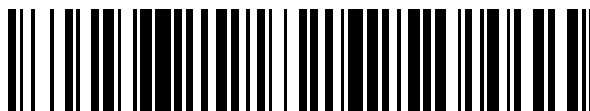


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 004**

51 Int. Cl.:

G01V 3/10 (2006.01)

E21B 47/00 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.09.2005 PCT/CA2005/001385**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.03.2006 WO06026867**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.09.2005 E 05784979 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 1787144**

54 Título: **Circuitos transmisores en serie para levantamientos geofísicos**

30 Prioridad:

10.09.2004 US 937306

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

28.01.2020

73 Titular/es:

ABITIBI-GÉOPHYSIQUE (50.0%)

395 avenue Centrale

Val-d'Or QC J9P 1P4, CA y

SOQUEM (50.0%)

72 Inventor/es:

BÉRUBÉ, PIERRE;

BOIVIN, MARC;

MALO-LALANDE, CIRCÉ y

PARÉ, PASCAL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 739 004 T3

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

DESCRIPCIÓN

Circuitos transmisores en serie para levantamientos geofísicos

Campo de la invención

5 La invención se refiere a una configuración de circuito transmisor utilizada para realizar levantamientos geofísicos electromagnéticos en tierra y en fondo de pozo.

Antecedentes de la técnica

10 En la prospección electromagnética, una bobina o un circuito que transporta una corriente pulsada o alterna hace que las corrientes inducidas fluyan en los cuerpos del mineral conductor, y el campo magnético variable en el tiempo (también llamado campo magnético secundario) asociado a estas corrientes se detecta mediante una segunda bobina (o circuito receptor) colocado a cierta distancia de la primera. Por lo tanto, un mapeo de este campo magnético secundario puede brindar información sobre la distribución de los conductores en el terreno que se está explorando.

15 Dichos levantamientos electromagnéticos en el dominio del tiempo pueden realizarse utilizando un transmisor móvil (levantamientos en circuito móvil) o un circuito transmisor fijo (levantamientos en circuito fijo). En el caso de los levantamientos de circuito móvil, la configuración del circuito transmisor y el circuito receptor se mueve a lo largo de las líneas de levantamiento para cada lectura con el fin de producir un mapa de conductores enterrados debajo del área que se investiga. En el caso de levantamientos de circuito fijo, un transmisor fijo de un solo circuito 6, desplegado en el suelo como se ilustra en la Figura 1A, produjo un campo magnético primario variable en el tiempo y un sensor de receptor itinerante, a lo largo de las líneas de levantamiento 13, que mide el campo magnético secundario producido por los conductores en el suelo.

20 Cuando las líneas de levantamiento se ubican fuera del circuito transmisor, la configuración se denomina levantamiento fuera de circuito. Cuando las líneas de levantamiento se ubican dentro del circuito transmisor, la configuración se denomina levantamiento en circuito. Un levantamiento dado puede, naturalmente, combinar los levantamientos fuera de circuito y en circuito.

25 En la búsqueda de conductores geológicos de inclinación pronunciada, las principales ventajas del levantamiento fuera de circuito son la uniformidad y la subhorizontalidad del campo electromagnético primario debajo del área de levantamiento. Esto se ilustra en la Figura 2A y la Figura 2B, donde la dirección del campo magnético en la tierra debajo del circuito transmisor 6 de la Figura 1A se dibujó (Figura 2A), así como su intensidad (Figura 2B). Se puede ver en la Figura 2A que el campo electromagnético primario debajo del área fuera de circuito es bastante horizontal. Esto optimiza el acoplamiento entre el campo electromagnético primario y cualquier conductor enterrado de inclinación pronunciada. Sin embargo, la principal desventaja de la configuración fuera de circuito es la disminución exponencial de la intensidad de este campo electromagnético primario desde el lado del circuito, como se ilustra en la Figura 2B. La sensibilidad y la efectividad de la configuración disminuyen con la distancia desde el lado del circuito.

30 Para el mismo tipo de conductor geológico, la principal ventaja del levantamiento en circuito es la fuerte intensidad del campo electromagnético primario debajo del circuito, como se puede observar en la Figura 2B. Esta intensidad permite una sensibilidad mejor y mayor profundidad de la investigación. La principal desventaja del modo en circuito es la orientación subvertical del campo electromagnético primario debajo del circuito, como se ilustra en la Figura 2A. Esta orientación del campo magnético primario causa un mal acoplamiento entre el campo electromagnético primario y cualquier conductor subvertical.

35 Se propone una configuración de doble circuito, con dos circuitos de subconjunto 7, 8 conectados en paralelo, como se ilustra en la Figura 1B, para los levantamientos de circuito móvil para crear un campo magnético primario subhorizontal bajo una zona en circuito. Sin embargo, el campo magnético primario producido por esta configuración de circuito carece de uniformidad. Otro inconveniente de esta configuración de circuito doble es que, dado que los dos circuitos de subconjunto se conectan en paralelo, la corriente en cada circuito de subconjunto puede ser ligeramente diferente y esto puede crear algunos efectos parásitos. También tenga en cuenta que mover el circuito móvil es complicado e improductivo. Los circuitos transmisores que tienen un par de circuitos de subconjuntos coaxiales y coplanares también se conocen a partir del documento US2451596.

40 Por lo tanto, existe la necesidad de una configuración de circuito transmisor que proporcione al mismo tiempo un campo electromagnético primario intenso, sustancialmente uniforme y sustancialmente horizontal sin las desventajas anteriores.

Compendio

50 La invención proporciona un circuito transmisor según la reivindicación 1.

Ventajosamente, el circuito transmisor tiene circuitos de subconjunto de formas sustancialmente idénticas y rectangulares. Además, los circuitos del subconjunto están lado a lado de manera tal que sus segmentos enfrentados

están distantes entre sí para crear, cerca de la región del circuito y cuando se proporciona la corriente, un campo magnético primario que se dirige sustancialmente a lo largo del plano.

La invención proporciona además un método de levantamiento geofísico electromagnético según la reivindicación 8.

Descripción de los dibujos

- 5 Para que la invención pueda entenderse fácilmente, las realizaciones de la invención se ilustran a modo de ejemplo en los dibujos adjuntos.
- La Figura 1A es una vista esquemática de un circuito transmisor, etiquetado como técnica previa, con un solo circuito;
- la Figura 1B es una vista esquemática de un circuito transmisor, etiquetado como técnica previa, con dos circuitos de subconjunto conectados en paralelo;
- 10 la Figura 2A es un gráfico, etiquetado como técnica previa, que ilustra la dirección de un campo magnético primario producido por el circuito transmisor de la Figura 1A;
- la Figura 2B es un gráfico, etiquetado como técnica previa, que ilustra la intensidad del campo magnético primario de la Figura 2A;
- 15 la Figura 3A es una vista esquemática de un circuito transmisor, según una primera realización de la presente invención;
- la Figura 3B es una vista esquemática de un circuito transmisor, según una segunda realización de la presente invención;
- la Figura 4 es una vista esquemática de un circuito transmisor, según un ejemplo fuera del alcance de la presente invención;
- 20 la Figura 5A es un gráfico que ilustra la dirección de un campo magnético primario producido por el circuito transmisor de la Figura 3B;
- la Figura 5B es un gráfico que ilustra la intensidad del campo magnético primario de la Figura 5A;
- otros detalles de la invención y sus ventajas serán evidentes a partir de la descripción detallada incluida a continuación.

Descripción detallada

- 25 En la siguiente descripción de las realizaciones, la referencia a los dibujos adjuntos es a modo de ilustración de un ejemplo mediante el cual se puede poner en práctica la invención. Se entenderá que se pueden realizar otras realizaciones sin apartarse del alcance de la invención descrita.
- En una realización de la presente invención, el circuito transmisor utilizado para realizar los levantamientos geofísicos electromagnéticos es un circuito transmisor fijo 10 tal como se ilustra en la Figura 3A. Este circuito transmisor fijo 10 se despliega sobre la superficie del suelo 30, también conocida como el plano de referencia 25, para levantamientos geofísicos electromagnéticos (como se muestra en las Figuras 5A y 5B). En la Figura 3A se muestra un ejemplo de líneas de levantamiento 13, 36 a lo largo de las cuales se prueba el campo magnético secundario. El circuito transmisor fijo 10 se puede realizar, por ejemplo, a partir de un cable de circuito 12 que se puede conectar a una fuente de corriente (no se muestra) a través de dos terminaciones de conexión 17. El circuito transmisor fijo se configura para formar un par de circuitos de subconjunto 14, 15 en serie de tal manera que cuando una corriente fluye en el circuito 10, la corriente es la misma en ambos circuitos de subconjunto 14, 15. Esta característica de la presente invención permite una medición más precisa. Como se ilustra en la Figura 3A, el circuito transmisor fijo 10 se configura en dos circuitos de subconjunto adyacentes, un circuito de subconjunto izquierdo 14 y un circuito de subconjunto derecho 15. Los circuitos de subconjunto 14 y 15 se colocan de manera tal que uno de sus segmentos esté uno frente al otro: el segmento 18 del circuito de subconjunto izquierdo 14 se enfrenta al segmento 19 del circuito de subconjunto derecho 15. Además, se disponen los segmentos 18 y 19 de manera tal que sean sustancialmente paralelos entre sí para definir una región de circuito 21 donde la corriente fluye en ambos segmentos en la misma dirección.
- Con referencia a la Figura 3B, una segunda realización de la presente invención muestra un circuito transmisor 11 que comprende un par de circuitos de subconjunto adyacentes pero espaciados (14, 15), que se pueden utilizar como un circuito transmisor fijo. En ciertas circunstancias, el circuito transmisor puede ser un circuito transmisor móvil. El circuito transmisor 11 también se configura para formar un par de circuitos de subconjunto adyacentes en serie, de modo que cuando una corriente fluye en el circuito 11, la corriente es la misma en ambos circuitos de subconjunto 14, 15. Como se mencionó anteriormente, esta característica de la presente invención permite una mejor medición (por ejemplo, permite una investigación más profunda). Los dos circuitos de subconjunto adyacentes, un circuito de subconjunto izquierdo 14 y un circuito de subconjunto derecho 15, se colocan de manera tal que uno de sus segmentos esté uno frente al otro: el segmento 18 del circuito de subconjunto izquierdo 14 se enfrenta al segmento 19 del circuito de subconjunto derecho 15. Además, los segmentos 18 y 19 se disponen de manera tal que estén sustancialmente

paralelos entre sí para definir una región de circuito 21 donde la corriente fluye en ambos segmentos en la misma dirección. Una característica de este circuito transmisor 11 es que los circuitos de subconjunto izquierdo 14 y derecho 15 se colocan adyacentes para proporcionar un espacio 23 entre los segmentos 18 y 19. Como se explica a continuación, esta característica proporciona un campo magnético primario con propiedades particulares.

La Figura 5A ilustra la dirección 33 del campo magnético primario como una función de la profundidad del suelo 31 producida por el circuito transmisor 11 de la Figura 3B mientras que la Figura 5B ilustra los contornos de intensidad 34 del mismo campo magnético primario como una función de la profundidad del suelo 31. En ambas figuras, el circuito transmisor 11 se despliega en la superficie del suelo, también conocido como el plano de referencia 25, y la sección de suelo que se ilustra en estas figuras corresponde a una sección transversal tomada a lo largo de una línea de levantamiento central 36.

Como puede verse en la Figura 5A, el transmisor de circuito 11 proporciona una zona en circuito 27 debajo del espacio 23, donde la dirección del campo magnético primario es sustancialmente horizontal. Esta zona en circuito 27 en realidad se encuentra justo debajo de la región del circuito 21 donde la corriente en los segmentos 18 y 19 circula en la misma dirección. Esta zona en circuito 27 no solo proporciona un campo magnético primario sustancialmente horizontal, sino que también proporciona un campo magnético primario intenso y uniforme, como se puede ver en la Figura 5B, donde se muestran las líneas magnéticas equipotenciales.

También se puede observar en la Figura 5A y 5B que el circuito transmisor 11 también puede proporcionar un campo magnético primario intenso y sustancialmente vertical en una zona fuera del circuito 28 para levantamientos geofísicos fuera de circuito.

Por lo tanto, este circuito transmisor 11, se puede usar para levantamientos en circuito para detectar conductores de inclinación pronunciada, gracias a su campo magnético primario intenso, uniforme y subhorizontal, y también se puede usar para detectar conductores horizontales profundamente enterrados mediante el uso del campo magnético primario vertical intenso creado en la región del levantamiento fuera de circuito. Además, se puede utilizar este circuito transmisor 11 como un transmisor fijo. En determinadas circunstancias el circuito transmisor 11 puede ser un transmisor móvil.

Ventajosamente, los circuitos de subconjunto 14 y 15 tienen formas rectangulares similares, aunque la presente invención no está restringida a circuitos de subconjunto rectangulares perfectamente iguales.

Como se verá en las Figuras 3A y 3B, para proporcionar la región de circuito 21 donde la corriente en los segmentos 18 y 19 circula en la misma dirección, es necesario, cuando se configuran los circuitos de transmisión 10 y 11, para tener el cable de circuito 12 cruzándose en algún lugar de su trayectoria (por ejemplo, en 26). Este cruce 26 se puede hacer en cualquier lugar adecuado a lo largo de dicha trayectoria.

Con referencia a la Figura 4, un ejemplo fuera del alcance de la presente invención muestra un circuito transmisor de mariposa 40, que comprende cuatro circuitos de subconjunto adyacentes (41, 42, 43 y 44) que se pueden utilizar como un circuito de transmisor fijo o móvil. En la Figura 4, los circuitos de subconjunto (41, 42, 43 y 44) están cerca uno del otro, pero se puede formar una configuración de mariposa similar, como sabrá alguien experto en la técnica, que proporcionaría un espacio 23 entre cada circuito de subconjunto (41, 42, 43 y 44).

Este circuito de transmisión de mariposa 40 se caracteriza por la siguiente descripción. Como fue el caso de los circuitos de transmisión 10 y 11, el circuito de transmisión de mariposa 40 se configura para proporcionar regiones de circuito (61, 62, 63 y 64) donde la corriente circula en segmentos paralelos en la misma dirección. Además, el circuito de transmisión mariposa 40 se configura de tal manera que cuando se proporciona una corriente en el circuito 40, la corriente es la misma en los cuatro circuitos de subconjunto. Así los cuatro circuitos de subconjunto (41, 42, 43 y 44) están en serie. Como se ilustra en la Figura 4, cada circuito de subconjunto comprende un segmento transversal (46, 47, 49 y 50) y un segmento longitudinal (52, 53, 54 y 55) dispuestos de tal manera que todos los segmentos transversales (46, 47, 49 y 50) son sustancialmente paralelos entre sí y todos los segmentos longitudinales (52, 53, 54 y 55) son sustancialmente paralelos entre sí. Además, cabe señalar que el segmento transversal 46 del primer circuito de subconjunto 41 se enfrenta al segmento transversal 47 del segundo circuito de subconjunto 42 para así definir la primera región de circuito 61 donde la corriente fluye en ambos segmentos 46,47 en la misma dirección. Además, el segmento transversal 49 del tercer circuito de subconjunto 43 se enfrenta al segmento transversal 50 del cuarto circuito de subconjunto 44 para así definir la segunda región de circuito 62 donde la corriente fluye en ambos segmentos 49,50 en la misma dirección. Entonces, el segmento longitudinal 54 del segundo circuito de subconjunto 42 se enfrenta al segmento longitudinal 55 del cuarto circuito de subconjunto 44 para así definir la tercera región de circuito 63 donde la corriente fluye en ambos segmentos 54, 55 en la misma dirección. Finalmente, el segmento longitudinal 52 del primer circuito de subconjunto 41 se enfrenta al segmento longitudinal 53 del tercer circuito de subconjunto 43 para así definir la cuarta región de circuito 64 donde la corriente fluye en ambos segmentos 52, 53 en la misma dirección.

Como fue el caso de los circuitos de transmisión 10 y 11, los circuitos de subconjunto 41, 42, 43 y 44 tienen formas rectangulares ventajosamente similares, aunque la presente invención no está restringida a circuitos de subconjuntos rectangulares perfectamente iguales. Además, es necesario, cuando los circuitos de transmisión 40 se configuran,

para tener el cable de circuito 12 cruzándose en algún lugar de su trayectoria (por ejemplo, en 26). Este cruce 26 se puede hacer en cualquier lugar adecuado a lo largo de dicha trayectoria, y las ubicaciones de cruce 26 que se muestran en la Figura 4 solo se dan como ejemplo.

5 Al igual que los circuitos de transmisión 10 y 11, el circuito de transmisión de mariposa 40 proporciona zonas en circuito 27, ubicadas debajo del circuito de transmisión 40 cerca de las cuatro regiones de circuito (61, 62, 63 y 64), donde el campo magnético primario es sustancialmente horizontal, uniforme e intenso. Al mismo tiempo, el circuito de transmisión de mariposa 40 proporciona un campo primario sustancialmente vertical para levantamientos geofísicos fuera de circuito.

10 En otra realización, la presente invención proporciona un método para levantamientos geofísicos electromagnéticos que consiste en configurar, cerca de una región que se someterá a levantamiento, un circuito transmisor (10 u 11 o 40) que tiene las características descritas en la presente, para luego crear un campo magnético primario en la región al tener una corriente que circula en el circuito y para medir a lo largo de las líneas de levantamiento 13, 36 un campo magnético secundario generado por conductores enterrados en la región en respuesta a cambios en el campo magnético primario.

15

REIVINDICACIONES

1. Un circuito transmisor (10), adaptado para conectarse a una fuente de corriente para levantamientos geofísicos electromagnéticos,

5 el circuito transmisor se configura para formar un circuito de subconjunto izquierdo (14) y derecho (15) en serie y adyacentes entre sí, en donde la configuración en serie permite, cuando se proporciona dicha corriente, que la corriente sea de la misma en magnitud y que fluya en direcciones opuestas en cada subconjunto respectivo (14, 15), y

10 en donde dichos circuitos de subconjunto (14, 15) están sustancialmente en un mismo plano (25) y se colocan adyacentes para que estén uno al lado del otro, de manera que un segmento (18) del primer circuito de subconjunto (14) esté orientado hacia un segmento (19) del segundo circuito de subconjunto (15) y de tal manera que ambos segmentos (18, 19) estén sustancialmente paralelos para definir una región de circuito (21) donde dicha corriente, cuando se proporciona, fluye en ambos segmentos (18, 189) en la misma dirección.
2. El circuito transmisor de la reivindicación 1, en donde dichos circuitos de subconjunto (14, 15) tienen formas sustancialmente idénticas.
- 15 3. El circuito transmisor de la reivindicación 2, en donde cada uno de dichos subconjuntos (14, 15) tiene una forma sustancialmente rectangular.
4. El circuito según se reivindica en la reivindicación 1, en donde dicho circuito comprende un circuito transmisor fijo.
- 20 5. El circuito según se reivindica en la reivindicación 1, en donde dichos circuitos de subconjunto (14, 15) están uno al lado del otro de manera tal que dichos segmentos enfrentados (18, 19) están separados entre sí para crear, cerca de dicha región de circuito y cuando se proporciona dicha corriente, un campo magnético primario que se dirige sustancialmente a lo largo de dicho plano.
6. El circuito transmisor de la reivindicación 5, en donde dichos circuitos de subconjunto (14, 15) tienen formas sustancialmente idénticas.
- 25 7. El circuito transmisor de la reivindicación 6, en donde cada uno de dichos subconjuntos (14, 15) tiene una forma sustancialmente rectangular.
8. Un método de levantamiento geofísico electromagnético que usa un circuito transmisor (10), el método comprende:

30 configurar, cerca de una región que se someterá a levantamiento, dicho circuito transmisor (10) para formar un circuito de subconjunto izquierdo (14) y derecho (15) en serie y adyacentes entre sí, en donde la configuración en serie permite, cuando se proporciona dicha corriente, que la corriente sea la misma en magnitud y que fluya en direcciones opuestas en cada subconjunto respectivo (14,15), y en donde dichos circuitos de subconjunto (14, 15) están sustancialmente en el mismo plano (25) y se colocan adyacentes para que estén lado a lado, de modo que un segmento (18) del primer circuito de subconjunto (14) esté orientado hacia un segmento (19) del segundo
35 circuito de subconjunto (15) y de manera que ambos segmentos (18, 19) estén sustancialmente paralelos para definir una región de circuito (21) donde dicha corriente, cuando se proporciona, fluya en ambos segmentos (18, 19) en la misma dirección,

generar un campo magnético primario en dicha región para someterse a levantamiento al tener una corriente que
40 circula en dicho circuito transmisor (11), en donde dicho campo magnético primario comprende una parte, cerca de dichas regiones de circuito (21), que es sustancialmente paralela a dicho plano (25); y

medir a lo largo de las líneas de levantamiento (13, 36) un campo magnético secundario, en donde dicho campo magnético secundario se genera por conductores enterrados en dicha región en respuesta a cambios en el campo magnético primario.

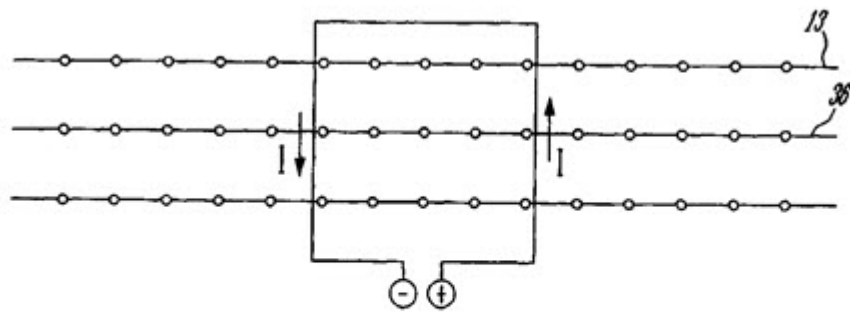


Fig. 1A (TÉCNICA PREVIA)

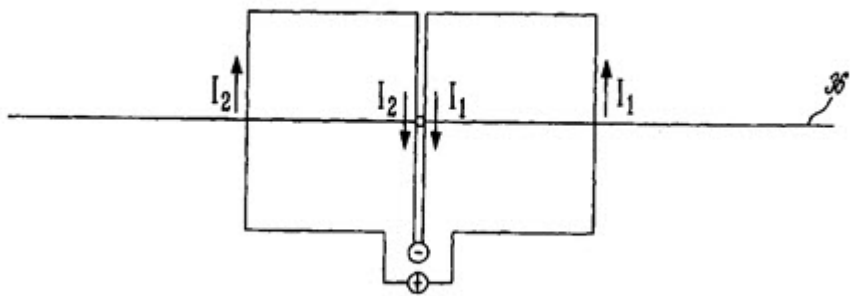
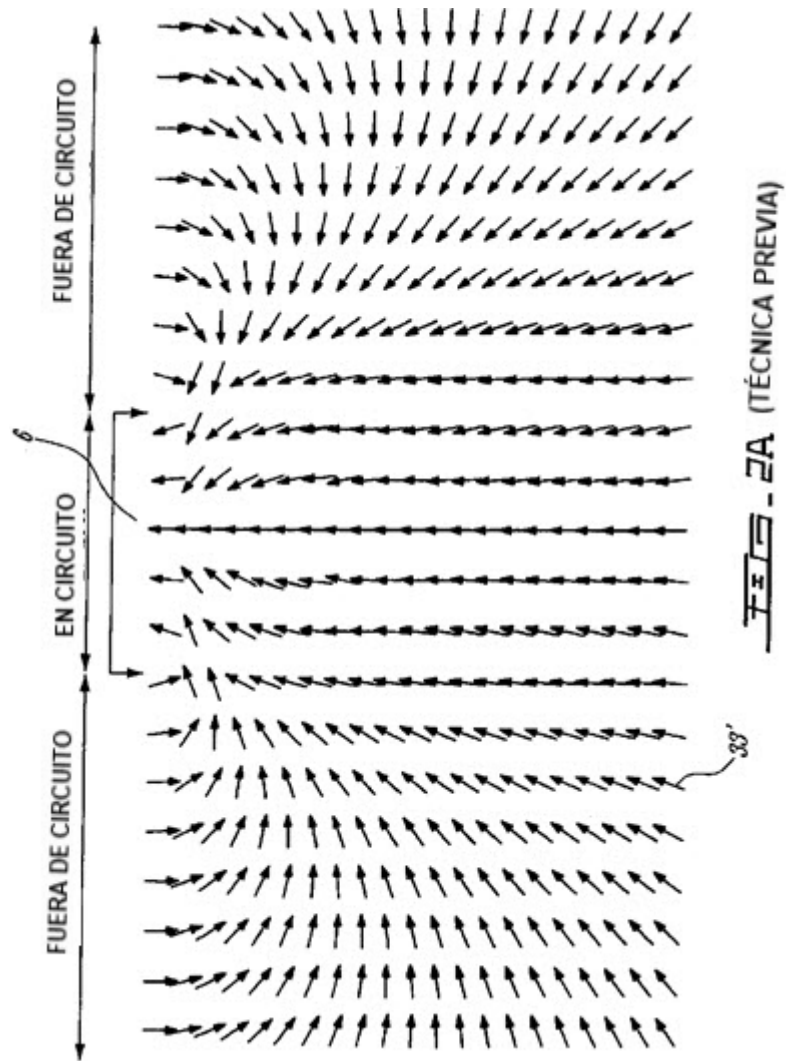
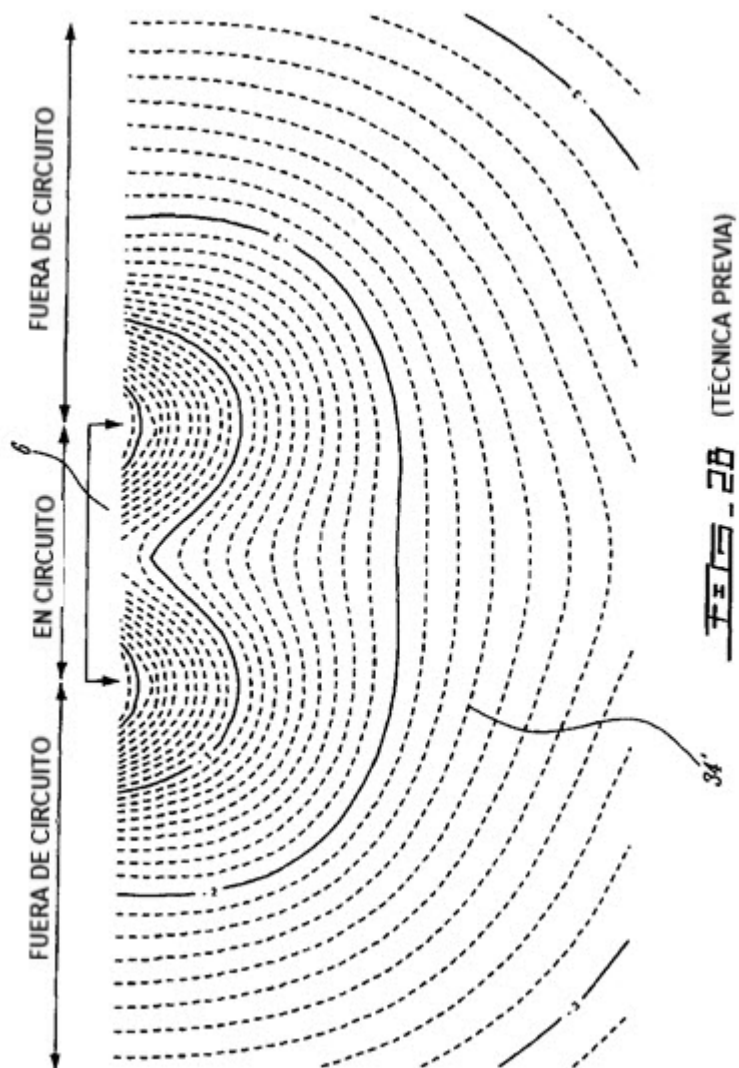


Fig. 1B (TÉCNICA PREVIA)





FELIS - 2B (TÉCNICA PREVIA)

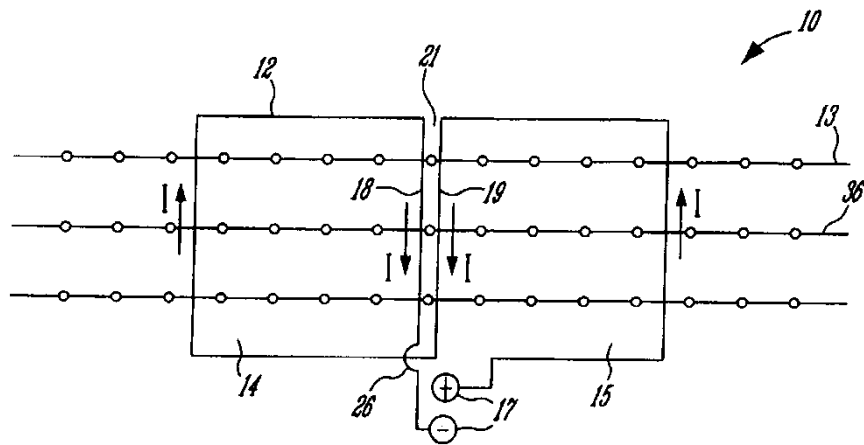


FIG. 3A

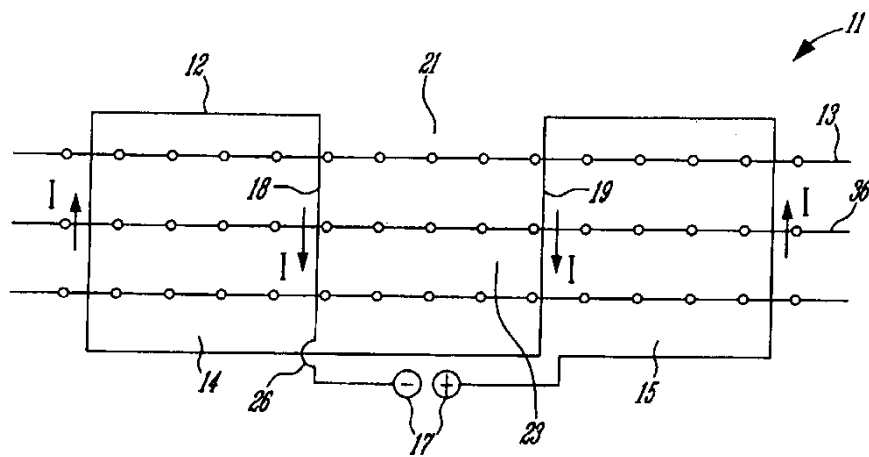
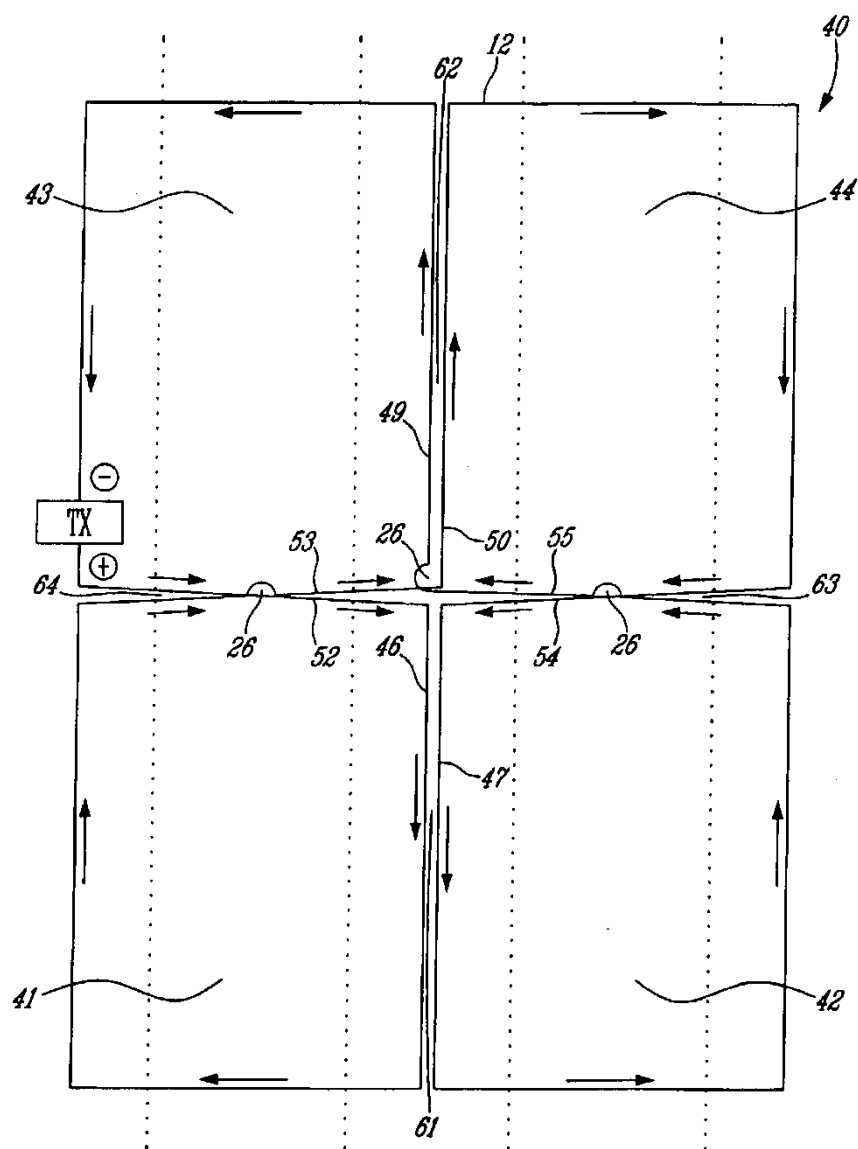


FIG. 3B

FIG. 4

