



251493

Los hidrocarburos y la porosidad y tamaño de los poros de las formaciones, y la permeabilidad y capacidad de mojadura o humectación de las formaciones.

Este invento, mas especialmente, se refiere a aparatos de reconocimiento de pozos o perforaciones por medio del magnetismo nuclear, que permiten la observación de señales de magnetismo nuclear de corta duración, y la obtención de curvas de relajación magnética nuclear, para formaciones que contienen fluidos.

Los objetos de este invento son proporcionar métodos y medios para utilizar mediciones de procedimientos de relajación magnética nuclear en uno o mas campos magnéticos, para: (1) el descubrimiento directo de petróleo en una formación petrolífera atravesada por un pozo o perforación; (2) la medición de la viscosidad de un petróleo, mientras se encuentra todavía en la formación petrolífera; (3) el descubrimiento de petróleo en escasa cantidad, en una formación petrolífera y que se presente en forma de gotas rodeadas por agua y de gotas en contacto con la roca; (4) la determinación de las cantidades relativa y total de petróleo y agua presentes en una formación atravesada por una perforación; (5) la determinación de la distribución y tamaño de los poros en una formación térrea porosa atravesada por una perforación; (6) la determinación del volumen total de poros y del volumen específico total de dicha formación térrea; (7) la determinación de la permeabilidad de dicha formación térrea; (8) la determinación de la capacidad de mojadura o de las propiedades de humectación de la mencionada formación térrea; (9) la determinación de la cantidad de minerales arcillosos en la formación porosa que contiene fluido; (10) la



251493

determinación de los perfiles en la permeabilidad de las
 formaciones, por métodos anteriores que penetran en las for-
 maciones porosa, durante la perforación; (11) La determi-
 nación de la cantidad de invasión, por filtración de fluido
 5 de perforación en una formación porosa; (12) La determina-
 ción de la cantidad de material adsorbido en formaciones
 que contengan fluido; (13) La determinación de la presencia
 de microfisuras en una formación, con estudio de obstruc-
 ciones de filtración, principalmente del fluido de filtración
 10 de permeación, por estudio de superficies de filtración
 infladas por los microfisuras.

Otro objeto de este invento es proporcionar un me-
 dio para obtener un circuito de detección en aparatos de sig-
 nalización nuclear para el reconocimiento de pozos o perforacio-
 nes, sin necesidad interferencia de los parámetros eléctricos
 15 indicadores de la señal al pasar de las condiciones de pola-
 rización a las de recepción.

Los técnicos de la industria en las explotaciones
 petrolíferas, utilizan o han tratado de utilizar casi todas
 20 las propiedades físicas o químicas imaginables de las forma-
 ciones del subsuelo, excepto las de medida en la permea-
 ción.

En las perforaciones eléctricas realizadas en la per-
 foración, generalmente información indirecta sobre el petró-
 leo y el agua de las formaciones subterráneas. La radioacti-
 25 vidad y las propiedades acústicas, proporcionan información
 indirecta, pero los resultados son a menudo indeterminados. In-
 cluye los métodos de filtración o permeación y del estudio en
 este campo, se aplican a las mediciones eléctricas, y a veces
 30 se no se logra una interpretación completa y prolongada



104

1493

para la determinación de las indicaciones convencionales.

El reconocimiento de puros potabilizados por medio
de métodos de polarización nuclear de hidrógeno en petró-
leo y agua, es objetivo en alto grado, tanto que proporciona
5 una indicación única que, solo y directamente, nos nos por de-
terminación de otras determinaciones y propiedades de las propie-
dades, en función de los cambios microscópicos de la deter-
minación.

Los núcleos y sus núcleos están sometidos al mo-
vimiento térmico, que tiene un efecto perturbador, tendiendo
a dejar todas las orientaciones angulares orientadas en cualquier
dirección, como en cualquier otro. Sin embargo, si se aplica
un campo magnético, la fuerza sobre los núcleos magnéticos
tiende a alinear los ejes en una dirección común. Las fluctua-
15 ciones de perturbación y alineación compiten entre sí con el
resultado de que se orientan algunas moléculas angulares, en
número superior, paralelamente al campo, con respecto a las
que se orientan en otras direcciones. Esto proporciona una
magnetización o polarización neta, que es directamente pro-
20 porcional a la intensidad del campo magnético aplicado (in-
fluencia de alineación) e inversamente proporcional a la tem-
peratura absoluta (influencia perturbadora).

Cuando el campo magnético en, o la temperatura de,
una muestra se cambia, el nuevo valor de equilibrio de polari-
25 zación no se establece inmediatamente, sino que requiere
un período de tiempo que depende de la naturaleza del mate-
rial que contiene hidrógeno. El proceso de aproximación al
valor de equilibrio de polarización, se denomina relajación.
Dado que la polarización es una cantidad vectorial, los com-
ponentes paralelos y perpendiculares al campo magnético han
30



251493

de considerarse separadamente. La relajación de los componen-
tes paralelos al campo se denominan relajación térmica, o re-
lajación longitudinal, y la relajación de la componente per-
pendicular, recibe el nombre de relajación transversal. Dado
5 que la energía potencial de un electro-íman en un campo mag-
nético uniforme depende del ángulo que aquél forma con éste,
un cambio en la componente de polarización paralela al campo
magnético, implica un cambio de energía entre el sistema de
giros e momentos angulares, y el movimiento térmico de las
10 moléculas, que lleva a la denominación de relajación térmica
para la relajación de esta componente. Para los fluidos in-
termedios en el reconocimiento de perforaciones, los tiem-
pos de relajación son de pocas centésimas de segundo, a unas
segundos.

15 La polarización transversal, o componente perpen-
dicular al campo magnético aplicado, está sometida a la fuer-
za ejercida sobre ella por el campo terrestre, que trata de
hacerla girar para convertirla en paralela al campo terrestre.
Al mismo tiempo, el efecto giroscópico de los momentos angu-
20 lares, se opone a este giro directo, dando en cambio un mo-
vimiento de precesión análogo al de un trompo en giro, que
forma un ángulo con el suelo y sometido a una fuerza o par
de gravedad. El grado de precesión de los giros, es propor-
cional a la intensidad del campo que los produce. El campo
25 magnético cambiante producido por los objetos magnéticos en
rotación, produce luego una tensión alterna en una bobina
de alambre adecuadamente colocada. En especial, en el reco-
nocimiento magnético nuclear, es posible establecer compo-
nentes apreciables de polarización perpendiculares al campo
30 magnético terrestre, permitir que esta polarización esté en



25 493

precesión causada a la influencia del campo terrestre, y recibir una de las energías y sinusoidal de la polarización de precesión.

5 En la figura 1 se representa esquemáticamente un aparato y un equipo básicos y útiles para realizar el reconocimiento por magnetismo nuclear. La figura 2 representa formas básicas de circuito utilizadas para obtener datos de relajación en el caso de campos elevados, la figura 3 representa formas de circuitos similares a la figura 2, para obtener datos de relajación de campos reducidos. La figura 4 representa una señal típica obtenida en un osciloscopio con aparatos del tipo representado en la figura 1. Las figuras 5 a 8 representan curvas de relajación típicas para distintos estados límites y estados.

10

15 El circuito básico del aparato de magnetismo nuclear a que este invento se refiere, se representa esquemáticamente en la figura 1. Entre los interruptores representados 5, 7, 9, 11, 13, 20, 25, 37 y 41 son relevadores electricamente accionados. Los circuitos de sincronización que los regulan, no se representan dado que la construcción de circuitos de sincronización adecuados es una cuestión habitual para los peritos en la técnica electrónica. Algunos detalles del aparato se han omitido para mayor sencillez, cuando no se juzgan necesarios para el funcionamiento adecuado del circuito. Por ejemplo, los detalles de estos circuitos solo permiten el uso mas económico de los generadores de energía, empobreciendo representados en forma de baterías 1 ó 2, o las que proporcionan la alimentación conveniente del transistador.

20

25

30 Con referencia a la figura 1 la señal de inducción



251493

ta 93, llamada bobina polarizadora, produce variaciones magnéticas periódicas (además de un campo constante, tal como el campo terrestre) en la dirección que se investiga. Pasa-
 5 do tal como se ilustra, la bobina 93 actúa como captadora o bobina receptora de señales en la que se induce una señal eléctrica debido a la polarización por precesión magnética nuclear en la muestra. En el aparato de este invento, el cam-
 po magnético en el que produce la polarización magnética nuclear, es el campo terrestre.

La forma de la bobina 93 depende de la aplicación que ha de darse al aparato. A pesar de una eficiencia ligeramente inferior, se ha visto la conveniencia de emplear una bobina alargada de la forma general que se representa. Con bobinas de esta forma, es posible realizar mediciones de ampli-
 15 tudes de señal y curvas de relajación, en el reconocimiento de una dirección terrestre irreversible por una perturbación.

En la figura 1 puede verse que existen prácticamente dos circuitos separados. A, la izquierda del punto 29, está el circuito que controla el campo que produce la polariza-
 20 ción. A la derecha del punto 29 se encuentra el circuito de detección de señales.

En las figuras 2 y 3 se representan cualitativa-mente distintos casos en que es conveniente controlar el campo de polarización como función del tiempo para explicar el méto-
 25 do a que este invento se refiere. Las abscisas H_{\perp} , H_{\parallel} , representan intensidades de campo; la distancia horizontal representa tiempos medidos en H_{\perp} , H_{\parallel} , etcétera. En cada parte de la figura 2 se indica un tiempo $\tau = 0$. Este es el tiempo en que empieza la precesión para medir la polarización. Los valores de H_{\perp} mayores que cero, representan tiempo transcurri-



do desde la detección y preservación de señales individuales, debidas a procedimientos previos de polarización.

A continuación se describe el funcionamiento del circuito de la figura 1, para producir las formas de corriente i , por tanto, el campo, en la región de la bobina de polarización, como se indica en las figuras 2 y 3.

Figura 2: Suponiendo con todos los relevadores abiertos, excepto el 5, el resistor, 4, en serie con el relevador 5 se ajusta de tal modo que la corriente a través de la bobina 33 corresponde a la intensidad de campo deseada H_p . En este caso, existe también el campo de relajación H_r en el que ha de determinarse el curso de la relajación. Inmediatamente se cierra el relevador 9 al principio del intervalo de tiempo T_p y se abre al terminar este intervalo. Así, en la figura 2a, el tiempo T_p es también el tiempo t utilizado en la curva de relajación.

En la figura 2a, la línea continua representa el campo y la corriente de polarización como función del tiempo t . La curva de trazos representa la constitución de la polarización H_p con el tiempo, y la curva de puntos muestra de que modo continuaría desarrollándose la polarización si el campo polarizante se dejara actuar, o sea, T_p fuera muy superior o de mayor duración.

En la figura 2b, la curva continua representa la amplitud de señal $V(T_p)$ como función del tiempo. La curva de puntos muestra el voltaje de la señal extrapolada, o la señal tal como sería para $\tau = 0$, si no hubiera retardo después de cesar la precesión, antes de poderse observar la señal.

Figura 3a: El resistor 4 se ajusta para corres-



251402

poner al campo H_p descendente, y el resistor 15 se dispone para
 correspondiente al campo descendente H_p , y todos los relevadores
 excepto el 5 están abiertos. Al empezar T_p el contacto 9
 se cierra, lo mismo que el contacto 11, poco después. Al
 5 terminar T_p se abre 9 y al terminar T_d se abre 11. En es-
 te caso bien el campo H_p o bien el campo H_d puede ser el
 campo de relajación, y los tiempos correspondientes T_p y T_d
 pueden corresponder al tiempo t de la curva de relajación
 que varía para observaciones repetidas de la señal, con ob-
 10 jeto de determinar distintos puntos en la curva de relajación
 para el medio poroso sometido a observación.

En la figura 3a, la curva continua representa el
 campo de polarización, H_p y H_d , y la corriente como función
 del tiempo t . La curva de trazos muestra el desarrollo y
 15 el decaimiento de la polarización P , en función del ti-
 empo. La curva de puntos muestra de qué modo continuaría la
 polarización decaer si el campo inferior se dejara
 actuar durante un T_p prolongado.

La figura 3b es análoga a la figura 2b, dado que
 20 la curva continua es la amplitud de señal $V(H_p)$, y la curva
 de puntos es una extrapolación de esta señal para $\tau = 0$.

Resulta fácilmente evidente, de los ejemplos espe-
 cíficos anteriores, el modo de obtener otras sucesiones con-
 venticas de cargas para medir las curvas de relajación.

25 El generador de tensión 3 ha de ser simultánea-
 mente fuente para producir un campo súbito (en el sentido
 anterior) de campo magnético, cuando el campo de polariza-
 ción (campo producido por la bobina polarizante 33) es ca-
 si nulo. El generador de voltaje 1 ha de ser ajustable por
 30 gradaciones mínimas, desde casi cero hasta el límite de la



tensión del generador 3. Es conveniente emplear un voltaje tan elevado como sea posible limitando la corriente a través de 1 ó 3 a valores deseados, por medio de resistores 4 y 19 con objeto de hacer que el campo de polarización aumente lo más rápidamente posible. Los interruptores 4, 7, 9, 11, 13 y 22 son interruptores aislados por vacío, en el aparato de este invento, aunque se han utilizado satisfactoriamente otros modelos para alguno de aquellos. El resistor 23 es un resistor no-lineal, tal como "thyrite", que limita los voltajes desarrollados a través de la bobina 33, cuando están abiertos varios interruptores. No entorpece la reducción "repentina" de la corriente de polarización en el sentido de repentina antes empleado. Los valores adecuados para los componentes del circuito de la figura 1, son los siguientes:

generador variable 1, de 0 á 500 voltios de corriente continua; generador 3, 500 voltios de corriente continua y generador 24, 1 voltio. Resistor 21, 5 ohmios, resistor thyrite 23 á 600 voltios y 55 amperios. Bobina de polarización 33, 1 ohmio y 99 milihenrios; bobina de captación 35, 12 ohmios y 0,13 henrios. Resistor 39, 6,8K; resistor 45, 100 ohmios; condensador 43, ajustable como se precise para sintonizar la bobina 33 a la frecuencia de precesión nuclear. El amplificador 47 tiene una baja cifra de ruido y una elevada impedancia de entrada, con una ganancia de 10^4 aproximadamente.

En el montaje especial de este invento, es conveniente desconectar el condensador de sintonización 43 de la bobina 33, durante un corto período de tiempo que termine pocos milisegundos después de $\tau = 0$. Esto impide que se produzcan corrientes eléctricas parásitas por cambios en los campos producidos por la bobina 33 durante la polarización,



251493

y produzcan otros campos que se opondrían a la eliminación "repentina" necesaria de los campos de polarización. El relevador 37 se utiliza para abrir este circuito en paralelo entre el condensador 43 y la bobina 33. Mientras se desconecta el condensador 43 de sintonización, se conecta la bobina 33 por el relevador 37 a un resistor 39 de amortiguación que absorbe gran parte de la energía restante en la bobina 33 para $\tau = 0$. Desde el momento de la primera aplicación de un campo de polarización hasta algunos milisegundos después de $\tau = 0$, los relevadores 37 y 41 se mantienen en sus posiciones de excitación. La figura 1 representa estos relevadores en sus posiciones desexcitadas.

La señal medida es de la forma representada en la figura 4. No se observa señal alguna hasta el tiempo $\tau = \tau_d$. La señal ha de desarrollarse a continuación en el circuito resonante que comprende la bobina captadora y el condensador de sintonización, antes de poderse observar el voltaje completo de señal. Para obtener una curva de relajación, la señal se observa varias veces para distintos valores del tiempo t para los que la muestra se mantiene en el campo de relajación H_r . Para cada observación de la señal, la amplitud de la misma se mide en un tiempo τ_s después del tiempo $\tau = 0$. Es importante que los tiempos τ_d y τ_s se mantengan constantes.

En general las mediciones de este invento se realizan poniendo de manifiesto la señal, como se indica en la figura 4, en la cara de un osciloscopio 48 de rayos catódicos y fotografiándola con una cámara 50. Las fotografías se miden luego cuidadosamente. Existen otros varios medios para obtener los datos deseados de la salida del

251493



amplificador 47, sin emplear el osciloscopio 48. Por ejemplo, la señal rectificada puede integrarse con respecto a algún intervalo de tiempo, desde τ_s a $\tau_s + \Delta \tau$. La salida del circuito integrador puede leerse luego en un aparato de medida, o con preferencia, la salida se imprime directamente por un voltímetro registrador digital. También es posible, empleando circuitos computadores, restar las señales correspondientes a $t = \infty$ y dividir por la señal para $t = 0$ menos la señal para $t = \infty$ con objeto de obtener directamente curvas de relajación como salida del circuito detector. Esta salida puede convertirse también para su exhibición o presentación como logaritmo de la curva de relajación representado como función del tiempo t durante el cual se aplica el campo de relajación H_r . Como se verá más adelante, resulta a menudo conveniente representar las curvas de relajación en papel de escala semilogarítmica, o dibujar el logaritmo de la curva de relajación con respecto a t .

La señal tiene varias características que pueden observarse e interpretarse. Son estas, la amplitud de la señal, las características de desvanecimiento de la señal y la dependencia de la amplitud de la señal con respecto al tiempo de polarización o a la sucesión de los campos de polarización o de despolarización.

La señal inducida en el momento de empezar la precesión, es directamente proporcional al número total de átomos de hidrógeno por unidad de volumen de roca, en el agua el petróleo y el gas en la formación, bajo la influencia del campo de polarización. Sin embargo, la transición desde la eliminación del campo de polarización a la recepción de señales, precisa una cantidad finita de tiempo, y no es



1953

2014

5 posible observar la señal separada de los parásitos de co-
nexión, hasta de 15 á 40 milisegundos después de ompezar
la precesión, según el equipo. El grado de desvanecimiento
de la señal, depende de las propiedades de la formación y
del fluido, variando desde demasiado corto para permitir
la observación de la señal (o sea inferior a unos 10 mi-
liseconds) a varias décimas de segundo. Para obtener un
logarítmo del fluido sensible (proporcionador de señales),
la señal exponencialmente desvaneciente se extrapola para
10 el tiempo de iniciación de la precesión, con obojeto de
compensar los distintos grados o ritmos variables de des-
vanecimiento de la señal.

El grado o ritmo de desvanecimiento de la señal,
se determina por características del fluido, por la natura-
15 leza de las superficies sólidas en contacto con el fluido,
y por el contenido del mineral ferromagnético de la forma-
ción. Los efectos de la superficie y del fluido, se discu-
tirán separadamente en relación con la interpretación del
reconocimiento por magnetismo nuclear. El efecto de los mi-
nerales magnéticos, puede entorpecer la observación de la
20 señal, pero mientras las señales puedan observarse, propor-
ciona una información útil sobre éstos minerales como sub-
producto de las mediciones principales. El mineral magné-
tico más enérgico, es la magnetita $Fe_3 O_4$. Si esta se halla
25 presente en gránulos muy pequeños expuestos al fluido, y
es la causa principal del desvanecimiento de las señales,
pueden calcularse los tiempos de desvanecimiento. Si los
gránulos están completamente magnetizados, T_2 es el tiem-
po en segundos para que la señal se desvanezca por un fac-
30 tor de $e = 2.718$, o sea



$$1/T_2 = 1.4 M$$

en la que M es la concentración de magnetita en microgramos por centímetro cúbico. Esta expresión ha sido confirmada por mediciones de laboratorio. así, alrededor de 65 μ g/cc de magnetita serían bastantes para impedir la observación de las señales con este equipo. Afortunadamente, la mayor parte de las formaciones interesantes, no tienen esta elevada proporción de magnetita. Además, la presencia de la magnetita no lleva a resultados ambiguos, dado que o destruye la señal completamente, o no altera la amplitud de la señal de reconocimiento por magnetismo nuclear.

Pueden obtenerse ventajas de la distorsión del campo magnético debidas a materiales magnéticos, para impedir la observación de señales procedentes del barro de perforación que contiene gran cantidad de fluido hidrogenado, muy próximo a la bobina de recepción de señales. 65 μ g/cc o 25 libras por 1.000 barriles de barro, de magnetita pulverizada, dispersada en el barro de perforación, impediría la observación de las señales del barro. En la práctica se comprueba corrientemente que en el barro se dispersa la cantidad adecuada de polvo de acero procedente del desgaste del cable de la barrena, del collar y de las puntas de perforación, para impedir que éste dé una señal de reconocimiento por magnetismo nuclear.

Además de la amplitud de la señal y del desvanecimiento de la misma, pueden obtenerse también en el reconocimiento por magnetismo nuclear, datos referentes a la relajación térmica. La relajación del componente no procesional de polarización, en algunos casos, depende del campo magnético impuesto, siendo corrientemente mas



431492

prolongados los tiempos de relajación, si llegan a ser distintos, para campos mas elevados. Así pues, deben tomarse datos para diferentes intensidades de campo, en algunos casos, como se explica a continuación en relación con las figuras 2 y 3. Cuando se precisan datos de relajación para campos elevados, se registran amplitudes de señal para una serie de tiempos de polarización distintos. Si la formación es suficientemente uniforme y contiene un fluido solamente, la relajación es probable que sea sencillamente exponencial, o sea, la polarización no-equilibrada, desaparece exponencialmente. La figura 2, como antes se indica, representa el desarrollo y el desvanecimiento de la polarización. Si el retardo en observar la señal, después de iniciarse la precesión es pequeño comparado con los tiempos de relajación

5

10

15

20

de equilibrio $P(\infty)$ como se presenta por la curva de trazos de la figura 2a. La cantidad $P(\infty) - P(T_p)$, normalizada para la unidad $a = 0$, se representa corrientemente manualmente o automáticamente en papel semilogarítmico para indicar la naturaleza de la relajación. Esta cantidad

25

$$\frac{P(\infty) - P(T_p)}{P(\infty) - P(0)} = \frac{V(\infty) - V(T_p)}{V(\infty) - V(0)} = \alpha(T_p)$$

es una línea recta para la relajación exponencial.

Si se necesitan datos de relajación en el caso de campos más débiles, se emplea el método indicado en la figura 3. Se desarrolla la polarización máxima posible,

30

251407



aplicando un campo enérgico durante un período de tiempo
 adecuado, y se mantiene constante para un número de obser-
 vaciones de señales. A continuación, el campo se reduce a
 un valor inferior pero todavía suficiente para impedir que
 5 la polarización llegue a la precesión, o sea, todavía supe-
 rior al campo terrestre. Durante este período de tiempo,
 T_L , la polarización decrece hacia el valor en que estaría
 en equilibrio por el campo débil acusado. La curva de re-
 relajación es esencialmente la misma cantidad mencionada pa-
 10 ra el método de la figura 2, excepto que en este caso $V(\infty)$
 es menor que $V(T_L)$ y puede incluso ser suficientemente pe-
 queña para despreciarse. La cantidad

$$\frac{P(T_L) - P(\infty)}{P(0) - P(\infty)} = \frac{V(T_L) - V(\infty)}{V(0) - V(\infty)} = \alpha(T_L)$$

se representa también en papel semilogarítmico, y si la re-
 relajación es sencillamente exponencial, la gráfica es una
 línea recta.

Resulta evidente de los dos medios anteriores de
 20 manejar el campo de polarización que existen otras varias
 sucesiones de campo, sugeridas por los ejemplos citados,
 para obtener curvas de relajación térmica.

El problema central en la interpretación NMR, re-
 conocimiento por magnetismo nuclear, es encontrar cuales
 25 son los factores que ejercen influencia en la precesión
 de los protones. Algunos factores dan lugar al rápido des-
 vanecimiento de la señal, y algunos influyen también en la
 relajación térmica. Para fluidos de baja viscosidad en ma-
 sa, los tiempos de relajación térmica y transversal son co-
 rrientemente los mismos en campos homogéneos. La relajación
 30



18 A.C. 1958

técnica T_1 depende a la vez de la movilidad de los protones y de los orígenes de campos magnéticos localizados. Para la relajación técnica existe la precisión de que se cambie energía entre el sistema de giro o momento angular y el movimiento molecular, con el resultado de que la relajación técnica se hace muy lenta no solo para una movilidad muy elevada, sino también para una movilidad muy baja. En líquidos sencillos y homólogos los tiempos de relajación dependen " grosso modo" de la viscosidad, siendo más cortos para viscosidades elevadas, excepto cuando la viscosidad se aproxima a valores grandes. Los tiempos se reducen también por los materiales paramagnéticos disueltos, y por materiales paramagnéticos y ferromagnéticos en las superficies de las rocas que constituyen el depósito.

En la formación y en los fluidos se producen campos magnéticos extremadamente localizados por los verdaderos núcleos de hidrógeno, así como por distintos materiales de las superficies de las rocas porosas. Si estos campos son suficientemente efectivos alterarán rápidamente las relaciones entre los protones productores de señales. O sea, T_1 y el tiempo de desvanecimiento T_2 de la señal, pueden ser muy cortos. El efecto de estos campos magnéticos, depende del tiempo durante el cual puedan actuar los campos de alteración distintos. En un fluido de baja viscosidad, el campo de un núcleo que actúa sobre otro, o de una sección de superficie paramagnética que actúe sobre un núcleo, influye solo durante un tiempo muy corto antes de que el núcleo cambie su posición y, por lo tanto, cambie los campos. Si estos cambios de posición se realizan muy rápidamente, el efecto de un instante puede oponerse al efecto del instante



siguiente.

Si un protón se encuentra cerca de una superficie, existe una probabilidad apreciable de que durante la longitud del tiempo que la precesión se observa corrientemente, el protón pase una pequeña cantidad de tiempo bastante cerca de la superficie para estar parcialmente influido momentáneamente, de tal modo que cualesquiera campos magnéticos presentes, puedan actuar durante tiempos suficientemente largos (por ejemplo microsegundos en lugar de micro-microsegundos) para romper las relaciones de fase protónicas y por tanto alterar las señales de reconocimiento. Así, los protones no deben estar físicamente influidos de modo permanente por la superficie, para estar practicamente influidos por la movilidad reducida en las superficies, en cuanto se relaciona con sus giros o momentos angulares. Esto ocurre porque las superficies pueden acortar los tiempos de relajación haciendo que se desarrolle una región de una o más capas moleculares, de movilidad reducida o de viscosidad efectivamente aumentada, con una relajación local muy acelerada. Además, esta movilidad disminuida en la superficie puede afectar altamente la contribución de cualesquiera materiales paramagnéticos sobre las superficies en cuanto a la relajación térmica así como el grado de desvanecimiento de las señales. En condiciones de formaciones normales, la longitud de difusión del fluido.

$$\sqrt{D_0 T_1}$$

es comparable o mayor que los tamaños efectivos de los poros. Así pues, los efectos de superficie pueden observarse como una adición al grado de relajación del líquido a través de



2514

los poros.

El petróleo y el agua pueden existir a la vez en una formación. Corrientemente tienen tiempos distintos de relajación, dado que tanto el efecto de superficie sobre la fase de mojadura, como las diferencias en los tiempos de relajación del fluido en masa proporcionan una curva de relajación que no es una línea recta al representarse como antes se ha descrito. Mediante varios medios, puede distinguirse el petróleo del agua por MML. Las figuras 5 á 8 representan curvas típicas de relajación para varios fluidos. La figura 5 es la relajación de masas de agua libre de oxígeno a 36,6° C., que proporcionan un solo tiempo de relajación prolongado. La figura 6 representa una curva de relajación para un petróleo crudo en masa, que es una emulsión que contiene 30 % de agua. El petróleo y el agua se distinguen claramente, y se indican sus porcentajes relativos. Se han obtenido datos análogos para petróleo y agua en observaciones profundas.

La figura 7 indica el corto tiempo de relajación obtenido en sitios profundos, para agua y en una arena pastosa que contenga agua. La gran disminución en el tiempo de relajación comparado con el de la masa de agua, se debe a efectos superficiales.

La figura 8 es una curva de relajación obtenida en una operación de MML y distingue claramente el petróleo y el agua en una arena productora de petróleo.

El MML responde solamente a fluidos de la formación, suponiendo que el barro de perforación se trate de modo adecuado para impedir que proporcione una señal. Sin embargo, el reconocimiento no responde a todos los fluidos

2514



de la formación. El problema principal de interpretación para el reconocimiento de amplitudes de señal, es discernir lo que el fluido representa y lo que deja de representar.

5 En primer lugar, se ha demostrado ya que el fluido no se acusa si existe una concentración excesiva de minerales magnéticos. Este es un problema separado y definido. El aparato de reconocimiento, puede dotarse de un medio para indicar la magnetizabilidad de la formación, para poderse
10 se conocer cuando los fluidos no pueden observarse a causa de los minerales magnéticos (y ayudar quizá a interpretar los grados de desvanecimiento de las señales en casos de concentraciones inferiores de materiales magnéticos).

 El agua y el petróleo tienen aproximadamente el
15 mismo número de núcleos de hidrógeno por unidad de volumen, de tal modo que el reconocimiento del fluido sensible, puede calibrarse directamente en unidades de porosidad, y esta lectura, o cifra, en unidades de porosidad se denomina logaritmo del fluido libre.

20 La intensidad de señal se calcula partiendo de la forma y características eléctricas del sistema, de la intensidad del campo terrestre, de la potencia empleada y de las propiedades termodinámicas y geomagnéticas de los fluidos de formación. La expresión teórica para la intensidad de las señales, se verificó experimentalmente colocando el aparato en una perforación simulada de un depósito de fluido hidrogenado.

 Sin embargo, aún en formaciones porosas libres de concentraciones excesivas de minerales magnéticos, puede darse el caso de que no todo el fluido esté libre para
30



U. 1004

251493

dar una señal M.H. Por otra parte, el agua y/o el petróleo en formaciones muy limpias dan corrientemente señales correspondientes a la verdadera porosidad. Por otra parte, puede existir también fluido en esquistos o pizarras, y la señal M.H. es siempre mala en las pizarras. Parece existir una relación entre el fluido a que el M.H. responde, y el fluido libre para moverse a través de la formación, en algunas circunstancias.

En las pizarras, puede existir fluido en cantidad considerable y gran parte del mismo puede hallarse en libertad para moverse a distancias de muchos diámetros moleculares. Sin embargo, el fluido no es libre para moverse muy rápidamente a gran distancia; o sea, la permeabilidad es muy baja. Aunque el fluido no puede estar permanentemente limitado o retenido en sentido microscópico, las moléculas separadas tienen libre acceso a una gran cantidad de extensión superficial en la que sus giros o momentos angulares pueden confundirse.

El resultado es que los fluidos en las pizarras, no proporcionan señales M.H.

Existe una gran clase de formaciones porosas que son sucias en el sentido de contener algunas arcillas y otros materiales de grano muy fino. Hay que esperar en tal caso que el M.H. no acuse el fluido intimamente asociado con estas arcillas pero dé a conocer el fluido que se encuentra en los espacios de poros mayores. En la práctica se ha encontrado que en las arenas sucias, parte del fluido contribuye a la señal y parte deja de contribuir.

La relajación térmica depende a menudo de la intensidad del campo magnético. Esta dependencia del campo,

251493



5 puede ocurrir en el reconocimiento de perforaciones, aún cuando no suceda lo mismo para los fluidos de que se trate. Por ejemplo, el agua en contacto con rocas limpias carbonatadas, acusa un aumento de T_1 al aumentar el campo. El agua en arenas moderadamente limpias, presenta una dependencia muy pequeña en relación con el campo, pero el petróleo en contacto con las superficies de arena susceptibles de mojar-se por el mismo, muestra la dependencia con respecto al campo de la contribución de la superficie al grado de relajación del petróleo. Así, las características de susceptibilidad de mojadura de una combinación de formación y fluidos, pueden deducirse a menudo de la contribución de las superficies a la relajación térmica en el fluido, o de la dependencia del campo en cuanto a esta contribución.

15 En ciertos casos, la permeabilidad puede deducirse de los datos NML, de distintos modos. En rocas de relajación térmica es una medida de la extensión superficial NML conocido, el grado de relajación térmica es una medida de la extensión superficial que a su vez, puede relacionarse con la permeabilidad; una elevada extensión superficial indica una baja permeabilidad; Además, la cifra de reconocimiento del fluido libre, puede compararse con porosidades obtenidas en otras mediciones. Una lectura o cifra de fluido libre considerablemente inferior a la porosidad obtenida por otros métodos, indica una baja permeabilidad.

25 Dado que las lecturas correspondientes al fluido libre son sensibles a la presencia de materiales arcillosos en la formación, el reconocimiento proporciona una indicación no solamente de la presencia de estas arcillas, sino también del grado de dilatación o cantidad de agua u otro

30



251493

fluido absorbido. Así, se consigue una indicación de la presencia de "perjuicios en la formación" o reducción de la permeabilidad, por arcillas dilatadas.

La información sobre la profundidad de la invasión, puede a menudo obtenerse por mediciones NML. A menudo el filtrado del fluido de perforación tiene características que pueden medirse, y que se sabe que son distintas de las características de los fluidos de la formación. En especial, los tiempos de relajación térmica del filtrado son a menudo mas cortos que los acusados por los fluidos de la formación, toda vez que el filtrado contiene los distintos aditivos que pueden comprender materiales paramagnéticos. El filtrado puede contener materiales disueltos o también materiales coloidales que afecten los tiempos de relajación. En el caso de materiales coloidales, los tiempos de relajación del fluido de perforación se comprueba a menudo que dependen del campo, ayudando a su identificación.

Aunque toda la señal o la mayor parte de ella procede de agua en una zona inundada de una arena petrolífera, la formación que contiene petróleo puede descubrirse corrientemente por reconocimiento magnético nuclear. Los datos del reconocimiento proporcionados por el reconocimiento mediante magnetismo nuclear, pueden determinar las propiedades de capacidad de mojadura, aun sin que los dos fluidos luchan para el contacto superficial, y a menudo se comprueba que las superficies son menos susceptibles de mojarse por el agua en arenas petrolíferas, que en arenas acuíferas, evidenciándose por tiempos de relajación térmica mas prolongados incluso para el agua en zonas petrolíferas, que en zonas acuíferas.



251493

No solamente puede distinguirse el petróleo del agua mediante reconocimiento por magnetismo nuclear, sino que además puede obtenerse información relativa a la naturaleza del petróleo, partiendo de los datos del reconocimiento por magnetismo nuclear. Los tiempos de relajación dependen de la viscosidad del petróleo. Además, parte de los componentes mas pesados de los petróleos crudos, dan lugar a cierta dependencia de la relajación térmica con respecto al campo, así como a una distribución de grados de relajación exponencial, proporcionando con ello información sobre el contenido de algunos de estos componentes mas pesados.

De acuerdo con los métodos a que este invento se refiere, determinadas propiedades físicas adicionales de los medios porosos, pueden relacionarse con el grado de relajación magnética nuclear observada para líquidos en estos medios. Estas propiedades físicas son la extensión superficie/volumen de la superficie sólida, y la distribución de los tamaños de los poros en el sólido.

Para masas de líquido, se observa una sencilla relajación exponencial en el caso de líquidos sencillos, tales como agua. Sin embargo, para líquidos tales como algunos petróleos crudos, se observa una relajación no-exponencial.

Además, se ha observado que el tiempo de relajación para el agua en masa, es una constante. Por el contrario, se ha notado que los tiempos de relajación térmica para determinados petróleos, varían con la intensidad del campo. Para el agua en un sólido susceptible de ser mojado por ella, se ha observado que el tiempo de relajación es casi independiente de la intensidad del campo magnéti-



18 ADO

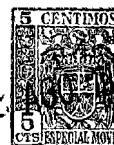
co y de la temperatura, pero influye en él en grado elevado el tamaño de los poros. Por el contrario, para el petróleo, tanto en el caso de un sólido susceptible de mojarse por el agua o por el petróleo, el tiempo de relajación varía a la vez, con la intensidad del campo y la temperatura. En un sólido "peliculado en seco", el tiempo de relajación para el agua, varía con la intensidad del campo aún en el caso de campos magnéticos débiles, aunque no varíe para campos magnéticos débiles en el caso del agua en masa.

10 A parte de los descubrimientos anteriores, se ha comprobado que invirtiendo la dirección de un campo polarizante, la señal completa para un líquido que tenga un grado de relajación sencillo y exponencial, puede eliminarse. Así, con agua y petróleo juntos en un sólido de tamaño de
15 poros uniforme, puede eliminarse por completo la señal debida al agua, dejando solo una señal procedente del petróleo.

En conclusión, se comprenderá que este invento, se refiere a descubrimientos importantes en el empleo y la manipulación de las condiciones de relajación para investigar las propiedades fundamentales del medio poroso y de los fluidos en él contenidos, por medio de las curvas de relajación magnética nuclear para uno o mas fluidos del medio citado.

20 En la recapitulación de las importantes denominaciones definidas detalladamente en lo anterior, se han usado las expresiones antedichas, del modo siguiente:

Al emplear la denominación condición de relajación, se desea abarcar la modificación del ambiente en el que ocurre la precesión magnética nuclear. Tal como se emplea en esta memoria, esta denominación comprende, a la vez,
30



2015
variaciones en las condiciones del campo magnético o varia-
ciones en las condiciones de temperatura para los medios
porosos y el sistema fluido.

5 Se ha usado la denominación curvas de relajación
para indicar los valores reales de los grados de relajación
del magnetismo nuclear, como función del tiempo en las co-
ndiciones prácticas, en las que la relajación es una función
del campo o de las condiciones de temperatura de los medios
porosos y de los fluidos en estudio. Cuando se emplea la
10 denominación curva, se comprenderá que se trata de abarcar
el número mínimo de mediciones separadas necesarias para de-
finir la curva, independientemente de cualquier número exac-
to de estas mediciones.

15 A los peritos en la materia, la descripción ante-
rior les hará evidentes numerosas modificaciones y cambios
tanto en los métodos como en los aparatos descritos para
aplicarlos. Todos los cambios y modificaciones comprendi-
dos en el alcance de las reivindicaciones adjuntas, se con-
sideran abarcados por las mismas.



251

NOTA

5 Descrita suficientemente la naturaleza del inven-
to así como la manera de realizarlo en la práctica debe ha-
cerse constar que los procedimientos anteriormente indicados
son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no
alteren su principio fundamental. También se hace constar
que lo que constituye la esencia del referido invento y por
lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en Espa-
ña es: "PROCEDIMIENTO PARA INVESTIGAR PROPIEDADES DE UN FLUI-
10 DO POR MEDICIÓN DE CURVAS DE RELAJACIÓN DE LA POLARIZACIÓN
MAGNÉTICA NUCLEAR, COMO FUNCIÓN DE LA SUPERFICIE ENTRE DICHO
FLUIDO Y LOS MEDIOS QUE LO RODEAN"; caracterizándose por lo
siguiente.

15 1º.- Procedimiento para investigar propiedades de
un fluido por medición de curvas de relajación de la polari-
zación magnética nuclear, como función de la superficie en-
tre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado
por comprender el someter el fluido y sus medios a, por lo
menos, dos campos magnéticos orientados en direcciones dis-
20 tintas; el mantener el campo magnético resultante sobre el
fluido y los medios, en dirección prácticamente constante e
igual en magnitud a una magnitud predeterminada de intensi-
dad de campo magnético; el variar por lo menos uno de dichos
25 dos campos con el tiempo, haciendo que la polarización mag-
nética nuclear del fluido preceda, y el descubrir las varia-
ciones de la señal eléctrica producida por dicha precesión,
como una medida de la función de respuesta para la relaja-
ción magnética nuclear y su dependencia en relación con los
medios circundantes,

Investigación propiedades



251413

de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para investigar las propiedades de capacidad de mojadura de un fluido en la interfase de un material diferente, y por comprender el establecer un primer estado de polarización de los núcleos en la interfase; el medir la señal de relajación durante la precesión magnética nuclear de los núcleos en la misma; el modificar dicho estado de polarización y repetir la medición de la relajación durante la precesión de protones en el fluido, deduciendo luego del cambio en estas medidas la función de relajación en relación con dichos estados de polarización y el medir por lo menos una característica de tiempo de relajación de los protones adyacentes a dicha interfase, como indicación directa de la capacidad de mojadura del material diferente por el fluido en cuestión.

3º.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para investigar una propiedad de un fluido, midiendo curvas de relajación magnética nuclear para, por lo menos, un medio poroso que contenga dicho fluido.

4º.- Procedimiento, según lo especificado en las reivindicaciones anteriores, caracterizado por utilizarse para investigar propiedades en la región próxima a los límites entre un fluido y otro material, midiendo curvas de relajación magnética nuclear, para por lo menos un medio poroso que contiene el fluido y el otro material.



251493

5 5^a.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para medir una propiedad superficial de un material sólido, midiendo las curvas de relajación magnética nuclear para un medio poroso dotado de las propiedades superficiales de dicho material sólido, y que contiene un fluido.

10 6^a.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para medir una propiedad de un sistema que comprende un medio poroso que contiene por lo menos un fluido, midiendo curvas de relajación magnética nuclear de dicho sistema, para por lo menos dos intensidades de campo de relajación.

20 7^a.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para investigar una propiedad de un fluido que contiene una especie nuclear en un medio fluido circundante que contiene especies nucleares de tipo distinto, y por comprender el someter dicho fluido que contiene la especie nuclear y el medio fluido circundante, a por lo menos dos campos magnéticos; el mantener el campo magnético total sobre el fluido y el medio citados, prácticamente constante en dirección y magnitud para un intervalo

25

30



28

de tiempo predeterminado; el hacer que la polarización magnética nuclear de dicha especie nuclear preceda, y el determinar variaciones de la señal eléctrica producida por dicha predesión; y el medir variaciones de la función de tiempo para una relajación magnética nuclear, cuando la intensidad magnética sobre el fluido que contiene dicha especie nuclear, y el medio fluido circundante, se modifica; dichas variaciones en las funciones de tiempo, son una indicación de la propiedad mencionada de dichas especies nucleares.

8º.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado porque para un sistema que comprende un líquido en un medio dotado de una gran relación superficie/volumen y en el que los grados de relajación para dos componentes por lo menos son aproximada ente los mismos para un valor dado de intensidad de campo de relajación, se utiliza el método de determinar la función de respuesta para la relajación magnética nuclear en el valor dado de la intensidad de campo de relajación mencionada, que comprende la etapa de conectar el sistema, durante un período de tiempo, a un campo magnético de una intensidad diferente de tal modo que dichos grados de relajación sean apreciablemente distintos.

9º.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, ca-



AGO. 1958

caracterizado por aplicarse para determinar la permeabilidad
de una formación terrestre que contiene un fluido, y por
comprender el establecer un estado, susceptible de repro-
ducirse, de polarización magnética nuclear en dicha forma-
5 ción; el aplicar un campo magnético de relajación no en e-
quilibrio con el estado de polarización citado, durante un
tiempo predeterminado; el hacer que la polarización resul-
tante preceda; el descubrir las variaciones en la señal e-
létrica producida por núcleos sometidos a precesión en di-
10 cha formación; el establecer nuevamente el estado inicial
de polarización magnética nuclear en la formación; el apli-
car un campo magnético de relajación de duración distinta
de la del primer campo magnético de relajación y no en e-
quilibrio con dicho estado de polarización, durante un ti-
15 empo predeterminado; el hacer que la polarización resultan-
te preceda; y el descubrir variaciones de la señal electri-
ca producida por dicha precesión, para establecer por lo
menos otro valor de la función de relajación, y el relacio-
nar la relajación así determinada con las funciones de re-
20 laxación previamente determinadas de formaciones de permea-
bilidad conocida, para medir la permeabilidad de la mencio-
nada formación térrea.

10º.- Procedimiento para investigar propiedades
de un fluido por medición de curvas de relajación de la
25 polarización magnética nuclear, como función de la super-
ficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, carac-
terizado por utilizarse para determinar la relación gas /
petróleo de hidrocarburos en una formación térrea atrave-
sada por una perforación, y por comprender las etapas de
30 medir la señal eléctrica derivada de la precesión en fase



NO. 1959

251403

de protones de dicha formación, después de aplicar a la
misma un campo polarizante de un valor predeterminado; de
aplicar un campo magnético polarizante de duración distin-
ta a los fluidos y a la formación citados y el detector
5 la señal eléctrica de la precesión libre de protones de
los mismos; el derivar de ella la curva de relajación mag-
nética nuclear de dichos fluidos en la formación citada;
como una función de por lo menos los dos campos polarizan-
tes distintos, y el medir el porcentaje de contribución a
10 dicha curva de relajación por el gas y el petróleo de di-
cha formación, para establecer la relación gas/ petróleo
de los hidrocarburos de la misma.

11ª.- Procedimiento para investigar propiedades
de un fluido por medición de curvas de relajación de la po-
15 larización magnética nuclear, como función de la superfi-
cie entre dicho fluido y los medios que le rodean, carac-
terizado por utilizarse en el reconocimiento de perfora-
ciones para determinar sin ambigüedad la presencia de pe-
tróleo en una formación terrea atravesada por una perfora-
20 ción y por comprender el soneter dicha formación durante
un tiempo predeterminado, a por lo menos un campo magnéti-
co para inducir la polarización nuclear de los protones,
presentes en los fluidos de la formación; el hacer luego
que la polarización protónica proceda en el campo magnéti-
25 co terrestre para inducir una señal en la bobina de cap-
tación; el repetir el procedimiento por lo menos otra vez
cambiando la duración de por lo menos uno de los campos
magnéticos para condiciones de relajación sucesivas; el
determinar el grado de relajación de la polarización pro-
30 tónica como función del tiempo, y el repetir luego las eta-



O. 1959

251493

pas anteriores con uno por lo menos de los campos magnéticos dotado de una intensidad diferente para determinar la presencia de petróleo por las variaciones en los grados de relajación resultantes de dichos cambios en la intensidad de los campos magnéticos citados.

12^a.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para el reconocimiento de sondos petrolíferos, para determinar sin ambigüedad las propiedades del petróleo, entre ellas la densidad, en una formación tórrica atravesada por una perforación, y por comprender el someter dicha formación, durante un tiempo prede-

10

terminado a por lo menos un campo magnético para inducir la polarización de los protones presentes en los fluidos de la formación; el hacer luego que la polarización protónica preceda en el campo magnético terrestre, para inducir una señal en la bobina de captación situada junto a dicha

15

formación; el repetir las etapas anteriores por lo menos una vez, con la duración de uno de los campos magnéticos cambiada para cada condición de relajación sucesiva; el determinar el grado de relajación de la polarización protónica como una función del tiempo y el repetir luego las

20

etapas anteriores con uno por lo menos de los campos magnéticos dotado de una intensidad distinta y una polaridad análoga para determinar las propiedades de la formación y el petróleo de la misma, partiendo de las variaciones en los grados de relajación resultantes de dichos cambios, al

25

variar la mencionada condición de relajación; los cambios

30



251493

en dichos grados de relajación son una indicación directa de la densidad del petróleo en cuestión.

5 13^a.- Procedimiento, según lo especificado en la reivindicación 12^a, caracterizado porque la condición de relajación citada se cambia modificando la temperatura de la parte de dicha formación en la que se mide la polarización y la precesión de la misma.

10 14^a.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para determinar la permeabilidad de una formación térrea porosa que contiene agua de formación solamente y esta atravesada por una perforación, y
15 por comprender el someter dicha formación durante un tiempo especificado, a un campo magnético por lo menos, para inducir la polarización nuclear de los protones presentes en los fluidos de la formación; el hacer que la polarización protónica preceda en el campo magnético terrestre, para inducir una señal en una bobina detectora colocada junto a dicha formación, el repetir las etapas anteriores con la duración de uno de dichos campos magnéticos distintos para determinar el grado de relajación de la polarización protónica del agua como una función del cambio de duración
20 de dichos campos magnéticos, y el relacionar dicha función por una función análoga para un sólido poroso que contenga el agua de formación citada solamente y esté dotado de una permeabilidad conocida, para determinar la permeabilidad de dicha formación térrea.

30 15^a.- Procedimiento para investigar propiedades



de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para determinar la distribución del tamaño de los poros de una formación térrea porosa que contiene a la vez petróleo y agua y está atravesada por una perforación, y por comprender el someter dicha formación, durante un tiempo especificado, a por lo menos un campo magnético para inducir la polarización nuclear de los protones presentes en los fluidos de la formación; el hacer a continuación que la polarización protónica proceda en el campo magnético terrestre, para inducir una señal en una bobina detectora situada junto a dicha formación; el medir la intensidad de dicha señal; el repetir las etapas anteriores con las intensidades de uno de dichos campos magnéticos cambiadas; el identificar las fracciones de dichas señales procedentes del petróleo y del agua, respectivamente; el determinar de la distribución de los grados de relajación para la polarización protónica del agua citada, la distribución del tamaño de las gotas de la fase acuosa en la formación; y el comparar las intensidades relativas de las señales del petróleo y del agua citados, para obtener la distribución de tamaños de los poros de la mencionada formación terrestre.

15.^o.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean, caracterizado por utilizarse para determinar la presencia de hidrocarburos fluidos en una formación terrestre atravesada

18 AGO



1403

da por una perforación, y por comprender las etapas de medir la señal eléctrica derivada de una precesión en fase de protones en el campo magnético terrestre, en la mencionada formación terrea después de la aplicación a la misma de un primer campo magnético de una intensidad y duración predeterminables, aplicando por lo menos otro campo magnético distinto del primero, y midiendo nuevamente la señal eléctrica derivada de dichos protones en precesión, y determinando de la dependencia de dichas señales con respecto a los campos, la presencia de hidrocarburos fluidos en la mencionada formación terrestre.

17º.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean", caracterizado por utilizarse para facilitar la determinación de la presencia de hidrocarburos fluidos en una formación terrea porosa atravesada por una perforación, y por comprender las etapas de someter la formación terrea a por lo menos un campo magnético para inducir primero la polarización de los protones de dichos hidrocarburos; el someter la formación a por lo menos otro campo magnético elegido para su combinación de intensidad y duración con objeto de reducir la polarización protónica debida al agua de la formación; dicha reducción, en comparación con la cantidad de polarización inducida en mayor grado en el agua, es superior a la polarización protónica relativa de los hidrocarburos así reducidos en el primer estado de polarización; el hacer que la polarización protónica resultante del agua y del petróleo preceda en el campo

18 AL



493

en el campo magnético terrestre; el medir las intensidades de la señal obtenidas en mediciones repetidas en una bobina detectora situada en la perforación junto a la mencionada formación térrea, y el modificar la combinación de intensidad y duración de campos magnéticos para eliminar prácticamente la señal del agua con objeto de determinar directamente y sin ambigüedad la presencia de hidrocarburos fluidos en dicha formación.

18^a.- Procedimiento para investigar propiedades de un fluido por medición de curvas de relajación de la polarización magnética nuclear, como función de la superficie entre dicho fluido y los medios que le rodean," caracterizado por utilizarse para determinar la presencia de petróleo bruto ligero en una formación térrea atravesada por una perforación, y por comprender el someter la formación, durante un tiempo predeterminado, a por lo menos un campo magnético para inducir la polarización nuclear de los protones presentes en los fluidos de la formación; el hacer luego que la polarización protónica preceda en el campo magnético terrestre, para inducir una señal en una bobina detectora situada junto a dicha formación; el repetir el procedimiento completo por lo menos una vez variando la duración de uno por lo menos de los campos magnéticos, para condiciones de relajación sucesivas; el determinar el grado de relajación de la polarización protónica como una función de la duración de dichos campos magnéticos, a fin de determinar la presencia de petróleo ligero en la formación, además del agua, por detección de los grados de relajación protónica superiores a los que caracterizan el agua.

19^a.- Procedimiento para investigar propiedades



251403

de un fluido por medición de curvas de relajación de la po-
larización magnética nuclear, como función de la superficie
entre dicho fluido y los medios que le rodean", caracteri-
zando por utilizarse para investigar las propiedades super-
5 ficiales de un medio que contiene un fluido dotado de fun-
ciones de relajación magnética nuclear análogas, y por
comprender el someter los medios y el fluido cuyas propie-
dades superficiales han de investigarse, a una primera con-
dición de relajación en la que la relajación magnética nu-
10 clear de dicho fluido puede modificarse; el hacer que la
polarización magnética nuclear preceda en dicha condición;
el detectar variaciones de la señal eléctrica producida du-
rante dicha precesión; el medir luego un valor para la cur-
va de relajación de dichos medios que contienen el fluido
15 citado, como una indicación de las propiedades superficia-
les entre ambos; el modificar luego la condición de relaja-
ción y el medir la señal eléctrica producida por la prece-
sión de la polarización en las condiciones mencionadas, como
otro valor para la curva de relajación.

20 20ª.- Procedimiento para investigar propiedades
de un fluido por medición de curvas de relajación de la po-
larización magnética nuclear, como función de la superficie
entre dicho fluido y los medios que le rodean"; tal y como
queda substancialmente descrito en la presente memoria y
25 en los dibujos adjuntos.

Esta memoria consta de treinta y ocho hojas escri-
tas a máquina por una sola cara.

Madrid, 18 AGO. 1959
California Research Corporation.

J. GÓMEZ ACEBO Y MOJER

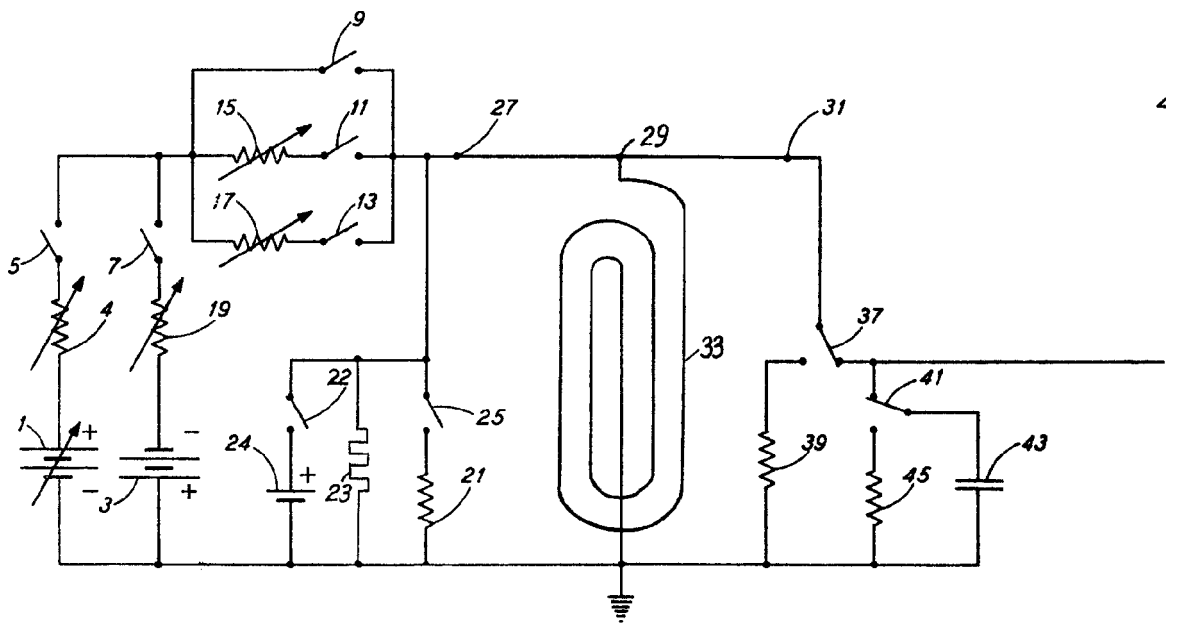
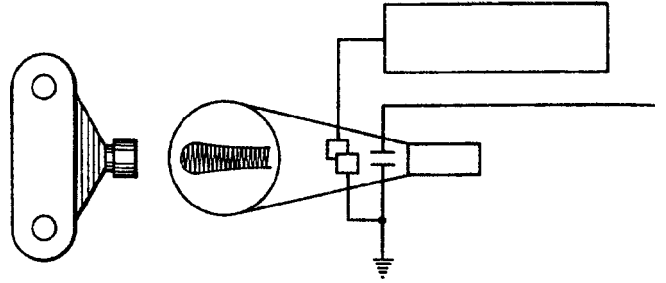


FIG. 1

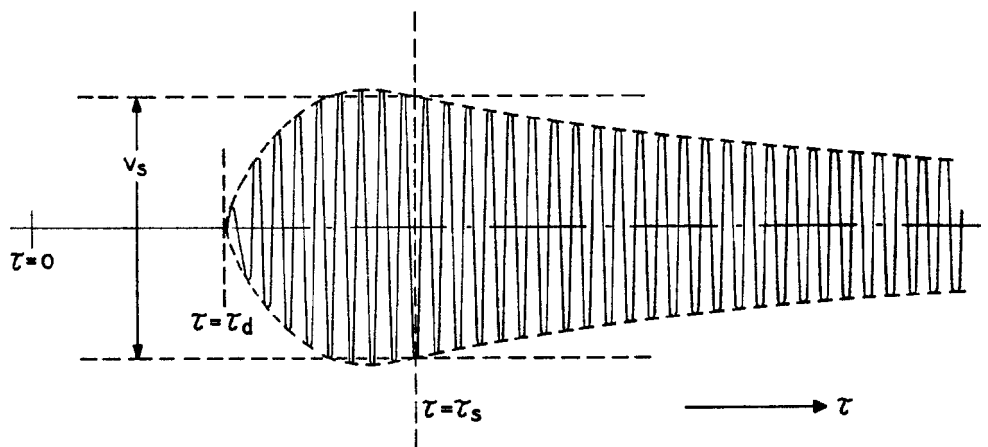


FIG. 4

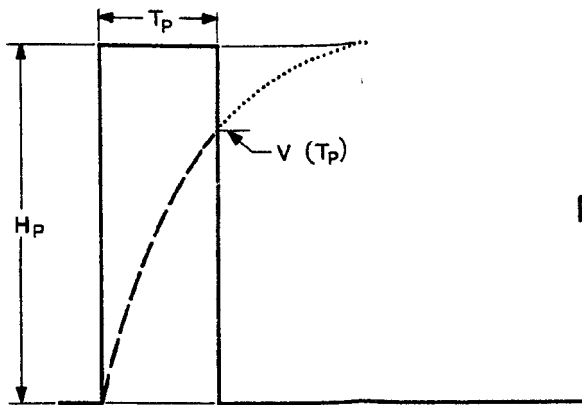
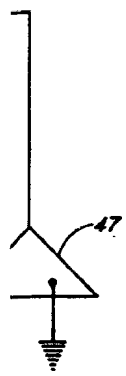


FIG. 2a

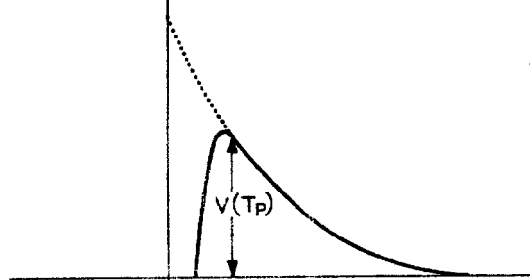


FIG. 2b

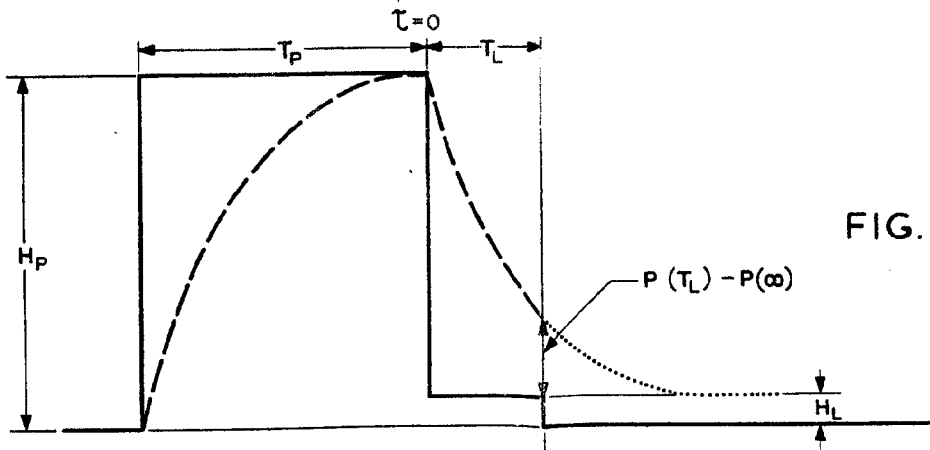


FIG. 3a

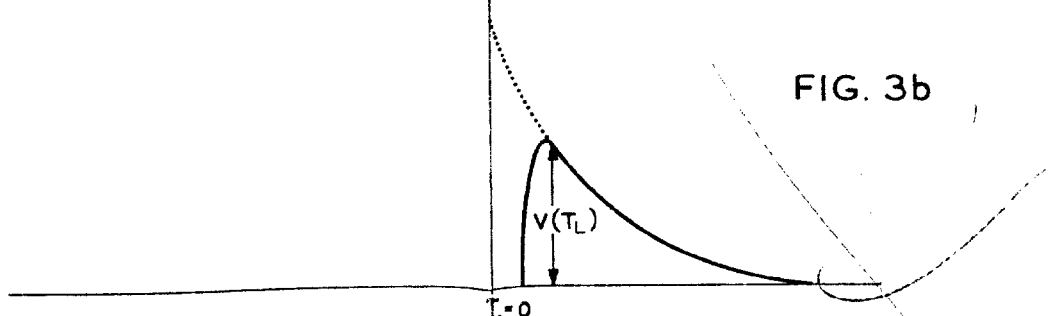
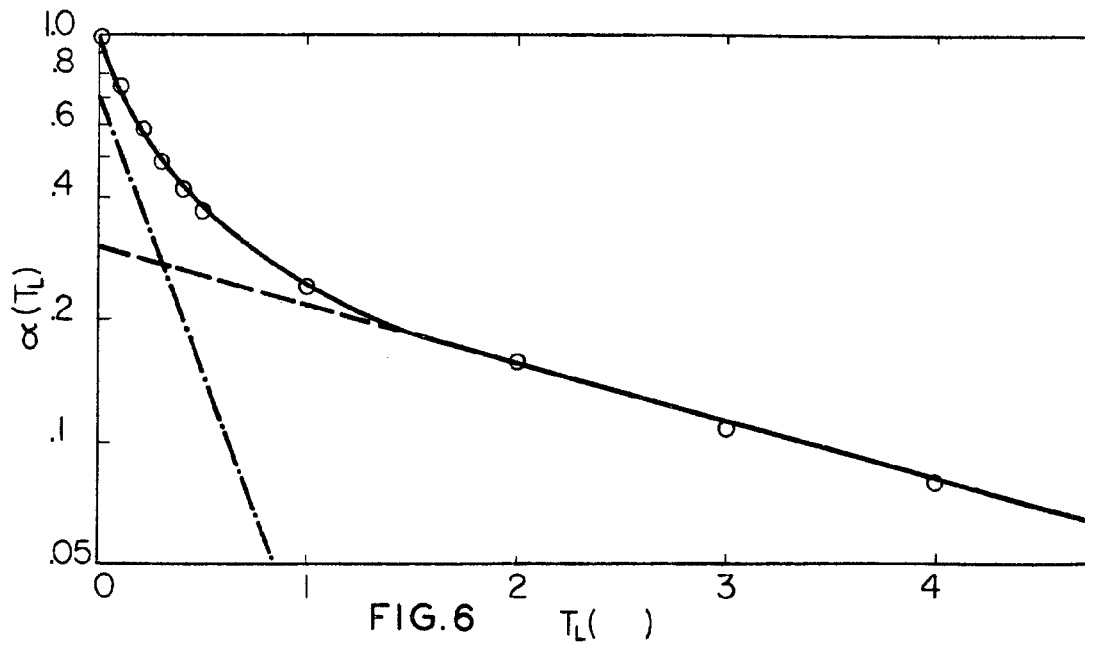
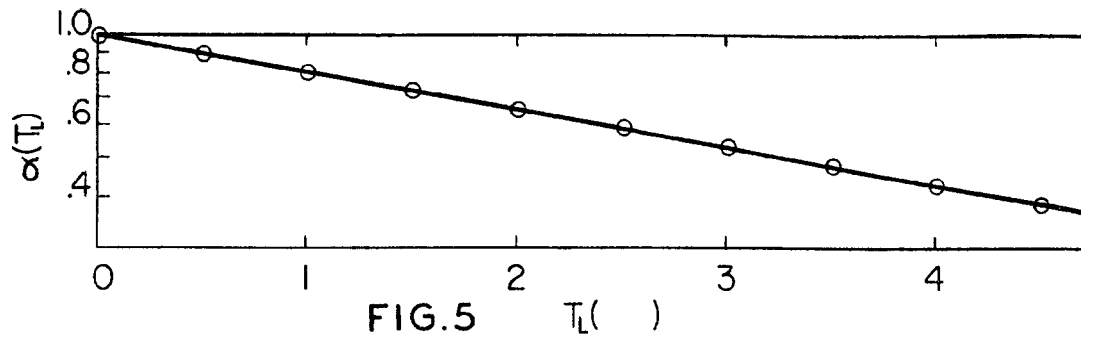


FIG. 3b





1974

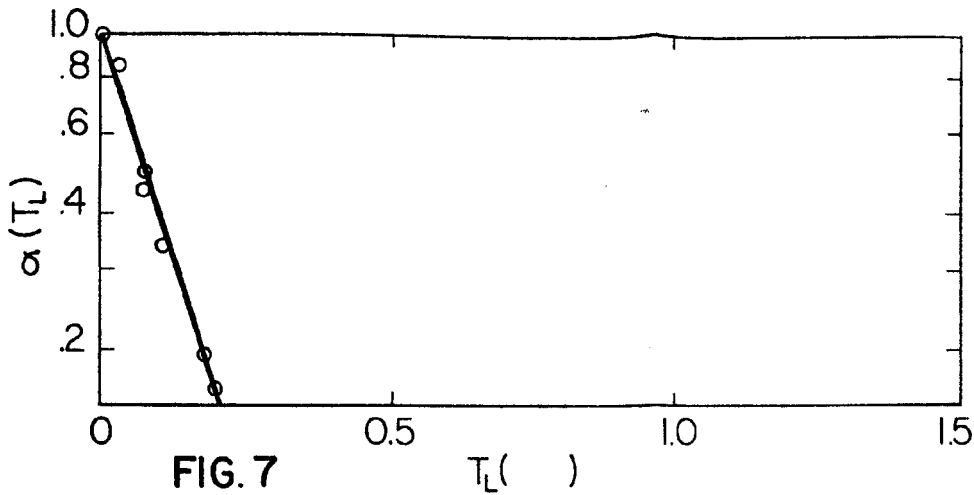


FIG. 7

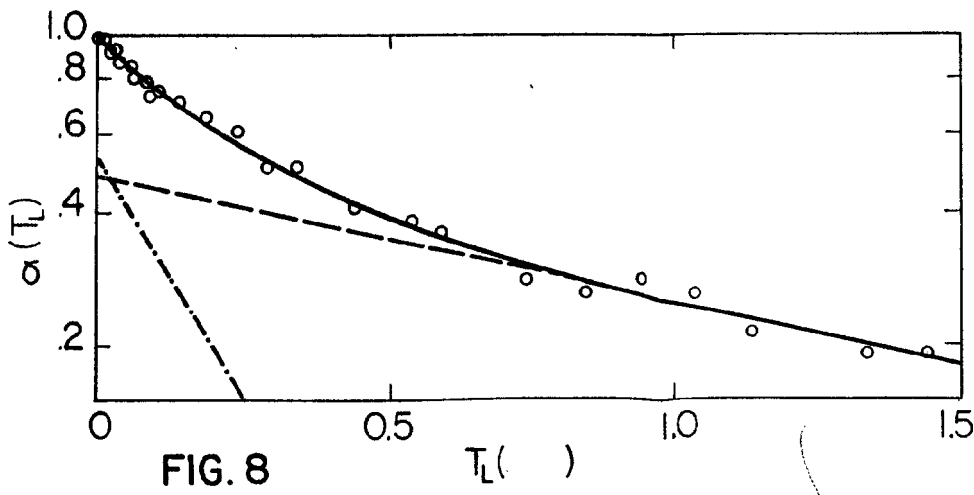


FIG. 8