación de tiempos con el ángulo de declive adecuado. El terminal 20a está conectado al primer terminal de entrada 22a de un circuito sumador. El terminal 22a va conectado por medio de una resistencia de entrada 23a al primer terminal de entrada de un amplificador sumador 24. El amplificador 24, que puede ser un amplificador operacional usual de alta ganancia, está provisto de una resistencia de realimentación 25. El amplificador 24 tiene un número apropiado de etapas de amplificación, de modo tal que la señal de salida se halla en fase con la señal de entrada. Esta señal de salida se aplica por medio de resistencias 26 y 27 a la entrada de un segundo amplificador 28. El amplificador 28 está provisto de una resistencia de realimentación 29. El amplificador 28 está también provisto de un número adecuado de etapas tales que la señal de salida en el terminal 30 está a 180° de diferencia de fases con la señal de entrada al amplificador 28. Entre masa y el punto de unión entre las resistencias 26 y 27 va conectado un rectificador 31 que sirve para eliminar las alternancias negativas de la señal de entrada aplicada al amplificador 28. Así, la señal en el terminal 30 comprende una serie de impulsos negativos.

La señal de salida del amplificador 24 es transmitida también a través de un segundo circuito, similar al que se acaba de describir y en el cual se designan los elementos correspondientes con los mismos números de referencia dotados de índice o apóstrofo. La única diferencia existente entre estos dos circuitos es la polaridad

282534



del rectificador 31', que da lugar a que en el terminal de salida 30' aparezca una serie de impulsos positivos.

5 El terminal de entrada 20a está también conectado, por medio de un condensador 32a y una resistencia 33a, a la rejilla de mando de un triodo 34a. La rejilla de mando del triodo 34a va conectada, a través de un rectificador 35a y una resistencia 36a, a un terminal 37a que se mantiene a un potencial positivo. Un terminal 38a, mantenido a un potencial negativo, se conecta por medio de una resistencia 39a y un rectificador 40a a la rejilla de mando del triodo 34a. El primer terminal extremo de un potenciómetro 42a está conectado al punto de unión entre el rectificador 35a y la resistencia 36a, y el segundo terminal extremo del potenciómetro 42a va conectado al punto de unión entre la resistencia 39a y el rectificador 40a. El cursor del potenciómetro 42a está conectado a masa. El potenciómetro 42a y las resistencias 36a y 39a forman, pues, un circuito divisor de tensión, de modo tal que se aplican potenciales positivos y negativos de polarización al rectificador 35a y al 40a, respectivamente. Estos rectificadores, por consiguiente, sirven de limitador bipolar, de modo tal que al triodo 34a se le aplican señales de un perfil de onda sensiblemente cuadrado, desde los terminales de entrada 20a.

25 El cátodo del triodo 34a está conectado a masa a través de una resistencia 44a. El ánodo del triodo 34a va conectado a través de una resistencia 45a a un terminal 46a que se mantiene a un potencial positivo. El ánodo del triodo 34a está también conectado a través de un condensador 47a, una resistencia 48a y una resistencia 49a, a un ter-

30

282534



5 terminal 50a. Entre masa y el punto de unión entre las resistencias 48a y 49a, van conectados dos diodos 53a en oposición. Estos rectificadores funcionan como circuito limitador o recortador adicional, de modo que en el terminal 50a aparecen señales de perfil de onda esencialmente cuadrado. Entre el terminal 30 y el terminal 50a está conectado un rectificador 51a. Entre el terminal 50a y el terminal 30' va conectado asimismo un rectificador 52a. El terminal 50a va también conectado al primer terminal de entrada 55a de un segundo circuito sumador.

10 El aparato de la fig. 7 está provisto de tantos circuitos limitadores individuales como señales a comparar. Así, el circuito sumador antes descrito provisto de terminales de entrada adicionales 22b, 22c, ... 22n. El circuito limitador o recortador asociado al terminal 22n se ilustra en la parte inferior de la fig. 7. Este circuito limitador es idéntico al anteriormente descrito, yendo los elementos correspondientes designados por los mismos caracteres, con la desinencia n.

20 Los terminales de entrada 55a, 55b, 55c, ... 55n van conectados a través de resistencias respectivas 56a, 56b, 56c, ... 56n a la primera entrada de un amplificador sumador 57. El amplificador 57 está provisto de dos resistencias de realimentación 58 y 59 en serie, siendo la última de ellas ajustable. La salida del amplificador 57 va conectada a masa a través de un par de rectificadores en oposición 60 y una resistencia 61. Los terminales de salida 62 y 63 están conectados a los respectivos terminales extremos de la resistencia 61.

30 Como antes se ha dicho, la señal presente en el



terminal 30 comprende una serie de impulsos negativos que representan las alternancias negativas de la suma de las señales a comparar. La señal presente en el terminal 30' representa los correspondientes impulsos positivos de esta suma. Los rectificadores 51a y 51n funcionan transmitiendo la señal de salida desde el circuito limitador superior a la primera entrada del amplificador sumador 57, cuando esta señal recortada o limitada está en fase con la señal de salida sumada procedente del amplificador 24. El funcionamiento de los rectificadores 51a y 51n de esta manera puede apreciarse fácilmente examinando las curvas de la fig. 8. Se supondrá que la señal de salida que aparece en el terminal 50a procedente del triodo 34a es de perfil de onda cuadrada, como indica la curva 65. Se supondrá primero que esta señal está en fase con la suma de las señales individuales que se están comparando. En estas circunstancias, las señales de salida en los terminales 30 y 30' son de la forma indicada por las respectivas curvas 66 y 67 de la fig. 8. Durante la primera alternancia, el terminal 50a es positivo y el terminal 30 está a cero, de modo que el rectificador 51a no conduce. El terminal 30' es positivo en este mismo momento, de modo que el rectificador 52a tampoco conduce. Así, la alternancia positiva de la señal de salida procedente del triodo 34a se transmite como entrada al amplificador sumador 57. Durante la segunda alternancia, la señal en el terminal 50a es negativa. La señal presente en el terminal 30 es también negativa, en tanto que la señal que hay en el terminal 30' es cero. Tampoco aquí conduce ninguno de los rectificadores 51a o 52a, de modo que desde el triodo 34a



se transmite una señal negativa al amplificador sumador 57.

Si la señal transmitida a través del triodo 34a estuviera a 180° de diferencia de fase respecto a la suma de las señales iniciales de entrada, como indica la curva
5 68, no se transmitirá señal alguna de salida al amplificador sumador 57. Durante la primera alternancia de esta señal, el terminal 50a está negativo. Ahora bien, el potencial en el terminal 30 es cero, de modo que el rectificador 51a conduce, impidiendo que la señal presente en el
10 terminal 50a se transmita al amplificador 57. Durante la segunda alternancia, es positiva la señal en el terminal 50a, en tanto que la señal es nula en el terminal 30', con lo cual el rectificador 52a conduce. Así, pues, la señal de salida procedente del triodo 34a está cortocircuitada en todo momento, de modo que no hay transmisión de
15 señal de salida al amplificador sumador 57.

Las señales recortadas, procedentes del resto de los circuitos individuales, se comparan también con las señales sumadas en los terminales 30 y 30'. Las señales
20 transmitidas resultantes son aplicadas al amplificador sumador 57, a través de las resistencias respectivas 56b, 56c, ... 56n. La magnitud de la señal de salida procedente del amplificador 57 es, pues, representativa del número de señales de entrada que está en fase con la suma de
25 las señales de entrada. La resistencia variable 59 permite ajustar la ganancia del amplificador sumador 57 de modo que se transmita una señal de salida tan sólo cuando haya un número prefijado de señales individuales en fase con la suma.

30 La efectividad de este procedimiento para identi-

282534



ficar reflexiones comunes en una pluralidad de registros
sísmicos se ilustra en las figuras 9 y 10. Las curvas de
la fig. 9 son unos registros sísmicos antes de ser trata-
dos mediante el aparato de esta invención. Las señales eléc-
5 tricas representativas de las curvas de la fig. 9 se apli-
can entonces como entradas al aparato de la fig. 6. El pro-
cedimiento se repite cierto número de veces, desplazando
las curvas de la fig. 9 unas respecto a otras en magnitu-
des que varían de $+33^\circ$ a -36° , como se indica en la fig.
10. Estos desplazamientos constituyen hipótesis arbitra-
rias buscando compensar las correcciones de "angularidad
de trayectoria" de las señales sísmicas. Las señales de
salida del aparato de la fig. 6 se aplican luego como en-
trada al aparato de la fig. 7. Como se observa en la fig.
15 10, existe una decidida correlación respecto al tiempo,
en las proximidades del centro de los registros resultan-
tes. Esto indica que en los registros aparecen en este mo-
mento reflexiones comunes.

Con referencia ahora a la fig. 11, se ilustran en
20 ella unos medios de almacenamiento o memoria 110, en los
cuales se dispone una pluralidad de señales sísmicas indi-
viduales corregidas en cuanto a angularidades de trayec-
toria en la zona 3 de alineación de tiempos (véase fig. 1),
de acuerdo con el adecuado ángulo de declive, determinado
25 en la zona de discriminación 4 y en la zona de selección
5. Los medios de almacenamiento o memoria 110 pueden com-
prender una cinta magnética. De los medios de memoria 110
se retiran todas las señales corregidas, y se aplican a
unos medios sumadores 112 para así formar la traza de con-
30 trol (fig. 13).

282534

16 FEB.



La traza de control que aparece a la salida de 112 es aplicada a continuación a cada uno de dos canales, de manera tal que la traza de control se divide en componentes de polaridad (+) y (-). Cuando en lo que sigue se haga referencia a una señal de polaridad más o menos derivada de estos datos sísmicos, la referencia se hace a la polaridad de la señal tal como aparece al ser retirada de los medios de memoria 110, con independencia de su polaridad efectiva en los aparatos y funciones subsiguientes. Esto es así porque los medios sumadores 112 y demás aparatos producen cada uno una inversión de fase. Por consiguiente, para mayor claridad, un canal o señal más (+) (canal que trabaja con una señal +) se refiere a una señal tal como aparece en los medios de memoria 110, y lo mismo para la polaridad opuesta. La señal final de salida del sistema de multiplicación de coherencia tiene su fase invertida respecto a la señal de entrada del sistema multiplicador de coherencia. No es esencial corregir esta condición, pero la corrección puede obtenerse conectando a los terminales de salida un amplificador inversor. La polaridad de las componentes de la traza de control se determina de acuerdo con un cero elegido arbitrariamente. Sobre esta traza de control se efectúan en cada canal las mismas operaciones. Por consiguiente, para mayor brevedad, se describirá en lo que sigue un solo canal (el que opera con la señal de polaridad positiva). Con las señales de polaridad negativa se opera en aquella parte del aparato designada mediante números con índice o apóstrofo en la fig. 11. A fin de obtener la debida uniformidad en la construcción de los canales, la señal que entra en el canal (-) es some-



tida a inversión de fase en 155.

5 La traza de control se aplica a continuación, como una de las señales de entrada a un mezclador 114 que en realidad constituye otro medio para sumar, y que también recibe una segunda señal de entrada de sentido negativo (en diente de sierra) 115 (fig. 12) y produce el perfil de onda 116 (fig. 14) como señal de salida. Un generador de diente de sierra proporciona la señal 115, que se combina en el mezclador 114 con la traza de control, produciendo así el perfil de onda 116. A los canales de polaridad tanto positiva como negativa se les aplica un diente de sierra 115 de sentido negativo, porque (a) los mezcladores 114 y 114' incluyen un amplificador inversor de fase, y (b) el inversor 115 proporciona una traza de control de la fase adecuada para su mezcla con el diente de sierra en el canal negativo.

10

15

Los perfiles de onda 116 así producidos se aplican a continuación a unos moduladores de anchura primero y segundo, 117 y 117', en los cuales se forma una serie de impulsos 118 (fig. 15), cuya separación es función de las amplitudes que sucesivamente va presentando la componente de respectiva polaridad de la traza de control, y que, hablando en amplios términos, representa a ésta, según puede decirse. Los picos del perfil de onda ilustrado en la fig. 14 se necesitan para cambiar o conmutar el modulador de anchura 117 de un estado a otro. El modulador de anchura 117 (como el 117') es en esencia un circuito de relajación biestable ("flip-flop") que se ajusta para cambiar de estado aplicando al terminal de entrada del mismo una tensión igual a E (como se indica en la fig. 14) y para el cambio de estado sucesivo, después de este suceso, solamente cuando la señal

20

25

30

16 FEB 1957
GARD GIB

de entrada va hacia cero. Las variaciones en la región comprendida entre cero y E voltios no producen cambio de estado. La función de conmutación, al aplicar la tensión E, ocurre cuando la tensión es igual o mayor que E. Los picos de la fig. 14 consumen un intervalo de tiempo de alrededor del 1% de la duración total de 1 ciclo de diente de sierra (1000 microsegundos). La señal de salida del modulador de anchura tiene el perfil de onda 18 indicado en la fig. 15. De la comparación de la fig. 14 con la 15 se desprende que el modulador de anchura efectúa asimismo una función de separación de polaridades, porque no se producen señales algunas en el modulador de anchura con la parte negativa de la traza de control (hablando con referencia a la parte negativa de la fig. 14), debido a la incapacidad de la señal mixta para alcanzar una amplitud de tensión igual o mayor que E. Se sobrentiende que tanto el circuito sumador 112 como el mezclador 114 incluyen un amplificador inversor, y por consiguiente la inversión que tiene lugar en el mezclador 114 no hace más que devolver a la componente de la traza de control su polaridad original, derivada de las señales primitivas extraídas de 110.

La señal de diente de sierra sirve, pues, para analizar o "tomar muestras" de las amplitudes de la traza de control. Como es evidente por la fig. 14, existe cierta asimetría en la toma de muestras, debido a la forma de frecuencia de diente de sierra. En lo que sigue, cuando se utilice el término "muestra" o "toma de muestras", se hace referencia al método de hacer que un circuito cambie de estado aplicándole un perfil de onda compuesto, constituido por varios perfiles de onda ninguno de los cuales es

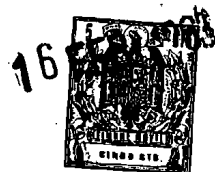


capaz de producir por sí mismo un cambio de estado estable.

Cada serie de impulsos respectiva (perfil de onda 118) se aplica a continuación a una etapa de potencia 120, denominada excitadora en lo que sigue. Una de las principales razones para poner los excitadores 120 y 120' es la de dar potencia suficiente para que los trenes de ondas 121 y 121', respectivamente, que en ellos se forman, puedan ser aplicados a una pluralidad de canales individuales, y de ese modo ser comparados, esto es, multiplicados por las trazas sísmicas individuales sobre las que se opera en cada canal individual. Además, es de notar que las señales de salida 121, 121' procedentes del excitador (como también del modulador de anchura) tienen diversas separaciones W , cada una de las cuales representa una amplitud de la traza de control producida en los medios sumadores 112. La razón de que se prevean dos canales para producir estos impulsos separados en el tiempo es la de que, de ese modo, pueden multiplicarse por ellos señales de polaridades distintas.

Este equipo común del sistema de multiplicación de coherencia proporciona una traza de control que es comparada por multiplicación con cada traza individual de datos sísmicos, en un circuito individual sucesivo. A continuación se describe uno de estos circuitos sucesivos. Se sobrentiende que hay dispuestos varios de estos circuitos individuales y que todos ellos, de preferencia, están constituidos de la misma manera.

Con referencia todavía a la fig. 11, de la memoria 110 se retira una señal representativa de una traza de datos sísmicos de calidad inferior, y esta señal se aplica a unos medios 122 para separar esta traza en sus compo-



5 nentes de polaridad positiva y negativa. A partir de este punto se prevé para las componentes de cada polaridad un canal independiente. Estas componentes se aplican a continuación a un amplificador inversor y un circuito fijador o de nivel mínimo en combinación 124 y 124' (que representan a cada canal respectivamente). Los circuitos fijadores operan dejando pasar solamente aquellas señales que poseen o exceden de una determinada amplitud. Las señales que así se dejan pasar son aplicadas a unos circuitos multiplicadores 10 126 y 126', donde son multiplicadas por las señales 121 o 121' separadas en el tiempo, según el caso. Las señales de salida procedentes de los multiplicadores se aplican a continuación a unos cuartos medios sumadores 128.

15 La señal de salida procedente de los medios sumadores tiene el aspecto general de la señal 129. Como se indica en el dibujo, tiene forma de línea interrumpida, y las componentes positiva y negativa tienen unas discontinuidades 130 en el punto de unión. En algunos casos (por ejemplo, cuando 130 es pequeña) la señal 129 puede comprender una forma utilizable de señal de salida. Ahora bien, generalmente se desea formar una señal continua de la que, a ser posible, hayan desaparecido las discontinuidades 130. A tal fin, se prevé un filtro 132. La señal de salida del filtro 132 tiene la forma general indicada en 133, en la que se ven claramente los sucesos sísmicos 134 y unos segmentos 135 que representan aquellas áreas de las cuales se ha eliminado el ruido. El filtro 132 puede ser un filtro activo RC de paso de banda, o un filtro pasivo RLC de un tipo general ya conocido en la rama electrónica.

30 Por la descripción que antecede puede verse fácil-



mente que, conforme a esta invención, se habilita un procedimiento y aparato nuevos en su género, para identificar información en una pluralidad de señales y particularmente adaptados para aumentar el valor de las señales sísmicas de poca relación señal/ruido. Si bien la invención se ha descrito en conjunto con una forma de realización actualmente preferida, es obvio que no queda limitada a ésta.

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América el 27 de Noviembre de 1961, bajo el Nº 155113, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

N O T A

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

20 1º. - Un procedimiento para producir registros sísmicos mejorados que tienen una mayor aptitud para la lectura de las señales sísmicas obtenidas de un número de sismógrafos efectuando la debida alineación en el tiempo de las señales, caracterizado por las operaciones de alinear dicha pluralidad de señales sísmicas para una pluralidad de valores de ángulo de inclinación, sumar las señales alineadas que corresponden a cada uno de dichos valores del ángulo de inclinación para formar señales compuestas, comparar las señales alineadas individuales que



corresponden a cada uno de dichos valores del ángulo de inmersión con la respectiva señal compuesta y producir una señal de salida siempre que una señal alineada individual esté en fase con la respectiva señal compuesta, sumar las señales de salida que corresponden a cada uno de dichos valores de ángulo de inclinación para formar señales de correlación, y comparar dichas señales de correlación para determinar de este modo el valor apropiado del ángulo de inclinación.

29. - Un procedimiento según el punto 1, en el cual la alineación de dicha pluralidad de señales sísmicas para una pluralidad de valores de ángulo de inclinación se caracteriza por las operaciones de almacenar cada una de dicha pluralidad de señales sísmicas en una, respectiva, de una pluralidad de cintas magnéticas; hacer pasar dichas cintas magnéticas a través de una zona de transcripción para producir una pluralidad de señales transcritas respondiendo cada una de dichas señales transcritas a la señal acumulada en una respectiva de dichas cintas magnéticas y a la velocidad de movimiento de dicha respectiva de dichas cintas magnéticas a través de dicha zona de transcripción; variar la velocidad de movimiento de cada una de dichas cintas magnéticas a través de dicha zona de transcripción en función del tiempo, de un ángulo de inclinación predeterminado y de la relación de la distancia entre el punto de disparo y la estación sismométrica en la cual fué detectada la respectiva señal sísmica a la velocidad media de la onda sísmica.

30. - Un procedimiento según los puntos 1 ó 2, caracterizado por las operaciones adicionales de sumar las



señales sísmicas que corresponden al valor apropiado del ángulo de inclinación para formar una primera señal; generar una señal de dientes de sierra; sumar la primera señal citada y dicha señal de dientes de sierra para formar una
5 segunda señal; sumar dicha señal de dientes de sierra y el recíproco de dicha primera señal para formar una tercera señal; generar un impulso de amplitud uniforme cuando dicha segunda señal excede de un primer valor predeterminado para formar una cuarta señal; generar un impulso
10 de amplitud uniforme cuando dicha tercera señal excede de un segundo valor predeterminado para formar una quinta señal; dividir una señal individual de dichas señales transcritas de dicha zona de transcripción que corresponde a dicho valor apropiado de dicho ángulo de inclinación en componentes
15 positivos y negativos; multiplicar dicha cuarta señal por dichos componentes positivos para formar una sexta señal; multiplicar dicha quinta señal por dichos componentes negativos para formar una séptima señal y sumar dichas señales sexta y séptima.

20 42. - Un procedimiento para producir registros sísmicos mejorados.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

25 Esta Memoria consta de treinta y dos hojas escritas

282534



a máquina por una sola cara.

Madrid,

16 FEB. 1963

P. A.

Alberto de Elzaburu
Caj. 8000

282534

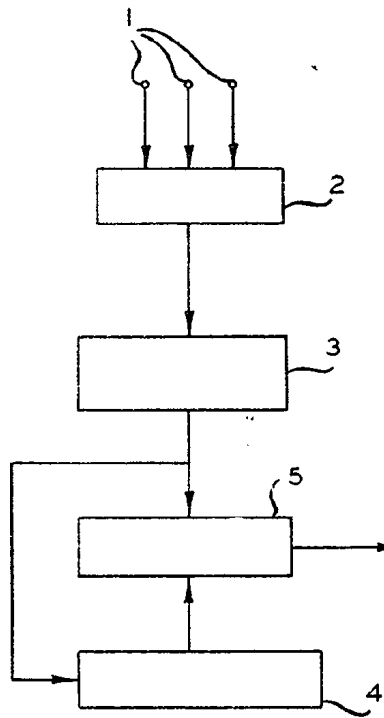


FIG. 1

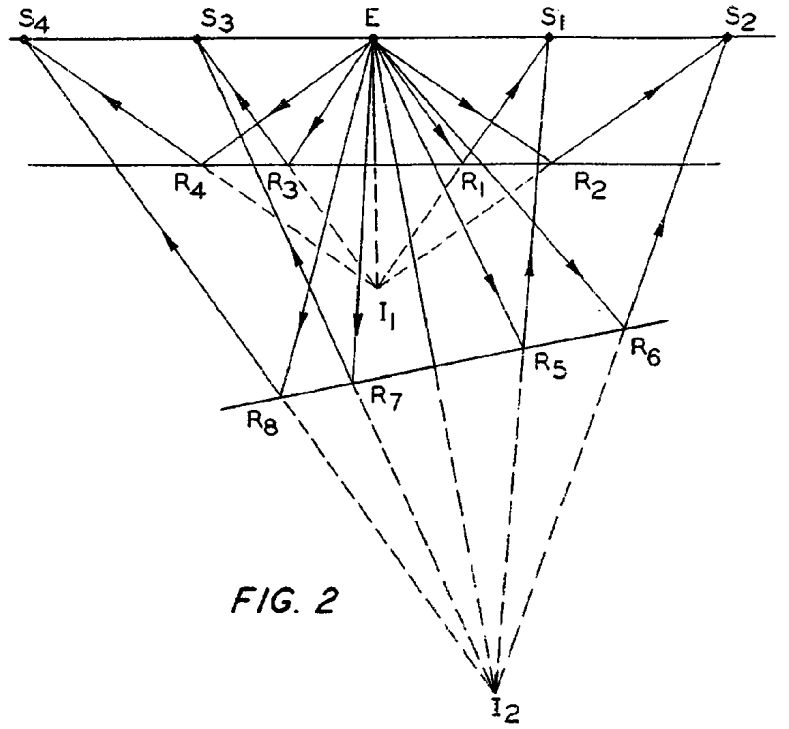
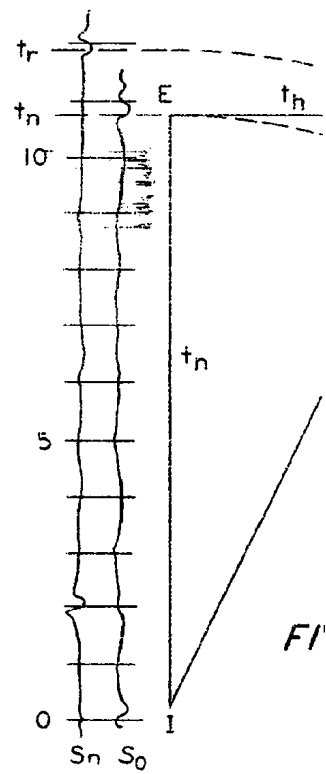


FIG. 2



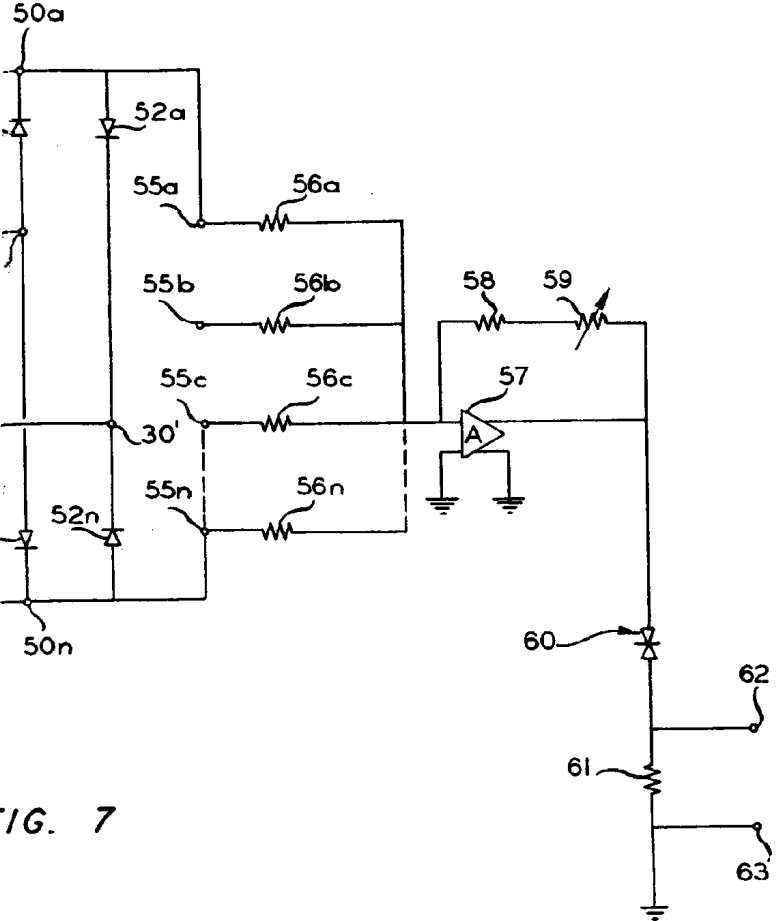


FIG. 7

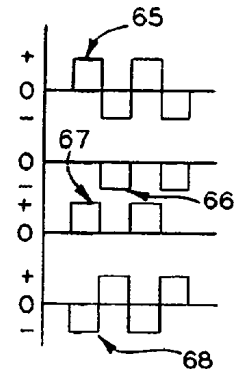


FIG. 8

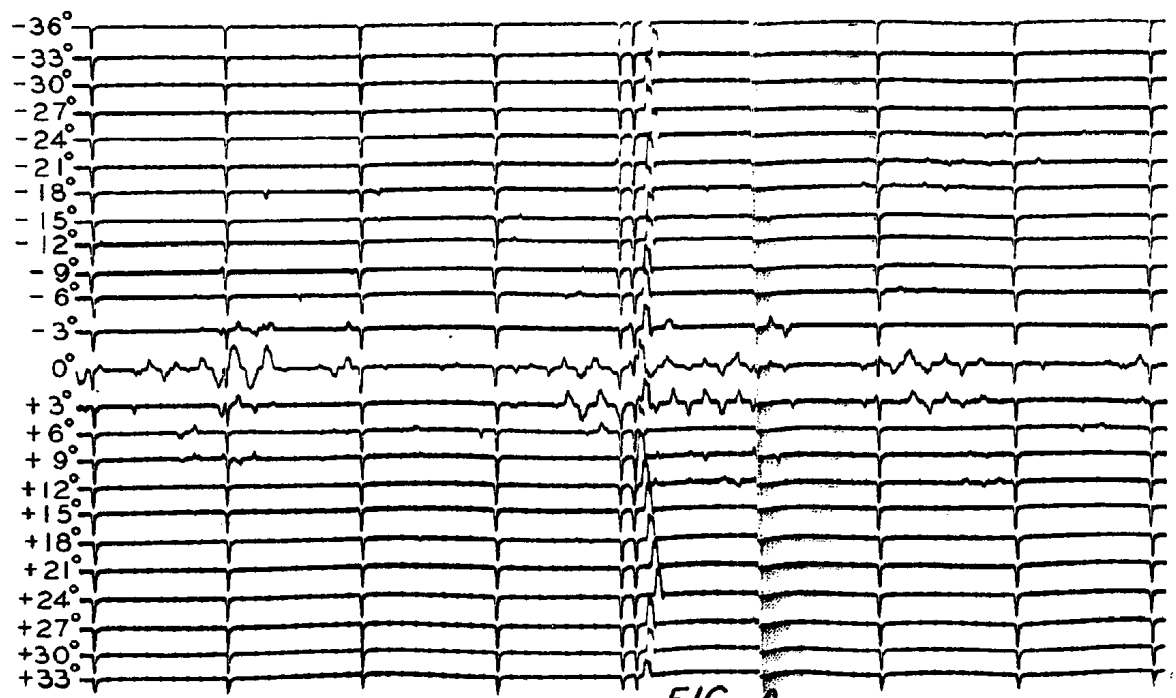


FIG. 9

Handwritten notes and scribbles at the bottom right of the page.

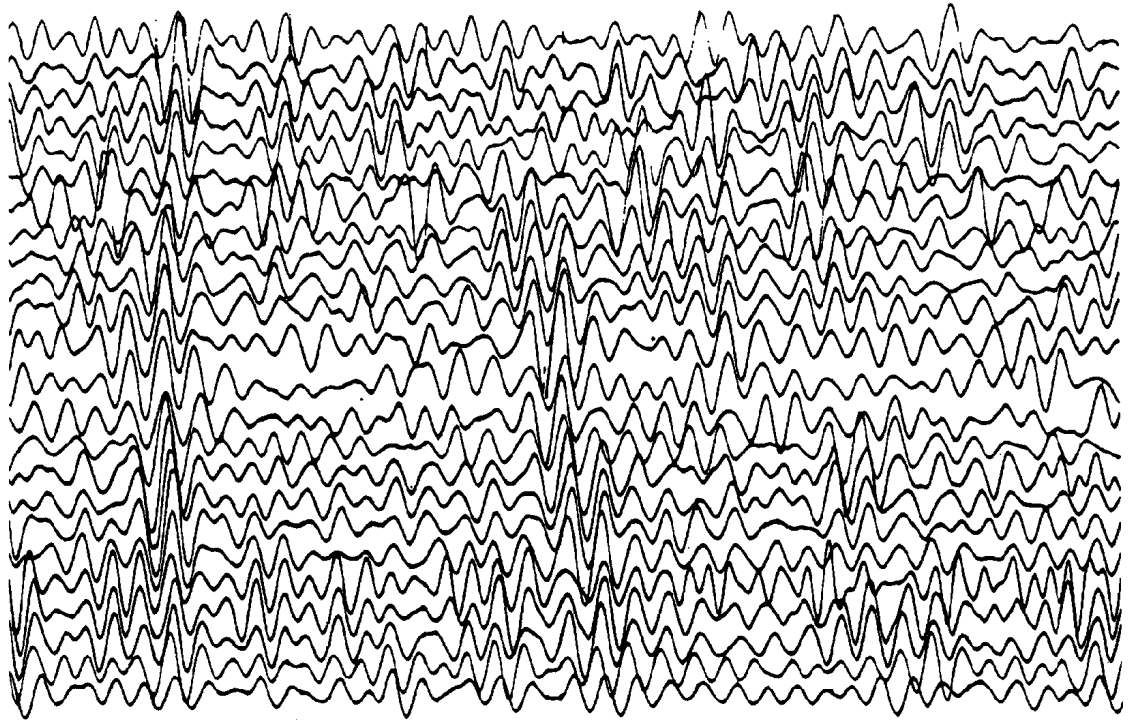
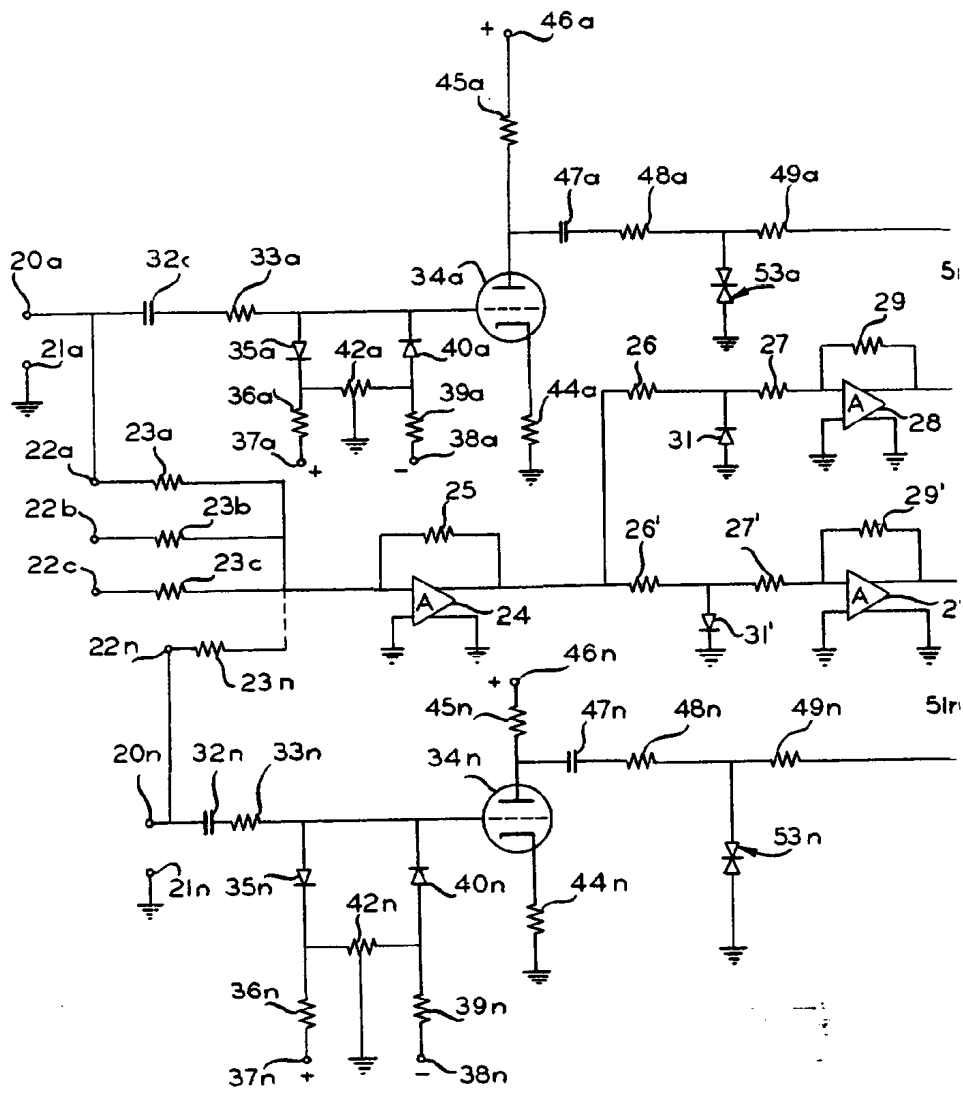


FIG. 9