

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 481 397**

51 Int. Cl.:

H01F 27/06 (2006.01)

H01F 27/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.11.2011 E 11008877 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.05.2014 EP 2592635**

54 Título: **Transformador subterráneo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.07.2014

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**BOCKHOLT, MARCOS;
LUCKEY, MICHAEL;
MÖNIG, WOLFGANG y
WEBER, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 481 397 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

Transformador subterráneo

La invención se refiere a un transformador subterráneo, que comprende un núcleo de transformador estratificado y al menos un arrollamiento eléctrico atravesado por éste a lo largo de un eje del brazo.

5 Se conoce, en general, que para la transmisión de energía eléctrica están disponibles redes de suministro por cable correspondientes. De acuerdo con la potencia eléctrica a transmitir, éstas presentan una tensión nominal de, por ejemplo, 380kV, 110 kV o también 10kV, empleándose típicamente un a frecuencia de la red de 50 o bien 60 Hz. Una red de suministro para el abastecimiento de consumidores estacionarios está constituida típicamente de forma trifásica, es decir, que está disponible un sistema con tres líneas de alimentación, en las que en el estado simétrico la corriente y la tensión con un desplazamiento de fases de 120°, respectivamente, son iguales en cuanto al importe entre sí.

10 Los sistemas de suministro de energía para consumidores móviles, como por ejemplo trenes y tranvías, están constituido típicamente monofásicos, es decir, que la alimentación se realiza a través de una línea de alimentación individual, de manera que el conducto de retorno se realiza entonces a través del carril metálico. En el caso de autobuses de línea aérea, en virtud de la ausencia del carril y utilizable como conductor de retorno, están previstas, en general, dos líneas de alimentación. Normalmente, la frecuencia de la red en tales aplicaciones al menos en Europa es 16 2/3, 25, 50 ó 690 Hertzios, en algunos casos como en los tranvías se emplea también tensión continua individualizada.

15 Para la transformación de la tensión de alimentación alterna típica de 10kV a 15kV están previstos transformadores móviles, que son integrados entonces en la zona subterránea de un tren de viajeros.

20 Éstos tienen disponible, en virtud de la disposición subterránea, solamente un espacio muy limitado especialmente con relación a la altura y la mayoría de las veces están realizados como transformadores de aceite. El aceite sirve en este caso, por una parte, como refrigerante para la disipación del calor de pérdida que se produce en el funcionamiento como también como medios de aislamiento, a través del cual se pueden realizar distancias de aislamiento más reducidas y, por lo tanto, una forma de construcción compacta.

25 Sin embargo, en este caso es un inconveniente que un transformador de este tipo solamente se puede disponer la mayoría de las veces vertical, por razones mecánicas, es decir, con eje del brazo alineado vertical, lo que, sin embargo, se opone a la oferta de espacio plano en la zona subterránea. Además, por razones de seguridad, hay que evitar, a ser posible, el aceite como medio combustible en un medio de tráfico. Una disposición horizontal aprovecha mejor la oferta de espacio disponible, pero se plantean problemas con la carga de presión del arrollamiento tendido entonces, a través del cual se descarga el peso del núcleo. También se conocen variantes de realización con transformadores secos, que están dispuestos en virtud de la problemática de la carga de presión de los arrollamientos, sin embargo, de la misma manera verticales, debiendo proporcionarse aquí en virtud de la ausencia de aceite todavía una refrigeración intensificada.

30 Partiendo de este estado de la técnica, el cometido de la invención es indicar un transformador seco, que debe disponerse horizontal, para aplicaciones móviles.

35 Este cometido se soluciona por medio de un transformador seco del tipo mencionado al principio. Éste se caracteriza porque en las dos zonas extremas axiales del núcleo del transformador está previsto, respectivamente, un dispositivo de retención que colabora mecánicamente con éste y que está diseñado para una sollicitación de fuerza de tracción tal que el transformador subterránea puede ser soportado suspendido por estos dispositivos de retención con el eje del brazo alineado aproximadamente horizontal.

40 La idea básica de la invención consiste en prever el transformador subterráneo para una disposición suspendida, de manera que los dispositivos de retención inciden directamente en los dos extremos axiales del núcleo del transformador y se evita una erosión del peso del núcleo sobre el al menos un arrollamiento eléctrico atravesado por éste a lo largo del eje del brazo. En el caso de una disposición horizontal, hay que prever en cambio, en efecto, el arrollamiento cilíndrico hueco para una sollicitación a presión en dirección radial, es decir, en el caso de la disposición del arrollamiento en posición de montaje horizontal en dirección vertical hacia abajo. Especialmente los canales de refrigeración previstos en transformadores secos verticales a lo largo del eje del brazo no pueden hacer frente a una carga de peso de, por ejemplo, hasta algunas toneladas, porque en una disposición vertical típica solamente el peso propio del arrollamiento se puede descargar sobre éste, estando alineados entonces los canales de refrigeración verticalmente y no están sometidos a ninguna carga de peso.

45 De acuerdo con una forma de realización preferida del transformador subterráneo de acuerdo con la invención, las capas adyacentes del núcleo de transformados estratificado están encoladas entre sí a lo largo de al menos un eje del brazo. En una forma de realización correspondientemente alargada del núcleo de transformador subterráneo de acuerdo con la invención, en el caso de una suspensión en los dos extremos axiales del núcleo, se puede producir,

en efecto, una flexión de los brazos del núcleo, que está condicionada tanto por el peso propio del núcleo del transformador como también por el peso del arrollamiento. A través de la forma de realización estratificada del núcleo del transformador, se reduce su capacidad de cara transversalmente al eje del brazo en disposición horizontal, a saber, en comparación con un núcleo macizo, siendo inevitable en otro caso una formación de chapa del núcleo para la prevención de pérdidas de corriente parásita. Un encolado de capas de chapa adyacentes, en particular en la zona de los brazos del transformador, eleva la estabilidad mecánica del brazo. En el caso del encolado de todas las capas de chapa entres sí, la capacidad de carga del brazo del transformador corresponde entonces aproximadamente a la forma de realización maciza no de chapa. Con ello de manera ventajosa se pueden realizar también formas de realización alargadas del transformador subterráneo de acuerdo con la invención, por ejemplo con una longitud del núcleo, que corresponde a 3 a 6 veces la anchura del núcleo, sin problemática de flexión.

Otra posibilidad de acuerdo con la invención para la estabilización del núcleo del transformador, en particular de sus brazos, consiste en que el núcleo del transformador estratificado presenta al menos una placa de estabilización a lo largo de al menos un eje del brazo. La placa de estabilización presenta un espesor elevado en comparación con la chapa del núcleo, por ejemplo de 3 a 10 veces su espesor o algunos milímetros. De acuerdo con la selección de la placa de estabilización se producen allí de la misma manera corrientes parásitas, que son, sin embargo, por otra parte casi insignificantes en virtud de la porción reducida de la placa de estabilización en la sección transversal del brazo. No obstante, también son concebibles materiales no magnéticos y no conductores de electricidad, como por ejemplo materiales compuestos, que se caracterizan de manera ventajosa por un peso reducido, lo que es ventajoso en aplicaciones móviles.

En el caso de materiales conductores de electricidad se pueden utilizar especialmente acero o aluminio como material de partida para la placa de estabilización, presentando el acero una rigidez elevada y el aluminio un peso más reducido. Para conseguir un aprovechamiento lo más alto posible de la sección transversal del brazo que está disponible, la al menos una placa de estabilización se apoya en la delimitación exterior del núcleo del transformador estratificado. Se posibilita una estratificación adicional de un brazo del núcleo a través de la flexión de la al menos una placa de estabilización alrededor del eje del brazo. De manera similar a los soportes perfilados, de esta manera se eleva el espesor efectivo de la placa de estabilización y con ello su resistencia a la flexión. También aquí a través de un encolado adicional de la placa de estabilización con el núcleo del transformados propiamente dicho o bien los brazos del transformador se consigue una resistencia todavía más elevada.

De acuerdo con otra forma de realización de la invención, la placa de estabilización está fabricada de un material con característica de resorte, por ejemplo de un acero para muelles. La placa de estabilización fabricada a partir del mismo está arqueada hacia arriba en el estado no cargado a lo largo del eje del brazo. La constante de resorte se selecciona de tal manera que en el caso de la disposición de del brazo del núcleo sobre su superficie, se presiona por el peso propio del brazo del núcleo en la horizontal. A través de una tensión previa de este tipo de la placa de estabilización se consigue un efecto adicional de apoyo y también de amortiguación.

De acuerdo con una forma de configuración preferida del transformador subterráneo de acuerdo con la invención de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, al menos un brazo del núcleo está arrollado con al menos una capa de una mecha de fibras impregnada con una resina. Como mecha de fibras se contempla, por ejemplo, una mecha de fibras de vidrio en forma de banda y como resina una resina epóxido. En el estado endurecido, a través de la mecha de fibras de vidrio impregnada con resina se forma un material compuesto con una resistencia alta, que rodea el brazo del núcleo respectivo idealmente a lo largo de toda su extensión axial y de esta manera le presta una resistencia alta. De manera ventajosa, es suficiente una capa fina de, por ejemplo 1 mm de espesor, para conseguir una resistencia suficientemente alta, para que no se reduzca significativamente la sección transversal del núcleo utilizable magnéticamente.

De acuerdo con otra variante de la invención, el al menos un dispositivo de retención presenta un elemento de amortiguación. Esto es especialmente ventajoso para el empleo en aplicaciones móviles, por ejemplo en vehículos ferroviarios. Allí se produce, en virtud del movimiento de avance del vehículo ferroviario, siempre de nuevo movimientos bruscos y sacudidas, que se transmiten a través de los dispositivos de retención sobre el transformador subterráneo. A través de los amortiguadores se reduce la carga de impacto para el transformador, pero también para los dispositivos de retención y éste se puede diseñar para una sollicitación mecánica correspondientemente más reducida. Como amortiguadores son adecuados, por ejemplo, elementos de un plástico elástico o goma. Éstos se pueden disponer de tal forma que son sollicitados o bien a presión o tracción. Cuando los dispositivos de retención están realizados, por ejemplo, como barras roscadas, en las que está fijado en suspensión el núcleo del transformador por medio de un dispositivo de sujeción, entonces se puede integrar un elemento amortiguador sin problemas en un lugar de interrupción de la barra roscada respectiva, de manera que esta barra está sollicitada entonces a tracción.

De acuerdo con otra variante de la invención, el núcleo del transformador atraviesa a lo largo del eje del brazo varios arrollamientos eléctricos axialmente adyacentes, de manera que entre arrollamientos adyacentes está previsto al menos otro dispositivo de retención que colabora con el núcleo del transformador. A través de la disposición

axialmente adyacente de varios segmentos de arrollamiento cilíndricos huecos, respectivamente, sobre el mismo brazo del núcleo, cuando existe una distancia axial correspondiente, se da una posibilidad de encaje mecánico en el brazo del núcleo respectivo. La distancia axial se puede seleccionar de acuerdo con la invención de tal forma que en el intersticio resultante de esta manera de por ejemplo 5 cm a 10 cm se puede disponer o está dispuesto un dispositivo de retención que colabora con el brazo del transformador. De esta manera se crea otro punto de apoyo de la carga para el brazo del transformador, que es soportado entonces, por ejemplo, de la misma manera que también los puntos de apoyo de la carga en los dos extremos axiales del núcleo por una estructura de soporte que se encuentra encima. La sollicitación a flexión para el brazo del transformador se reduce con ello de manera ventajosa. Evidentemente también son posibles otros puntos de apoyo de la carga adicionales por cada brazo del transformador. En el caso de la formación de un arrollamiento eléctrico de varios segmentos de arrollamiento, se puede elegir una forma de realización eléctrica adecuada, por ejemplo un circuito en serie de segmentos de arrollamiento de sobretensión del mismo tipo y un circuito en paralelo de varios segmentos de tensión negativa del mismo tipo.

Se puede realizar una distribución de los segmentos de arrollamiento de acuerdo con la invención sin más también sobre varios brazos del núcleo, por ejemplo sobre 2 o también 3, de manera que los brazos del núcleo o bien sus ejes de los brazos están alineados entonces con preferencia en paralelo. De esta manera resulta una forma básica similar a un paralelepípedo de un transformador subterráneo, que corresponde a la oferta de espacio igualmente similar a un paralelepípedo, de modo que el espacio disponible se aprovecha de una manera especialmente efectiva.

Las ventajas mencionadas de un transformador subterráneo de acuerdo con la invención se aplican también en un vehículo ferroviario, que presenta una zona subterránea, en la que está dispuesto en suspensión en una estructura de soporte que se encuentra encima un transformador subterráneo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11. Evidentemente esto se aplica también para vehículos no ferroviarios como autobuses de línea aérea o similares.

Otras posibilidades de configuración ventajosas se pueden deducir a partir de las otras reivindicaciones dependientes.

Con la ayuda de los ejemplos de realización representados en los dibujos se describen en detalle la invención, otras formas de realización y otras ventajas. En este caso:

La figura 1 muestra una sección a través de un transformador subterráneo ejemplar.

La figura 2 muestra una sección transversal a través de un brazo de transformador estratificado.

La figura 3 muestra una vista en planta superior sobre un segundo transformador subterráneo ejemplar.

La figura 4 muestra una sección a través de una primera zona de núcleo ejemplar con dispositivo de retención así como

La figura 5 muestra una sección a través de una segunda zona de núcleo ejemplar con dispositivo de retención.

La figura 1 muestra una sección a través de un transformador subterráneo 10 ejemplar. Éste comprende un núcleo de transformador 12 dispuesto horizontal con en total dos brazos, alrededor de los cuales están dispuestos un primero 14 y un segundo arrollamiento cilíndrico hueco. Os arrollamientos 14, 16 presentan, respectivamente, tres segmentos de arrollamiento cilíndricos huecos encajados unos dentro de los otros, distanciados radialmente por medio de canales de refrigeración. El núcleo de transformador 12 está retenido en suspensión por medio de dos dispositivos de retención 18, 20 en uno de sus extremos axiales, de manera que en su otro extremo axial están previstos de la misma manera dos dispositivos de retención correspondientes, que no se muestran, sin embargo, en esta figura. Los dispositivos de retención 18, 20 están realizados como barras roscadas, que están guiadas en su extremo inferior a través de una escotadura correspondiente similar a un taladro a través del núcleo de transformador 12 realizado de chapa. Una unión por aplicación de fuerza de las barras roscadas 18, 20 con el núcleo del transformador 12 está realizada por medio de dos dispositivos de fijación 26, 28, que empotran el núcleo del transformador 12 entre un lado superior y un lado inferior. El transformador está dispuesto en una carcasa 30 en forma de paralelepípedo que sirve, por una parte, para la protección mecánica del transformador y, por otra parte, también para la guía de aire de refrigeración a lo largo de los arrollamientos 14, 16. Un sistema de refrigeración correspondiente no se muestra, sin embargo, en esta figura. En este ejemplo, una pared de separación 32 está dispuesta entre la mitad izquierda y la mitad derecha del transformador, de manera que en la zona trasera no mostrada está prevista una transición entre los canales formados de esta manera, de modo que resulta una guía en forma de U del aire de refrigeración a través de la carcasa del transformador 32. No se realiza una descarga del peso del núcleo del transformador o del peso de la bobina sobre la carcasa 32.

La figura 2 muestra una sección transversal a través de un brazo de transformador 42 estratificado que presenta, por su parte, una pluralidad de chapas aisladas eléctricamente dispuestas en capas del núcleo 48, 49. En el lado superior del brazo de transformador 42 está prevista una placa de estabilización 44 de aluminio doblada alrededor

del eje del brazo del transformador 42, que está encolada con el brazo del transformador 42. A través de la flexión de la placa de estabilización 44 se forma un perfil, que presta a la placa de estabilización 44 y, por lo tanto, al brazo del transformador 42 conectado con ella una estabilidad elevada contra flexión. Sobre el lado inferior está prevista una placa de estabilización 46 correspondiente. La forma arqueada de las placas de estabilización 44, 46 ajusta en el espacio interior cilíndrico hueco de un arrollamiento no mostrado que rodea el brazo de transformador 40, de manera que a través de las placas de estabilización 44, 46 no resulta ninguna pérdida relevante de área efectiva de la sección transversal del núcleo.

La figura 3 muestra una vista en planta superior sobre un segundo transformador subterráneo horizontal ejemplar 50. Éste presenta un núcleo de transformador 52 con en total tres brazos de núcleo paralelos que se extienden a lo largo de ejes de brazos 76, 78, 80 respectivos. Sobre cada brazo del núcleo están dispuestos, respectivamente, dos arrollamientos 54, 56, 58, 60, 62, 64 cilíndricos huecos atravesados por éste, de manera que entre las parejas respectivas de arrollamientos está formada una zona intermedia axial 86 similar a un intersticio, en la que se posibilita un acceso mecánico al núcleo del transformador 52. En las secciones extremas axiales 82, 84 del núcleo del transformador, accesibles de la misma manera mecánicamente, están previstas, de la misma manera que en la zona intermedia axial 86, respectivamente, tres partes de dispositivos de retención 66, 68, 70, 72, 74, en las que se puede fijar el núcleo de transformador 52 en suspensión. Las partes del dispositivo de retención 66, 68, 70, 72, 74 están realizadas en forma de barra y están guiadas a través de taladros respectivos adaptados a ellas en la sección transversal y están conectadas mecánicamente con éste, por ejemplo con un espesamiento en forma de plato no mostrado de las partes del dispositivo de retención 66, 68, 70, 72, 74 realizadas en forma de barra en su zona inferior respectiva.

La figura 4 muestra una sección 90 a través de una primera zona de núcleo 92 ejemplar con dispositivo de retención 94. El núcleo de transformador está fijado en esta sección en suspensión en una estructura de soporte 100. El dispositivo de retención 94 presenta un amortiguador 96 que se puede cargar a tracción, que está fabricado, por ejemplo, de un plástico ligeramente elástico. La unión entre la estructura de retención 94 realizada de forma similar a una barra roscada y la estructura de soporte se realiza en este caso a través de un taladro, a través del cual está guiada la barra roscada y con un dispositivo de retención 98, por ejemplo una tuerca fijada sobre la barra roscada. El dispositivo de retención 98 está realizado en su zona inferior en forma de U, las chapas de la sección transversal de la zona de núcleo 92 mostrada y forma de esta manera una unión por arrastre de fuerza con el núcleo de transformador.

La figura 5 muestra una sección 110 a través de una segunda zona del núcleo 112, 114 ejemplar con dispositivo de retención 116 en suspensión realizado en forma de T, que se apoya en sus dios barras en T, respectivamente, los brazos del núcleo 112, 114 desde abajo. Un ejemplo de este tipo para un dispositivo de retención 116 es especialmente favorable en arrollamientos divididos axialmente, de manera que aquí se realiza un apoyo adicional de los brazos del núcleo en la zona intermedia axial entre los arrollamientos adyacentes. El dispositivo de retención en forma de T 116 está guiado en su zona superior a través de un taladro de una estructura de soporte 122, que se encuentra sobre el núcleo del transformador, por ejemplo una pieza de fondo de un vehículo ferroviario y es retenido allí por a través de un medio de fijación 120. Entre el medio de fijación 120 y el lado superior de la estructura de soporte 122 está previsto un amortiguador 118 que se puede cargar con presión, que amortigua una transmisión de impactos de la estructura de soporte 122 sobre el núcleo del transformador de una manera ventajosa, de manera que se realiza una descarga mecánica del transformador y de su estructura de soporte 116, en particular también en el caso de vibraciones inevitables del vehículo ferroviario. De la misma manera se amortigua también una transmisión, por ejemplo de oscilaciones de 50Hz condicionadas por el funcionamiento del transformador sobre el vehículo ferroviario.

Lista de signos de referencia

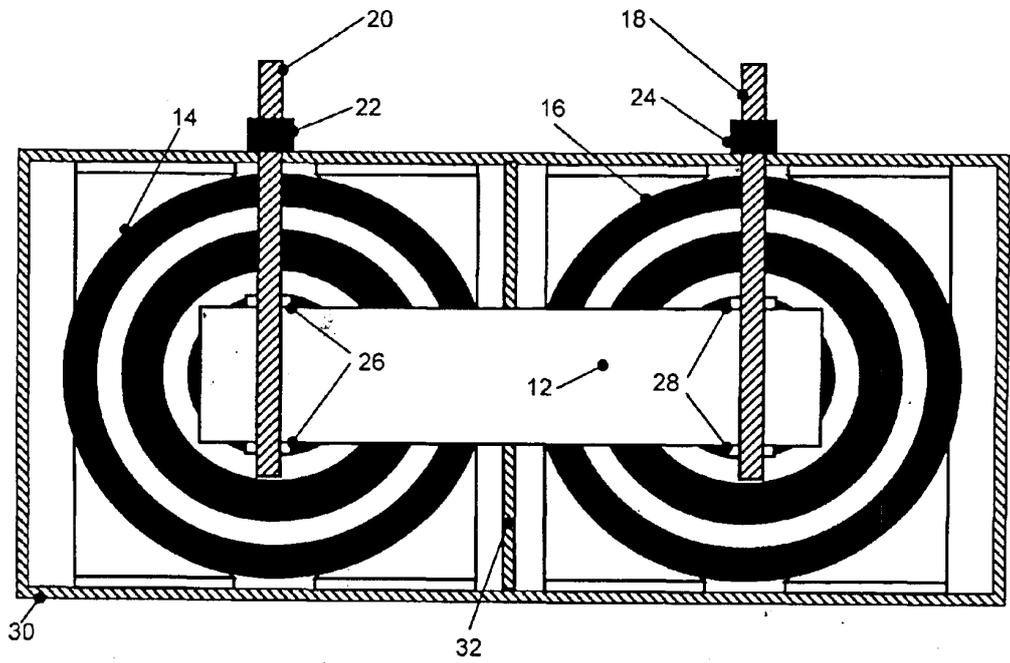
45	10	Sección a través de un transformador subterráneo ejemplar
	12	Primer núcleo del transformador
	14	Primer arrollamiento del primer núcleo del transformador
	16	Segundo arrollamiento del primer núcleo del transformador
	18	Primer dispositivo de retención del primer núcleo del transformador
50	20	Segundo dispositivo de retención del primer núcleo del transformador
	22	Amortiguador del primer dispositivo de retención
	24	Amortiguador del segundo dispositivo de retención
	26	Dispositivo de fijación del primer dispositivo de retención
	28	Dispositivo de fijación del segundo dispositivo de retención
55	30	Carcasa del transformador
	32	Pared de separación
	40	Sección transversal a través de un brazo del transformador estratificado
	42	Brazo estratificado del transformador
	44	Placa superior de estabilización
60	46	Placa inferior de estabilización

ES 2 481 397 T3

	48	Primera capa del núcleo
	49	Segunda capa del núcleo
	50	Vista en planta superior sobre un segundo transformador subterráneo ejemplar
	52	Segundo núcleo del transformador
5	54	Primer arrollamiento del segundo núcleo del transformador
	56	Segundo arrollamiento del segundo núcleo del transformador
	58	Tercer arrollamiento del segundo núcleo del transformador
	60	Cuarto arrollamiento del segundo núcleo del transformador
	62	Quinto arrollamiento del segundo núcleo del transformador
10	64	Sexto arrollamiento del segundo núcleo del transformador
	66	Primera parte del primer dispositivo de retención
	68	Segunda parte del primer dispositivo de retención
	70	Tercera parte del primer dispositivo de retención
	72	Primera parte del segundo dispositivo de retención
15	74	Primera parte del tercer dispositivo de retención
	76	Primer eje del brazo
	78	Segundo eje del brazo
	80	Tercer eje del brazo
	82	Primera zona extrema axial
20	84	Segunda zona extrema axial
	86	Zona intermedia axial
	90	Sección a través de la primera zona del núcleo ejemplar con dispositivo de retención
	92	Yugo del núcleo del transformador
	94	Primer dispositivo de retención
25	96	Amortiguador del primer dispositivo de retención
	98	Primer medio de fijación
	100	Primera estructura de soporte
	110	Sección a través de la segunda zona del núcleo ejemplar con dispositivo de retención
	112	Primer brazo del núcleo del transformador
30	114	Segundo brazo del núcleo del transformador
	116	Segundo dispositivo de retención
	118	Amortiguador del segundo dispositivo de retención
	120	Segundo medio de fijación
35	122	Segunda estructura de soporte

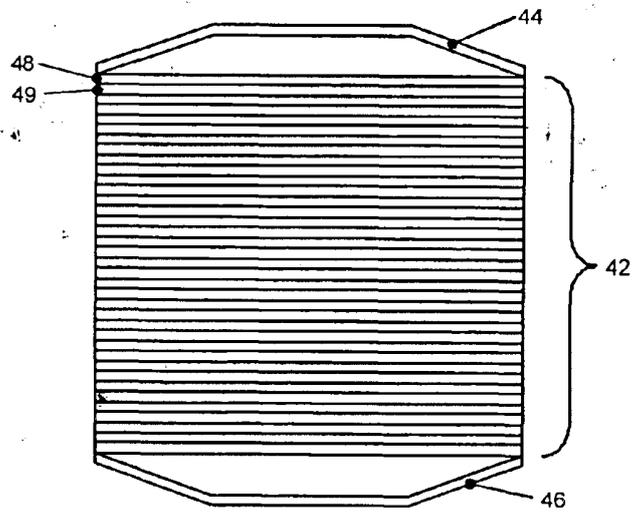
REIVINDICACIONES

- 5 1.- Transformador subterráneo (10, 50), que comprende un núcleo de transformador estratificado (12, 42, 52, 92, 112, 114) y al menos un arrollamiento eléctrico (14, 16, 54, 56, 58, 60, 62, 64) atravesado por éste a lo largo de un eje del brazo (76, 78, 80), **caracterizado** porque en las dos zonas extremas axiales (82, 84) del núcleo del transformador (12, 42, 52, 92, 112, 114) está previsto, respectivamente, un dispositivo de retención (18, 20, 66, 68, 70, 72, 74, 94, 116) que colabora mecánicamente con éste, que está diseñado para una sollicitación de fuerza de tracción de este tipo, de tal forma que el transformador subterráneo (10, 50) puede ser soportado en suspensión por estos dispositivos de retención (18, 20, 66, 68, 70, 72, 74, 94, 116) cuando el eje del brazo (76, 78, 80) está alineado aproximadamente horizontal.
- 10 2.- Transformador subterráneo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque las capas (48, 49) adyacentes del núcleo de transformador estratificado (12, 42, 52, 92, 112, 114) están encoladas entre sí a lo largo de al menos un eje del brazo (76, 78, 80).
- 15 3.- Transformador subterráneo de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el núcleo del transformador estratificado (12, 42, 52, 92, 112, 114) presenta al menos una placa de estabilización (44, 46) a lo largo de al menos un eje del brazo (76, 78, 80).
- 4.- Transformador subterráneo de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque la al menos una placa de estabilización (44, 46) es una placa de acero o de aluminio.
- 20 5.- Transformador subterráneo de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado** porque la al menos una placa de estabilización (44, 46) está adyacente a la delimitación exterior del núcleo del transformador estratificado (12, 42, 52, 92, 112, 114).
- 6.- Transformador subterráneo de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque la al menos una placa de estabilización (44, 46) está doblada alrededor del eje del brazo (76, 78, 80).
- 7.- Transformador subterráneo de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque la al menos una placa de estabilización (44, 46) está doblada a lo largo del eje del brazo (76, 78, 80).
- 25 8.- Transformador subterráneo de acuerdo con una de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado** porque la placa de estabilización (44, 46) está encolada al menos en secciones con el núcleo del transformador estratificado (12, 42, 52, 92, 112, 114).
- 9.- Transformador subterráneo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque al menos un brazo está arrollado con al menos una capa de mechas de fibras impregnadas con una resina.
- 30 10.- Transformador subterráneo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque al menos un dispositivo de retención (18, 20, 66, 68, 70, 72, 74, 94, 116) presenta un elemento de amortiguación (22, 24, 98, 118).
- 35 11.- Transformador subterráneo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el núcleo del transformador (12, 42, 52, 92, 112, 114) atraviesa a lo largo de un eje del brazo (76, 78, 80) varios arrollamientos eléctricos (54, 56; 58, 60; 62, 64) axialmente adyacentes, de manera que entre arrollamientos adyacentes está previsto al menos otro dispositivo de retención (72, 116) que colabora con el núcleo del transformador (12, 42, 52, 92, 112, 114).
- 12.- Transformador subterráneo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque están previstos varios ejes de brazo (76, 78, 80) paralelos.
- 40 13.- Vehículo ferroviario, **caracterizado** porque éste presenta una zona subterránea, en la que está dispuesto en suspensión en una estructura de soporte (100, 112) que se encuentra encima un transformador subterráneo (10, 50) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12.



10

Fig. 1



40

Fig. 2

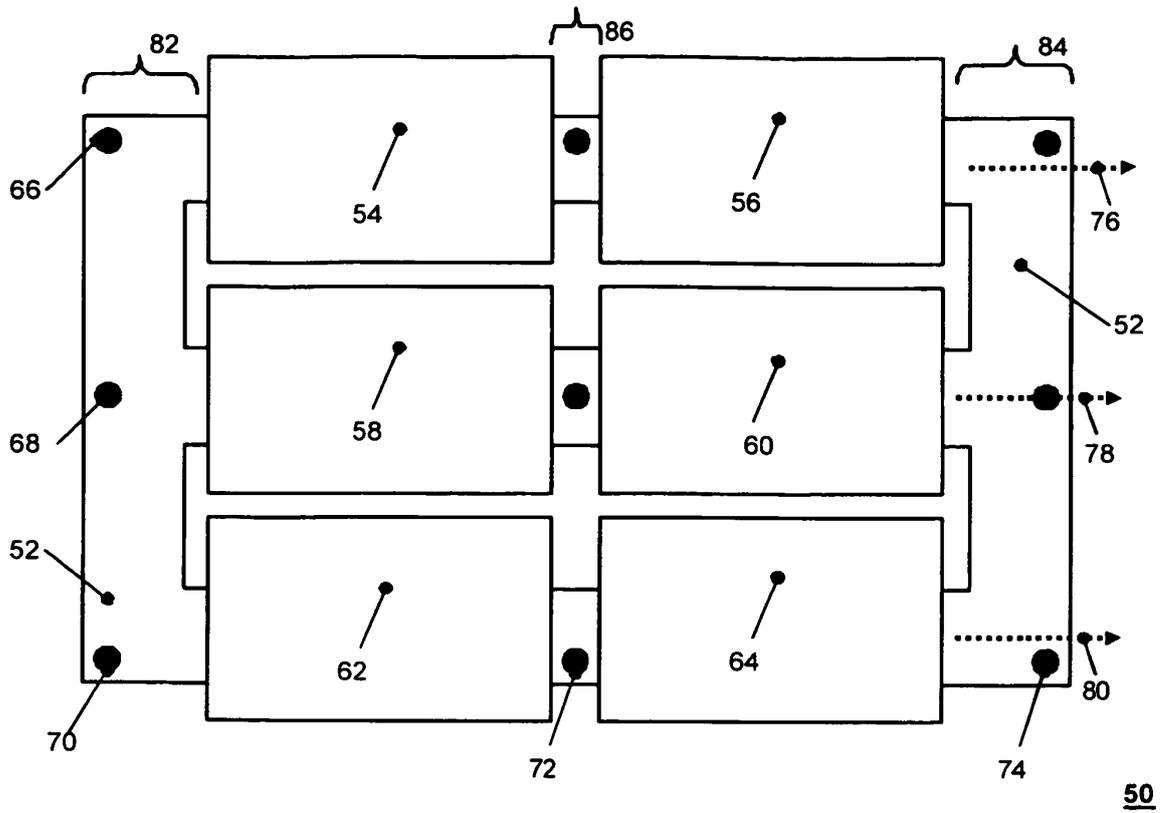


Fig. 3

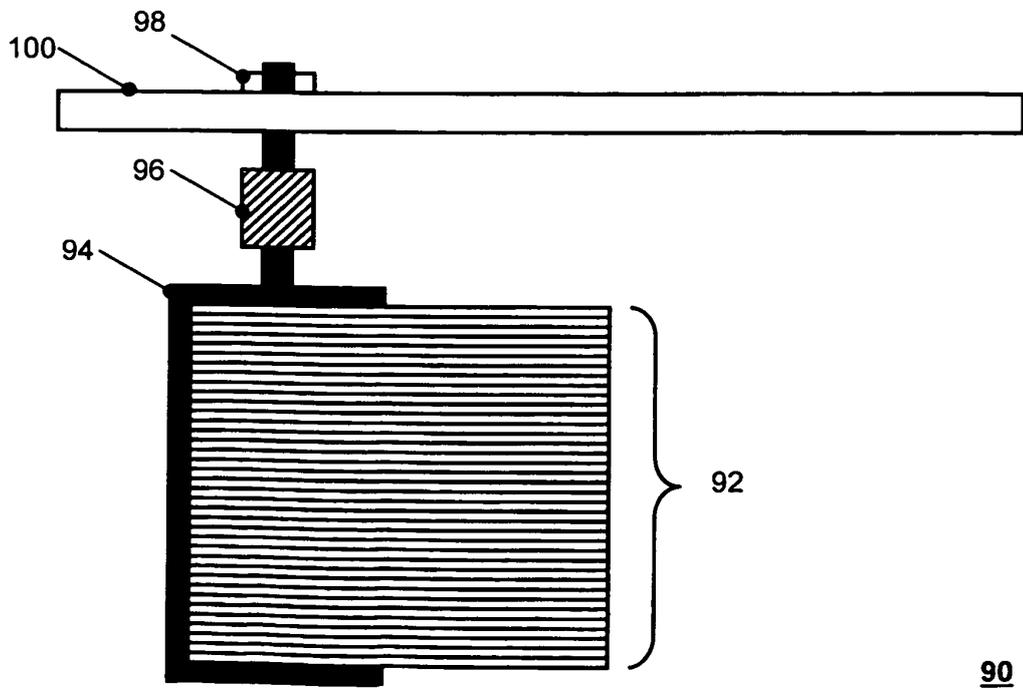
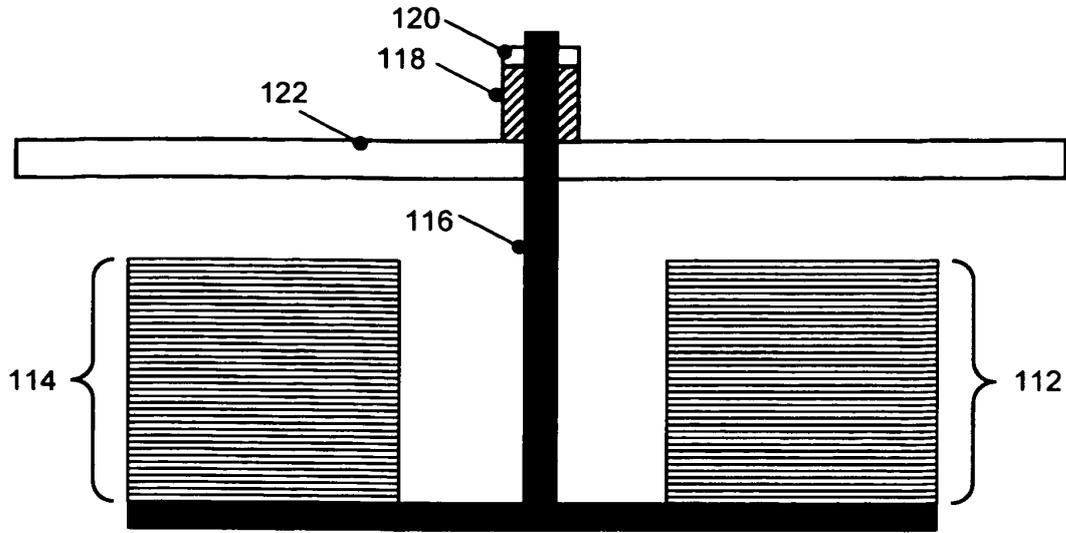


Fig. 4



110

Fig. 5