

UN SISTEMA DE FILTRO DE ARMÓNICOS DE NEUTRO Y/O DE TIERRA

REFERENCIA CRUZADA A UNA SOLICITUD RELACIONADA

[0001] La presente solicitud de patente reclama prioridad con respecto a la Solicitud de
5 EUA Núm. 63/500,960, presentada el 9 de mayo de 2023, cuyo contenido se tiene por íntegramente
reproducido en este documento por referencia.

CAMPO DE LA INVENCION

[0002] La divulgación se refiere al campo técnico de los sistemas eléctricos. En particular,
10 la divulgación se refiere a un filtro eléctrico relacionado con un sistema de energía eléctrica.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0003] De acuerdo con la Administración de Información Energética de EE. UU. en 2022,
los sectores comercial e industrial en los Estados Unidos representaron, respectivamente, el 35.4%
15 y el 26.0% del consumo de energía eléctrica, así como el 6.9% y el 22.9%, respectivamente, de las
emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) basadas en la generación de energía
eléctrica. Esto equivale a 1,889 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) y 2.41
mil millones de megavatios-hora (MWh) de los 4.07 mil millones de MWh generados en los Estados
Unidos. En 1995, la Oficina de Energía del Estado de Washington indicó que el 2% del consumo de
20 energía en instalaciones comerciales e industriales se debía a problemas generales de calidad de la
energía, por ejemplo, factor de potencia, conexiones flojas, sobretensión, subtensión, y desequilibrio
de tensiones de una red, y que por lo menos un 2% adicional se debía a la distorsión armónica
ocasionada por cargas no lineales. En 2017, EASI publicó el artículo 'Distribution Losses in Industrial
Facilities' (Pérdidas por distribución en instalaciones industriales), en el cual se señaló que las
25 pérdidas totales por distribución, ocasionadas principalmente por el conjunto de armónicos, pueden
incrementar el consumo de energía en un promedio del 25% en las instalaciones industriales. Los
valores de pérdidas potenciales varían según el tipo de industria, más allá de las instalaciones
comerciales e industriales, y pueden considerarse como valores promedio aplicables a todas las

instalaciones de consumo y generación de energía eléctrica. Se prevé un flujo suficiente de energía a través del conductor neutro, de tal manera que el Código Eléctrico Nacional (National Electrical Code, NEC) en general exige que el tamaño de los conductores neutros sea por lo menos un 200% mayor que el de los conductores de potencia.

5 **[0004]** Los sistemas eléctricos, además de los de generación de energía y los residenciales, suelen configurarse como sistemas de 3 o 4 alambres, compuestos por sistemas sin puesta a tierra, sistemas con conexión a tierra, sistemas con resistencia alta o baja de puesta a tierra, y también pueden incluir un conductor neutro en cargas de potencia de 4 alambres y cargas monofásicas de iluminación y tomacorrientes. Debido a cargas no lineales de sistemas electrónicos y de potencia,

10 tales como iluminación LED y variadores de frecuencia variable, el sistema de energía eléctrica se distorsiona con múltiples frecuencias que constituyen múltiplos enteros de la frecuencia fundamental, tal como 60 Hz en los Estados Unidos. Estas frecuencias armónicas se presentan como múltiplos de la tercera armónica en sistemas monofásicos, también denominadas armónicas *triplen*, y como múltiplos de ± 1 del número de dispositivos electrónicos de potencia de convertidores o inversores, o

15 interruptores (por ejemplo, un mínimo de 6 en sistemas trifásicos), lo que origina la quinta y séptima armónica y sus múltiplos. En sistemas trifásicos de 4 alambres, estas [frecuencias armónicas] también aparecen en los conductores neutro y/o de tierra, y en los conductores de tierra de todos los demás sistemas que no contienen un conductor neutro. El voltaje armónico y la corriente armónica producen directamente pérdidas en vatios y se manifiestan en forma de calor, lo cual afecta la

20 demanda y el consumo del sistema. Las pérdidas en vatios son consecuencia directa de la diferencia de potencial entre el punto de conexión de neutro (transformador) y los equipos frente a la puesta a tierra de referencia, en donde las cargas incluyen pérdidas I^2R , cargas capacitivas, resonancia de transformador y puesta a tierra.

25 **[0005]** Prácticamente todos los dispositivos de corrección de armónicos actualmente se seleccionan para la fuente de alimentación y el sistema con el propósito de cumplir con las normas de calidad de la energía y con la confiabilidad del equipo. Se han realizado pocos intentos de corregir los armónicos de neutro y/o de tierra para fines de confiabilidad, y solo unos pocos para el consumo de energía asociado a los armónicos de neutro y/o de tierra. Sin embargo, se estima que los

armónicos de neutro y/o de tierra representan por lo menos un 5% del consumo total de energía eléctrica no residencial y de distribución de potencia.

[0006] La aplicación de filtrado de armónicos de neutro y/o de tierra puede dar como resultado una mayor confiabilidad de los equipos, un mejor funcionamiento de los equipos, una mejor comunicación inalámbrica mediante la eliminación del ruido de RF, así como la reducción del consumo de energía mediante la eliminación de pérdidas armónicas de neutro/tierra, entre otros beneficios. Mediante el esfuerzo aplicado, la inventiva y la innovación, se han resuelto las deficiencias y los problemas relacionados con el neutro y la tierra del sistema eléctrico a través del desarrollo de soluciones configuradas de acuerdo con las modalidades de la presente divulgación.

SUMARIO DE LA INVENCION

[0007] En general, las modalidades de la presente divulgación proporcionan dispositivos, filtros, aparatos, sistemas, métodos y/o equivalentes para mitigar los armónicos de neutro y/o de tierra mediante un sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra. Los detalles de algunas modalidades de la materia objeto descrita en la presente especificación se establecen en los dibujos anexos y en la descripción que se incluye a continuación. Otros atributos, aspectos y ventajas de la materia objeto resultarán evidentes a partir de la descripción, los dibujos y las reivindicaciones.

[0008] En diversas modalidades, un sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra puede comprender una primera unidad de bobina y una segunda unidad de bobina. La primera unidad de bobina puede comprender una primera bobina de alambre conductor, un material aislante y una primera estructura mecánica no conductora. La primera bobina de alambre conductor se encuentra suspendida en el material aislante dispuesto en la primera estructura mecánica no conductora. La segunda unidad de bobina puede comprender una segunda bobina de alambre conductor, un material ferroso y una segunda estructura mecánica no conductora. La segunda unidad de bobina se encuentra suspendida en el material ferroso dispuesto en la segunda estructura mecánica no conductora. Si bien se utiliza el término "material ferroso", el material ferroso puede comprender tanto partículas ferrosas como no ferrosas, tales como partículas metálicas y partículas de grafito. En algunas modalidades, el material ferroso puede comprender una mayor cantidad de

partículas metálicas en comparación con las partículas de grafito. En una modalidad, el material ferroso puede comprender aproximadamente 2/3 de partículas metálicas y aproximadamente 1/3 de partículas de grafito. Como se reconocerá, las proporciones de las diferentes partículas pueden variar para adaptarse a diversas necesidades y circunstancias, tales como el entorno y/o la aplicación. En algunas modalidades, un primer extremo de la primera bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un primer contacto que se extiende desde la primera estructura mecánica no conductora, y un segundo extremo opuesto de la primera bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un primer extremo de la segunda bobina de alambre conductor. Un segundo extremo opuesto de la segunda bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un segundo contacto que se extiende desde la segunda estructura mecánica no conductora. En algunas modalidades, la primera bobina de alambre conductor y la segunda bobina de alambre conductor comprenden un mismo número de vueltas de alambre conductor, por ejemplo, doce vueltas. En algunas otras modalidades, la primera bobina de alambre conductor y la segunda bobina de alambre conductor pueden comprender un número diferente de vueltas de alambre conductor. En algunas modalidades, la primera y segunda bobinas de alambre conductor pueden comprender alambres de cobre.

[0009] De acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación, la primera y segunda estructuras mecánicas no conductoras comprenden un primer tubo no conductor y un segundo tubo no conductor, respectivamente. En algunas modalidades, una distancia entre un centro del primer tubo no conductor y un centro del segundo tubo no conductor puede estar dentro de un intervalo entre una pulgada (2.54 cm) y tres pulgadas (7.62 cm), por ejemplo, menos de 2.25 pulgadas (5.7 cm).

[0010] De acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación, el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra también puede comprender una unidad de alojamiento en la cual se encuentran dispuestas tanto la primera unidad de bobina como la segunda unidad de bobina. En algunas modalidades, la unidad de alojamiento puede comprender un bucle de puesta a tierra. En algunas modalidades, el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra también puede comprender un material aislante de alojamiento dispuesto en la unidad de alojamiento. En algunas

modalidades, el material aislante de alojamiento puede comprender epoxi y acetona. En algunas modalidades, el primer y segundo contactos también pueden extenderse desde la unidad de alojamiento, lo que proporciona contactos eléctricos a otros sistemas eléctricos.

[0011] De acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación, el primer contacto y el segundo contacto del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra se acoplan eléctricamente a una primera ubicación y a una segunda ubicación de una barra conductora (por ejemplo, una barra de neutro o una barra de tierra) de un sistema eléctrico, respectivamente, para mitigar los armónicos de neutro y/o de tierra. La primera ubicación y la segunda ubicación se encuentran separadas de tal modo que un primer conjunto de alambres conductores del sistema eléctrico se acopla eléctricamente a la barra conductora en ubicaciones situadas entre la primera ubicación y la segunda ubicación. Cuando el primer contacto y el segundo contacto del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra se acoplan eléctricamente a la barra de neutro, el primer conjunto de alambres conductores comprende todos los alambres de neutro del sistema eléctrico que se acoplan eléctricamente a la barra de neutro. Cuando el primer contacto y el segundo contacto del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra se acoplan eléctricamente a la barra de tierra, el primer conjunto de alambres conductores comprende todos los alambres de puesta a tierra del sistema eléctrico que se acoplan eléctricamente a la barra de tierra.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0012] A continuación, se hará referencia a los dibujos anexos, los cuales no necesariamente se encuentran a escala, en donde:

[0013] La Figura 1 muestra un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación;

[0014] La Figura 2 muestra otro ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación;

[0015] La Figura 3 muestra aún otro ejemplo de sistema de filtro de armónicos, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación;

[0016] La Figura 4 muestra un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de

tierra acoplado a un ejemplo de sistema eléctrico, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación;

[0017] La Figura 5 muestra una vista en corte de un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación;

5 [0018] La Figura 6 muestra un ejemplo de bobina de alambre conductor, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

10 [0019] A continuación se describen en mayor detalle diversas modalidades de la presente divulgación con referencia a los dibujos anexos, en los cuales se muestran algunas, pero no todas las modalidades de la presente divulgación. En efecto, la presente divulgación puede materializarse en muchas formas diferentes y no debe interpretarse en el sentido de que se limita a las modalidades aquí expuestas; más bien, estas modalidades se proporcionan para que esta divulgación cumpla con los requisitos legales aplicables. El término "o" se utiliza en este documento tanto en el sentido

15 alternativo como en el conjuntivo, salvo indicación en contrario. Los términos "ilustrativo" y "ejemplo" se utilizan como ejemplos, pero sin indicar un nivel de calidad. Términos tales como "calcular," "determinar," "generar" y/o palabras similares se utilizan de forma intercambiable en este documento para referirse a la creación, modificación o identificación de datos. Asimismo, las expresiones "con base en," "con base por lo menos en parte en," "con base por lo menos en" y/o términos similares se

20 utilizan de forma intercambiable en un sentido abierto, de manera que no indican necesariamente que están basados únicamente o exclusivamente en el elemento o los elementos de referencia, salvo que así se indique. Números similares hacen referencia a elementos similares en todo el documento.

[0020] Tal como se expuso anteriormente, aunque se ha dedicado un esfuerzo considerable a resolver condiciones de armónicos de potencia, se ha dedicado un esfuerzo escaso

25 o nulo a los armónicos de neutro y/o de tierra. Diversas modalidades de la presente divulgación se dirigen a aparatos, sistemas y métodos para el filtrado de armónicos de neutro y/o de tierra.

[0021] En algunas modalidades, un sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra

100 comprende un filtro inductivo de derivación para corriente. Los términos sistema, filtro, dispositivo

y/o palabras similares pueden utilizarse de forma intercambiable en este documento para referirse al sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 en su conjunto o a ciertos componentes de forma individual. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 está diseñado para modificar la impedancia del circuito con el fin de suavizar la forma de onda de la corriente de neutro y de tierra mediante la interacción de campos magnéticos entre dos o más bobinas. En una modalidad, existen dos bobinas. En otra modalidad, existen tres bobinas. En aún otra modalidad, existen cuatro bobinas.. El número de bobinas puede variar para adaptarse a distintas necesidades y circunstancias, tales como el entorno y la aplicación.

[0022] Las bobinas pueden comprender conductores aislados o sin aislamiento, enrollados alrededor de un tubo conductor o no conductor, o en aire. Estas bobinas pueden colocarse en recipientes o en una carcasa, una unidad de alojamiento y/o términos similares utilizados de forma intercambiable, con o sin una mezcla ferrosa o ferroso/grafito. Las bobinas se colocan en una configuración seleccionada para sintonizar el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 a intervalos específicos de frecuencias de corriente armónica. Las bobinas se enrollan en la misma dirección o en dirección opuesta con el fin de filtrar frecuencias específicas. Un primer conductor aislado se conecta a un extremo de la primera bobina, y el extremo opuesto de la primera bobina se conecta a un extremo de la segunda bobina (y así sucesivamente), en donde el conductor aislado final (o último) corresponde a la última bobina. El primer y el último conductores aislados se proyectan desde una unidad de alojamiento 102 del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100. Un conductor aislado de tierra se conecta a la unidad de alojamiento, en caso de que sea metálica, para fines de seguridad y con el fin de utilizar carcasas metálicas o unidades de alojamiento, tal como una jaula de Faraday, para reducir la EMI/RFI (inducción electromagnética/interferencia de radiofrecuencia). En casos en los que se utilizan materiales no metálicos para la unidad de alojamiento 102, la unidad de alojamiento 102 puede comprender una jaula de Faraday que rodea las bobinas internas y los materiales, y que se conecta mediante un conductor aislado de tierra que se extiende desde la unidad de alojamiento 102.

[0023] La orientación del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 no tiene efecto en el funcionamiento. En el caso del filtrado de armónicos de neutro, uno de los primeros y

últimos conductores aislados del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 se conecta a un extremo del conductor de neutro asociado o de la barra de neutro asociada, y el otro se conecta al otro extremo del conductor de neutro asociado o de la barra de neutro asociada, abarcando cualquier conductor de neutro de carga. El conductor de tierra se conecta a tierra.

5 **[0024]** En el caso del filtrado de armónicos de tierra, uno de los primeros y últimos conductores aislados del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 se conecta a un extremo del conductor de tierra asociado o de la barra de tierra asociada, y el otro se conecta al otro extremo del conductor de tierra asociado o de la barra de tierra asociada, en una ubicación del conductor de tierra asociado que proporcione una caída de tensión resistiva. El conductor de tierra
10 se conecta a una ubicación de tierra independiente, tal como la carcasa eléctrica que el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 está filtrando.

[0025] El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 puede utilizarse para mitigar armónicos de neutro y/o de tierra en muchas aplicaciones, incluyendo, entre otros, los conductores de neutro y/o de tierra de sistemas y controles de energía solar, sistemas de energía
15 eólica, sistemas de energía geotérmica, fuentes de alimentación ininterrumpible, variadores de frecuencia variable, arranques suaves, sistemas de carga de vehículos o equipos, sistemas de maquinaria, otros sistemas de generación de energía, controles, PLC y/u otros dispositivos, componentes, sistemas y/o similares que generen armónicos de neutro y/o de tierra, así como sistemas eléctricos o mecánicos que contengan una trayectoria de tierra o de neutro.

20 A. Ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra

[0026] De acuerdo con diversas modalidades, se proporciona un sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100. Un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 se muestra en la Figura 1, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 comprende una unidad de alojamiento 102. En algunas modalidades, la unidad de alojamiento 102 puede estar fabricada de un material conductor, tal como aluminio, aleación de aluminio, placa metálica u otro tipo de material conductor. La unidad de alojamiento 102 puede proporcionar una jaula de Faraday para la
25

eliminación de RFI/EMI. En algunas otras modalidades, la unidad de alojamiento 102 puede estar fabricada de un material no conductor, tal como plástico, fibra de vidrio u otro tipo de material no conductor. A modo de ejemplo no limitativo, el material no conductor de la unidad de alojamiento 102 es un polímero termoplástico derivado del petróleo (HDPE). En ciertas modalidades en las que la unidad de alojamiento 102 está fabricada de material no conductor, la unidad de alojamiento 102 puede comprender una jaula de Faraday que rodea las bobinas de alambre conductor y otros componentes dispuestos dentro de la unidad de alojamiento 102 para mitigar la EMI/RFI.

[0027] En algunas modalidades, el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 también comprende por lo menos una primera unidad de bobina 104 y una segunda unidad de bobina 106 dispuestas dentro de la unidad de alojamiento 102. En una o más modalidades, la unidad de alojamiento 102 también comprende un bucle de puesta a tierra 108 que sirve como conexión de tierra a la unidad de alojamiento. En una o más modalidades, el bucle de puesta a tierra 108 puede ser un alambre de puesta a tierra que esté fabricado de cobre u otro tipo de material conductor.

[0028] En una o más modalidades, la primera unidad de bobina 104 se encuentra separada de la segunda unidad de bobina 106 por una distancia A. Por ejemplo, en una o más modalidades, la distancia A entre la primera unidad de bobina 104 y la segunda unidad de bobina 106 (por ejemplo, entre un centro de la primera unidad de bobina 104 y un centro de la segunda unidad de bobina 106) es menor a 2.25 pulgadas (5.72 cm). En algunas modalidades, la distancia A entre la primera unidad de bobina 104 y la segunda unidad de bobina 106 puede estar dentro de un intervalo, tal como entre 0.75 pulgadas (1.91 cm) y 2.5 pulgadas (6.35 cm). En una modalidad, la distancia A puede ser igual o aproximadamente 1.25 pulgadas (3.18 cm). Sin embargo, debe entenderse que la distancia A entre la primera unidad de bobina 104 y la segunda unidad de bobina 106 puede ser otro valor que sea menor a 2.5 pulgadas (6.35 cm) y mayor de 0.0 pulgadas (0.00 cm). Tal como se apreciará, los intervalos especificados pueden modificarse para adaptarse a las diversas necesidades y circunstancias, tales como el entorno y/o la aplicación.

[0029] La unidad de alojamiento 102 incluye una longitud B y una anchura C. En algunas modalidades, la longitud B puede estar dentro de un intervalo, tal como entre 2 pulgadas (5.08 cm) y 6 pulgadas (15.24 cm). En una modalidad, la longitud B de la unidad de alojamiento 102 es igual o

aproximadamente 4.52 pulgadas (11.48 cm). Además, en una o más modalidades, la anchura C de la unidad de alojamiento 102 puede estar dentro de un intervalo, tal como entre 2 pulgadas (5.08 cm) y 6 pulgadas (15.24 cm). En una modalidad, la anchura C de la unidad de alojamiento 102 es menor que la longitud y es igual o aproximadamente 2.76 pulgadas (7.01 cm). En una o más modalidades, la unidad de alojamiento 102 también incluye una profundidad que puede estar dentro de un intervalo, tal como entre 1 pulgada (2.54 cm) y 6 pulgadas (15.24 cm). En una modalidad, la profundidad de la unidad de alojamiento 102 es igual o aproximadamente 2.24 pulgadas (5.69 cm). Del mismo modo, la unidad de alojamiento 102 tiene un volumen. En una modalidad, el volumen es igual o aproximadamente 20.75 pulgadas cúbicas (340.20 cm³). Tal como se apreciará, los intervalos especificados pueden modificarse para adaptarse a las diversas necesidades y circunstancias, tales como el entorno y/o la aplicación.

[0030] En una o más modalidades, el bucle de puesta a tierra 108 tiene una longitud y una anchura. En algunas modalidades, la longitud puede ser entre 1 pulgada (2.54 cm) y 6 pulgadas (15.24 cm), y la anchura puede ser entre 1 pulgada (2.54 cm) y 6 pulgadas (15.24 cm). En una modalidad, el bucle de puesta a tierra 108 es igual o aproximadamente 2.90 pulgadas (7.37 cm) de longitud y 2.60 pulgadas (6.60 cm) de anchura. Además, el bucle de puesta a tierra 108 puede ser un alambre de calibre 10, un alambre de calibre 12 o cualquier otro alambre con un calibre diferente (por ejemplo, un diámetro diferente de alambre).

[0031] En una o más modalidades, cada una de la primera unidad de bobina 104 y la segunda unidad de bobina 106 puede comprender un alojamiento de bobina y una bobina de alambre conductor dispuesta dentro del alojamiento de bobina correspondiente. Cada alojamiento de bobina puede estar fabricado de un material metálico o de un material no metálico. La bobina de alambre conductor dispuesta dentro de cada alojamiento de bobina puede estar aislada o sin aislamiento. Por ejemplo, la primera unidad de bobina 104 puede comprender un primer alojamiento no metálico, tal como una primera estructura mecánica no conductora (por ejemplo, un primer tubo no conductor), y una bobina de alambre conductor aislada; y la segunda unidad de bobina 106 puede comprender un segundo alojamiento no metálico, tal como una segunda estructura mecánica no conductora (por ejemplo, un segundo tubo no conductor), y una bobina de alambre conductor sin aislamiento.

[0032] En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor aislada de la primera unidad de bobina 104 está rodeada por un material aislante. Por ejemplo, la bobina de alambre conductor aislada de la primera unidad de bobina 104 puede estar suspendida por el material aislante dispuesto en la primera unidad de bobina 104. El material aislante puede ser aire u otro tipo de material aislante. En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor sin aislamiento de la segunda unidad de bobina 106 está rodeada por un material metálico incluido en la segunda unidad de bobina 106. Por ejemplo, la bobina de alambre conductor sin aislamiento de la segunda unidad de bobina 106 puede estar suspendida por un material ferroso (o matriz ferrosa) dispuesto en la segunda unidad de bobina 106. Tal como se señaló anteriormente, el material ferroso puede comprender tanto partículas ferrosas como partículas no ferrosas. En una o más modalidades, el material ferroso comprende una mayor cantidad de partículas ferrosas en comparación con las partículas no ferrosas. En una modalidad, los materiales ferrosos puede incluir aproximadamente 2/3 de partículas metálicas y aproximadamente 1/3 de grafito en polvo. Sin embargo, debe entenderse que el material ferroso puede incluir una proporción diferente de partículas ferrosas en comparación con las partículas no ferrosas. El material ferroso puede ser limaduras ferrosas (por ejemplo, virutas ferrosas) de material ferroso a microescala. Sin embargo, debe entenderse que en ciertas modalidades, la primera unidad de bobina 104 es, de manera alternativa, un alojamiento de bobina sin aislamiento y la segunda unidad de bobina 106 es, de manera alternativa, un alojamiento de bobina aislada.

[0033] En una o más modalidades, la primera estructura mecánica no conductora y/o la segunda estructura mecánica no conductora comprende cloruro de polivinilo (PVC). Por ejemplo, la primera estructura mecánica no conductora y/o la segunda estructura mecánica no conductora puede ser un tubo de PVC de Cédula 40, un plástico de polietileno de alta densidad (HDPE) u otro tipo de tubo de PVC.

[0034] En una o más modalidades, el alambre conductor aislado o sin aislamiento de las bobinas puede estar rodeado por un material aislante. En algunas otras modalidades, las bobinas puede estar confinadas unas dentro de otras y pueden o no incluir material ferroso y grafito.

[0035] La Figura 2 ilustra un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de

tierra 100', de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100' puede ser una modalidad alternativa del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100' comprende la unidad de alojamiento 102, la primera unidad de bobina 104 y la segunda unidad de bobina 106. La unidad de alojamiento 102 comprende el bucle de puesta a tierra 108.

[0036] En una o más modalidades, la primera unidad de bobina 104 comprende una bobina de alambre conductor 202 y un material aislante 204. La bobina de alambre conductor 202 y el material aislante 204 pueden disponerse en una estructura mecánica no conductora (por ejemplo, un alojamiento de bobina, tal como un tubo no conductor, etc.). En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor 202 se encuentra suspendida en el material aislante 204 dispuesto en la estructura mecánica no conductora, tal como el tubo no conductor, de la primera unidad de bobina 104. En una o más modalidades, el material aislante 204 es aire u otro tipo de material aislante.

[0037] En una o más modalidades, la segunda unidad de bobina 106 comprende una bobina de alambre conductor 206 y un material ferroso 208. La bobina de alambre conductor 206 y el material ferroso 208 pueden disponerse en una estructura mecánica no conductora (por ejemplo, un alojamiento de bobina, tal como un tubo no conductor, etc.). En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor 206 se encuentra suspendida en el material ferroso 208 dispuesto en la estructura mecánica no conductora, tal como el tubo no conductor, de la segunda unidad de bobina 106. En una o más modalidades, el material ferroso 208 comprende partículas metálicas y partículas de grafito. En una o más modalidades, el material ferroso 208 comprende una mayor cantidad de partículas metálicas en comparación con las partículas de grafito. Por ejemplo, el material ferroso 208 puede incluir aproximadamente 2/3 de partículas metálicas y aproximadamente 1/3 de partículas de grafito. Sin embargo, tal como se señaló anteriormente, debe entenderse que el material ferroso 208 puede incluir una proporción diferente de partículas ferrosas (por ejemplo, material metálico) en comparación con las partículas no ferrosas (por ejemplo, material de grafito). El material ferroso puede ser limaduras ferrosas (por ejemplo, virutas ferrosas) de material ferroso a microescala.

[0038] En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor 202 comprende un primer devanado de bobina en una primera dirección, y la bobina de alambre conductor 206

comprende un segundo devanado de bobina en una segunda dirección que es opuesta a la primera dirección. Por ejemplo, la primera dirección del primer devanado de bobina de la bobina de alambre conductor 202 puede ser en el sentido de las agujas del reloj y la segunda dirección del segundo devanado de bobina de la bobina de alambre conductor 206 puede ser en sentido contrario a las agujas del reloj. En otro ejemplo, la primera dirección del primer devanado de bobina de la bobina de alambre conductor 202 puede ser en el sentido contrario a las agujas del reloj, y la segunda dirección del segundo devanado de bobina de la bobina de alambre conductor 206 puede ser en el sentido de las agujas del reloj. Sin embargo, en una o más modalidades alternativas, un devanado de bobina de la bobina de alambre conductor 202 y de la bobina de alambre conductor 206 puede estar en una misma dirección correspondiente (por ejemplo, en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario a las agujas del reloj).

[0039] En una o más modalidades, la dimensionalidad de la bobina de alambre conductor 202 es diferente a la de la bobina de alambre conductor 206. En una o más modalidades, una longitud de la bobina de alambre conductor 202 es mayor que una longitud de la bobina de alambre conductor 206, en donde ambas longitudes se encuentran dentro de un intervalo, tal como entre 1 pulgada (2.54 cm) y 5 pulgadas (12.70 cm). En una modalidad, la longitud de la bobina de alambre conductor 202 es igual o aproximadamente 2.55 pulgadas (6.48 cm), y una longitud de la bobina de alambre conductor 206 puede ser igual o aproximadamente 1.89 pulgadas (4.80 cm).

[0040] En una o más modalidades, un diámetro de la bobina de alambre conductor 202 puede ser mayor que un diámetro de la bobina de alambre conductor 206, en donde cada diámetro se encuentra dentro de un intervalo, tal como entre 0.1 pulgadas (0.25 cm) y 1.5 pulgadas (3.81 cm). En una modalidad, el diámetro de la bobina de alambre conductor 202 puede ser igual o aproximadamente 0.58 pulgadas (1.47 cm), y el diámetro de la bobina de alambre conductor 206 puede ser igual o aproximadamente 0.48 pulgadas (1.22 cm). Tal como se apreciará, los intervalos especificados pueden modificarse para adaptarse a las diversas necesidades y circunstancias, tales como el entorno y/o la aplicación.

[0041] En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor 202 y la bobina de alambre conductor 206 pueden comprender un número correspondiente de vueltas de bobina dentro

de un intervalo, tal como entre 8 y 1,000 vueltas de bobina (o incluso más). En una modalidad, tanto la bobina de alambre conductor 202 como la bobina de alambre conductor 206 pueden incluir 12 vueltas de bobina. En otra modalidad, tanto la bobina de alambre conductor 202 como la bobina de alambre conductor 206 pueden incluir 24 vueltas de bobina. En aún otra modalidad adicional, tanto la bobina de alambre conductor 202 como la bobina de alambre conductor 206 pueden incluir 50 vueltas de bobina. En aún otra modalidad, tanto la bobina de alambre conductor 202 como la bobina de alambre conductor 206 pueden incluir 1,000 vueltas de bobina (o incluso más). Sin embargo, en ciertas modalidades, el número de vueltas de bobina de la bobina de alambre conductor 202 puede ser diferente del número de vueltas de bobina de la bobina de alambre conductor 206, en donde ambos están dentro del intervalo de entre 8 y 1,000 vueltas de bobina (o incluso más). Tal como se apreciará, los intervalos especificados pueden modificarse para adaptarse a las diversas necesidades y circunstancias, tales como el entorno y/o la aplicación.

[0042] En una o más modalidades, la bobina de alambre conductor 202 comprende un primer extremo acoplado a un contacto 210 y un segundo extremo opuesto al primer extremo. La bobina de alambre conductor 206 comprende un segundo extremo acoplado a un contacto 212 y un primer extremo opuesto al segundo extremo. El segundo extremo de la bobina de alambre conductor 202 se acopla eléctricamente al primer extremo de la bobina de alambre conductor 206. El contacto 210 puede extenderse desde la unidad de alojamiento 102. Además, el contacto 210 puede configurarse para acoplarse eléctrica y/o mecánicamente a una primera ubicación de un conductor de neutro (o barra de neutro) o de un conductor de tierra (o barra de tierra) de un sistema de energía eléctrica. El contacto 212 también puede extenderse desde la unidad de alojamiento 102. Además, el contacto 212 puede configurarse para acoplarse eléctrica y/o mecánicamente a una segunda ubicación de un conductor de neutro (o barra de neutro) o de un conductor de tierra (o barra de tierra) del sistema de energía eléctrica.

[0043] La Figura 3 ilustra un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100", de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100" puede ser una modalidad alternativa del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100 y/o del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra

100'. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100" comprende la unidad de alojamiento 102, la primera unidad de bobina 104 y la segunda unidad de bobina 106. La unidad de alojamiento 102 comprende el bucle de puesta a tierra 108. En una o más modalidades, la primera unidad de bobina 104 comprende la bobina de alambre conductor 202 y el material aislante 204.

5 Además, en una o más modalidades, la segunda unidad de bobina 106 comprende la bobina de alambre conductor 206 y el material ferroso 208.

[0044] En una o más modalidades, el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100" también comprende un material aislante de alojamiento 302. Por ejemplo, el material aislante de alojamiento 302 puede disponerse en la unidad de alojamiento 102. El material aislante de alojamiento 302 puede comprender epoxi, silicona, arena y/o cualquier otro tipo de material aislante.

10 En ciertas modalidades, el material aislante de alojamiento 302 puede comprender una combinación de epoxi, silicona, arena y/o algún otro tipo de material aislante. En una o más modalidades, el material aislante de alojamiento 302 puede comprender una combinación de epoxi y arena. En algunas otras modalidades, el material aislante de alojamiento 302 puede comprender una

15 combinación de epoxi y acetona. La acetona puede reducir el tiempo necesario para que el material aislante de alojamiento se endurezca, lo que reduce la probabilidad de fugas en las bobinas debido al calor extremo. El material aislante de alojamiento 302 puede proporcionar una o más ventajas a la unidad de alojamiento 102, la primera unidad de bobina 104, la segunda unidad de bobina 106 y/o el bucle de puesta a tierra 108. Por ejemplo, el material aislante de alojamiento 302 puede

20 proporcionar impermeabilización para la primera unidad de bobina 104, la segunda unidad de bobina 106 y/o el bucle de puesta a tierra 108 con el fin de mantener la conductividad adecuada en diferentes condiciones ambientales de la unidad de alojamiento 102.

B. Ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra acoplado a sistemas eléctricos

[0045] La Figura 4 ilustra un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra acoplado a un ejemplo de sistema eléctrico 400, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación. En una o más modalidades, el contacto 210 del filtro de armónicos de neutro

y/o de tierra se acopla eléctricamente a una primera ubicación 410 de una barra conductora 402. El contacto 212 del filtro de armónicos de neutro y/o de tierra se acopla eléctricamente a una segunda ubicación 412 de la barra conductora 402. La barra conductora 402 puede ser un conductor de neutro (o barra de neutro) o un conductor de tierra (o barra de tierra) del sistema eléctrico 400. La primera ubicación 410 y la segunda ubicación 412 se encuentran separadas, de tal modo que todos los alambres de neutro o los alambres de tierra se conecten al conductor de neutro o al conductor de tierra entre la primera ubicación y la segunda ubicación. Debe señalarse que otros componentes del sistema eléctrico y las conexiones situadas entre estos componentes y la barra conductora 402 no se muestran en la Figura 4.

[0046] En una o más modalidades, el sistema eléctrico 400 puede ser, incluir o estar asociado a sistemas y controles de energía solar, sistemas de energía eólica, sistemas de energía geotérmica, fuentes de alimentación ininterrumpible, variadores de frecuencia variable, arranques suaves, sistemas de carga de vehículos o equipos, sistemas de maquinaria, otros sistemas de generación de energía, controles, PLC y/u otros dispositivos, componentes, sistemas y/o similares que generen armónicos de neutro y/o de tierra, así como sistemas eléctricos o mecánicos que contengan una trayectoria de tierra o neutro.

[0047] En ciertas modalidades, la unidad de alojamiento 102 se acopla de forma extraíble al sistema eléctrico 400. Por ejemplo, la unidad de alojamiento 102 puede acoplarse al sistema eléctrico 400 (y puede extraerse del sistema eléctrico 400) mediante un acoplamiento mecánico (por ejemplo, Velcro®), un acoplamiento químico u otro tipo de acoplamiento.

[0048] En algunas modalidades, la unidad de alojamiento 102 puede acoplarse al exterior del sistema eléctrico 400. En algunas otras modalidades, la unidad de alojamiento 102 puede acoplarse al interior del sistema eléctrico 400.

[0049] La Figura 5 ilustra una vista en corte de un ejemplo de sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 500, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 500 puede ser una modalidad alternativa del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100, del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100' y/o del sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 100". El sistema de

filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 500 comprende la unidad de alojamiento 102, la primera unidad de bobina 104, la segunda unidad de bobina 106 y los contactos 210 y 212. En diversas modalidades, el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra 500 puede proporcionar una mayor eficiencia en el uso de energía eléctrica para un sistema de energía eléctrica.

5

C. Ejemplo de bobina de alambre conductor

[0050] La Figura 6 ilustra un ejemplo de bobina de alambre conductor 600, de acuerdo con una o más modalidades de la presente divulgación. Por ejemplo, la bobina de alambre conductor 600 puede corresponder a la bobina de alambre conductor 202 de la primera unidad de bobina 104 y/o a la bobina de alambre conductor 206 de la segunda unidad de bobina 106. Una ecuación (1) puede utilizarse para calcular una inductancia L de la bobina de alambre conductor 600:

10

$$L = \mu_0 N^2 a \left(\ln(1 + \pi a/b) + \frac{1}{2.3+1.6 b/a+0.44(b/a)^2} \right) \quad (1)$$

En donde μ_0 corresponde a la permeabilidad de los materiales, incluido el aire, N corresponde al número de vueltas de bobina, a corresponde al radio de la bobina de alambre conductor 600 y b corresponde a la longitud de la bobina de alambre conductor 600.

15

[0051] Cuando dos o más bobinas se acoplan entre sí, la inductancia de cada bobina individual también se ve afectada por la inductancia mutua, además de los factores incluidos en la ecuación (1). La inductancia mutua por lo general se calcula mediante la ecuación (2).

$$L_{pq} = \frac{N_p k_{pq} \phi_{pq}}{i_q} \quad (2)$$

En donde N_p es el número de vueltas en la bobina número p; k_{pq} es el coeficiente de acoplamiento entre la bobina número p y la bobina número q, y se define como la fracción del flujo producido por la bobina número q que se acopla a la bobina número p; y ϕ_{pq} es el flujo magnético que pasa a través de la bobina número p debido a la bobina número q. Para $p \neq q$, a L_{pq} se le denomina la inductancia mutua entre las bobinas p y q; para $p = q$, L_{pq} es la autoinductancia de la bobina p. Los campos magnéticos resultantes se oponen a los cambios en el flujo magnético y a la forma de onda de corriente resultante.

20

25

[0052] En un ejemplo de modalidad, los parámetros asociados a la bobina de alambre

conductor 202 de la primera unidad de bobina 104 y la bobina de alambre conductor 206 de la segunda unidad de bobina 106 se muestran en la Tabla A. La inductancia de cada bobina se proporciona en la Tabla A con base en la ecuación (1) (sin incluir la inductancia mutua).

Tabla A. Ejemplos de datos

	bobina de alambre conductor 206	bobina de alambre conductor 202
a (pulgadas)	0.212	0.25
b (pulgadas)	1.89	2.2
N	12.5	12.5
μ_0	0.4π	0.4π
L(uH)	0.33953845	0.405157757

5

[0053] Para filtrar eficazmente los armónicos distintos a la frecuencia de línea, la impedancia deseada del filtro debe ser alta en las frecuencias armónicas asociadas. La impedancia del circuito puede representarse como se muestra en la ecuación (3).

$$Z = R + jn\omega L_{total} \quad (3)$$

10

En donde Z es la impedancia en ohmios, R es la resistencia en corriente continua, j es la unidad imaginaria que representa el cambio de fase entre el voltaje y la corriente, L_{total} es la inductancia total de múltiples bobinas de alambre conductor en el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra, y $n\omega L_{total}$ es la reactancia inductiva ($2\pi n f L_{total}$) en los enésimos armónicos.

[0054] En un circuito en paralelo, la corriente es inversamente proporcional a la impedancia.

15

En el caso de las corrientes armónicas, la alta reactancia del inductor a frecuencias elevadas significa que la mayor parte de la corriente armónica fluirá a través del inductor, reduciendo la cantidad que fluye a través del resto del circuito. Las corrientes de alta frecuencia fluyen y disipan su energía en forma de un campo magnético dentro del inductor. La corriente total que fluye a través del filtro de armónicos de neutro y/o de tierra puede ser igual a la corriente armónica total dentro del conjunto de corrientes armónicas sintonizadas.

20

D. Conclusión

[0055] Muchas modificaciones y otras modalidades de las divulgaciones aquí expuestas

serán evidentes para un experto en la materia correspondiente a estas divulgaciones, al contar con el beneficio de las enseñanzas presentadas en las descripciones precedentes y en los dibujos asociados. Por lo tanto, se entenderá que las divulgaciones no deben limitarse a las modalidades específicas descritas y que tales modificaciones y otras modalidades pretenden incluirse en el alcance de las reivindicaciones anexas. Las modificaciones pueden incluir, entre otras, materiales, número de bobinas, número de vueltas y ubicación de las bobinas en una carcasa. Aunque en este documento se emplean términos específicos, éstos se utilizan en un sentido genérico y descriptivo solamente y no con fines limitativos.

E. Ejemplos

[0056] Los ejemplos se proporcionan con fines explicativos.

[0057] Ejemplo 1. Un sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra, el cual comprende: una primera unidad de bobina que comprende una primera bobina de alambre conductor, en donde: (1) la primera bobina de alambre conductor comprende un primer extremo y un segundo extremo opuesto, (2) la primera bobina de alambre conductor se encuentra suspendida en un material aislante, (3) la primera bobina de alambre conductor y el material aislante se disponen en una primera estructura mecánica no conductora, y (4) el primer extremo de la primera bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un primer contacto que se extiende desde la primera estructura mecánica no conductora; y una segunda unidad de bobina que comprende una segunda bobina de alambre conductor, en donde: (1) la segunda bobina de alambre conductor comprende un primer extremo y un segundo extremo opuesto, (2) la segunda bobina de alambre conductor se encuentra suspendida en un material ferroso, en donde el material ferroso comprende partículas metálicas y partículas de grafito, (3) la segunda bobina de alambre conductor y el material ferroso se disponen en una segunda estructura mecánica no conductora, (4) el segundo extremo opuesto de la segunda bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un segundo contacto que se extiende desde la segunda estructura mecánica no conductora, y (5) el primer extremo de la segunda bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente al segundo extremo opuesto de la primera bobina de alambre conductor.

[0058] Ejemplo 2. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 1 o de cualquier otro ejemplo, en donde la primera estructura mecánica no conductora comprende un primer tubo no conductor, en donde la segunda estructura mecánica no conductora comprende un segundo tubo no conductor, y en donde una distancia entre un centro del primer tubo no conductor y un centro del segundo tubo no conductor es menor a 2.25 pulgadas (5.72 cm).

[0059] Ejemplo 3. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 1 o de cualquier otro ejemplo, en donde cada una de la primera bobina de alambre conductor y la segunda bobina de alambre conductor comprende entre 12 y 100 vueltas de alambre conductor.

[0060] Ejemplo 4. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 1 o de cualquier otro ejemplo, en donde el material ferroso comprende una mayor cantidad de partículas metálicas en comparación con las partículas de grafito.

[0061] Ejemplo 5. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 4 o de cualquier otro ejemplo, en donde el material ferroso comprende aproximadamente 2/3 de partículas metálicas y 1/3 de partículas de grafito.

[0062] Ejemplo 6. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 1 o de cualquier otro ejemplo, también comprende una unidad de alojamiento en la cual se disponen tanto la primera unidad de bobina como la segunda unidad de bobina.

[0063] Ejemplo 7. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 6 o de cualquier otro ejemplo, en donde la unidad de alojamiento comprende un bucle de puesta a tierra.

[0064] Ejemplo 8. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 6 o de cualquier otro ejemplo, también comprende un material aislante de alojamiento dispuesto en la unidad de alojamiento.

[0065] Ejemplo 9. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 8 o de cualquier otro ejemplo, en donde el material aislante de alojamiento comprende epoxi y acetona.

[0066] Ejemplo 10. El sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra del ejemplo 6 o de cualquier otro ejemplo, en donde el primer contacto y el segundo contacto también se extienden desde la unidad de alojamiento, lo que proporciona contactos eléctricos a otros sistemas eléctricos.

[0067] Ejemplo 11. Un sistema eléctrico, el cual comprende: una barra conductora; y un

sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra que comprende una primera unidad de bobina y una segunda unidad de bobina, y que se configura para mitigar los armónicos de neutro y/o de tierra del sistema eléctrico, en donde: la primera unidad de bobina comprende una primera bobina de alambre conductor, en donde (1) la primera bobina de alambre conductor comprende un primer extremo y un segundo extremo opuesto, (2) la primera bobina de alambre conductor se encuentra suspendida en un material aislante, (3) la primera bobina de alambre conductor y el material aislante se disponen en una primera estructura mecánica no conductora, y (4) el primer extremo de la primera bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un primer contacto que se extiende desde la primera estructura mecánica no conductora; la segunda unidad de bobina comprende una segunda bobina de alambre conductor, en donde (1) la segunda bobina de alambre conductor comprende un primer extremo y un segundo extremo opuesto, (2) la segunda bobina de alambre conductor se encuentra suspendida en un material ferroso, en donde el material ferroso comprende partículas metálicas y partículas de grafito, (3) la segunda bobina de alambre conductor y el material ferroso se disponen en una segunda estructura mecánica no conductora, (4) el segundo extremo opuesto de la segunda bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente a un segundo contacto que se extiende desde la segunda estructura mecánica no conductora, y (5) el primer extremo de la segunda bobina de alambre conductor se acopla eléctricamente al segundo extremo opuesto de la primera bobina de alambre conductor; y el primer contacto y el segundo contacto se acoplan eléctricamente a una primera ubicación y a una segunda ubicación de la barra conductora, respectivamente, en donde la primera ubicación y la segunda ubicación se encuentran separadas, de tal modo que un primer conjunto de alambres conductores del sistema eléctrico se acoplan eléctricamente a la barra conductora en ubicaciones comprendidas entre la primera ubicación y la segunda ubicación.

[0068] Ejemplo 12. El sistema eléctrico del ejemplo 11 o de cualquier otro ejemplo, en donde la barra conductora es una barra de neutro y el primer conjunto de alambres conductores comprende todos los alambres de neutro del sistema eléctrico que se acoplan eléctricamente a la barra de neutro.

[0069] Ejemplo 13. El sistema eléctrico del ejemplo 11 o de cualquier otro ejemplo, en donde la barra conductora es una barra de tierra y el primer conjunto de alambres conductores

comprende todos los alambres de tierra del sistema eléctrico que se acoplan eléctricamente a la barra de tierra.

[0070] Ejemplo 14. El sistema eléctrico del ejemplo 11 o de cualquier otro ejemplo, en donde la primera estructura mecánica no conductora comprende un primer tubo no conductor, en donde la segunda estructura mecánica no conductora comprende un segundo tubo no conductor, y en donde una distancia entre un centro del primer tubo no conductor y un centro del segundo tubo no conductor es menor a 2.25 pulgadas (5.72 cm).

[0071] Ejemplo 15. El sistema eléctrico del ejemplo 11 o de cualquier otro ejemplo, en donde cada una de la primera bobina de alambre conductor y la segunda bobina de alambre conductor comprende 12 vueltas de alambre conductor.

[0072] Ejemplo 16. El sistema eléctrico del ejemplo 11 o de cualquier otro ejemplo, en donde el material ferroso comprende una mayor cantidad de partículas metálicas en comparación con las partículas de grafito.

[0073] Ejemplo 17. El sistema eléctrico del ejemplo 11 o de cualquier otro ejemplo, en donde el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra también comprende una unidad de alojamiento en la cual se disponen tanto la primera unidad de bobina como la segunda unidad de bobina.

[0074] Ejemplo 18. El sistema eléctrico del ejemplo 17 o de cualquier otro ejemplo, en donde la unidad de alojamiento comprende un bucle de puesta a tierra.

[0075] Ejemplo 19. El sistema eléctrico del ejemplo 17 o de cualquier otro ejemplo, en donde el sistema de filtro de armónicos de neutro y/o de tierra también comprende un material aislante de alojamiento dispuesto en la unidad de alojamiento.

[0076] Ejemplo 20. El sistema eléctrico del ejemplo 19 o de cualquier otro ejemplo, en donde el material aislante de alojamiento comprende epoxi y acetona.