P.- 34.505

W.E. 34.278

31 JUL 1963

287197

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

de

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

formulada el 19 de Abril de 1963, con el número 287.197

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION, entidad norteamericana establecida en Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos de América, por:

"UN APARATO ELECTRICO"

La presente invención se refiere a devanados o arrollamientos para un aparato eléctrico inductivo, tal como un transformador, y más en particular a una disposición de conductores y aislamientos en los devanados de tal aparato.

Un método comunmente utilizado para construir arrollamientos para aparatos inductivos consiste en formar una bobina del tipo de galleta o disco plano o base de un conductor principal que comprende una pluralidad de elementos conductores. Cuando las exigencias del aparato

en cuanto a corriente son elevadas, se conectan en paralelo y en número suficiente estas bobinas de galleta delgadas, hasta habilitar la cantidad necesaria de material conductor, o bien hay que aumentar el número de elementos por conductor, conectándose las bobinas en serie. En ambos casos se necesita efectuar multitud de juntas soldadas a fuego, para conectar las bobinas individuales. Las diversas bobinas conectadas en paralelo o en serie están separadas por delgados separadores o arandelas que dan soporte a las bobinas y además proporcionan canales o pasos que permiten la circulación de un medio refrigerante en comunicación térmica con las bobinas.

Cuando las exigencias de corriente de un aparato eléctrico inductivo son elevadas, resultarían más barato poder construir el arrollamiento a base de bobinas de mayor cantidad de material conductor, para no tener que efectuar una multitud de juntas soldadas a fuego. Ahora bien, es preciso resolver otros problemas si se quiere que una bobina construída con una cantidad grande y continua de material conductor sea tan eficaz como una pluralidad de bobinas usuales conectadas en serie o en paralelo.

Uno de tales problemas reside en el hecho de que las pérdidas de Foucault, o por corrientes parásitas, en un conductor de cobre de un aparato inductivo, tal como el devanado de un transformador, varían con el cuadrado de la dimensión del conductor considerada normalmente a la dirección del flujo de dispersión, que en el caso de un devanado del tipo de interposiciones sucesivas, se encuentra aproximadamente en ángulo recto con el eje del devanado, o sea en el plano de las bobinas del arrollamiento.

287197

Para mejorar el rendimiento del aparato eléctrico inductivo, estas pérdidas de Foucault se reducen en magnitud subdividiendo el área de conductor necesaria en una pluralidad de elementos conductores conectados en paralelo, con lo cual se reduce la dimensión del conductor considerada en ángulo recto con la dirección del flujo de dispersión. Los elementos conductores subdivididos se aislan entre sí con papel, esmalte u otro aislamiento adecuado, y los diversos elementos se envuelven o encintan unos con otros formando una sola estructura de conductor, a base de la cual se arrolla la bobina. Aun cuando con el método recién descrito se reducen las pérdidas por corrientes parásitas en los devanados de un transformador, esta reducción se contrarresta con un aumento de pérdidas debido a corrientes de circulación entre los elementos conductores de subdivisión conectados en paralelo. Las pérdidas debidas a corrientes de circulación, en un devanado cuyas bobinas estén hechas a base de elementos conductores en paralelo, pueden reducirse transponiendo los elementos conductores, esto es, modificando su posición relativa, respecto a la dirección del flujo de dispersión. Esta transposición de los elementos conductores impide que unos sean más largos que otros, al ser arrollados concéntricamente, y promedia el efecto de las diferencias en la autoinducción debida al flujo de dispersión en los elementos conductores individuales.

Cuando el número de elementos conductores es pequeño, como sucede en las bobinas de tipo de galleta comunmente utilizadas, es fácil realizar la transposición de los elementos. Ahora bien, cuando el devanado debe llevar grandes

287197

intensidades de corriente, es preciso utilizar muchos elementos conductores, y la transposición de éstos presenta un problema más agudo. Los cables de multitud de elementos conductores transpuestos, de que actualmente se dispone, tienen muchas desventajas, por el hecho de que las dimensiones de la estructura conductora o del cable aumentan en los puntos de transposición, y los elementos conductores se separan por acción elástica y rozan contra los bordes de los elementos conductores contiguos al ser doblado el cable o estructura conductora con poco radio. Por consiguiente, es deseable un arrollamiento para aparato eléctrico inductivo, que tenga gran capacidad de paso de corriente y una pluralidad de elementos conductores. Este arrollamiento o devanado ha de tener un método de transposición, nuevo y perfeccionado, que reduzca pérdidas debidas a corrientes parásitas y a corrientes de circulación, y al propio tiempo presente un alto grado de seguridad contra cortocircuitos entre elementos conductores adyacentes en la estructura conductora o cable.

Asimismo, como la bobina de gran cantidad de material conductor es más gruesa que las usuales bobinas de galleta, la refrigeración de las bobinas se convierte en un importante problema. El método comunmente utilizado para aislar bobinas de galleta contiguas implica cortar bloques romboidales o rectangulares de un material fibroso y pegarlos, según un diseño de distribución prefijado, en una delgada placa hecha de material fibroso. Esta placa o arandela aislante sostiene y aisla las bobinas adyacentes, y además da paso a la circulación del medio refrigerante entre las bobinas. Ahora bien, este procedimiento de cone-

287197

trucción de la arandela aislante es lento y costoso. Por consiguiente, resulta deseable, para un arrollamiento de aparato eléctrico inductivo, de gran capacidad de corriente y hecho de una pluralidad de elementos conductores, un método de refrigeración nuevo y perfeccionado, así como una arandela aislante nueva y perfeccionada para separar las bobinas adyacentes en el arrollamiento.

Es objeto de esta invención un devanado o arrollamiento nuevo y perfeccionado, para aparatos eléctricos.

Otro objeto de esta invención reside en un arrollamiento nuevo y perfeccionado, para aparatos eléctricos, que incluye una bobina hecha de elementos conductores subdivididos.

Otro objeto de esta invención es un arrollamiento, para aparatos eléctricos, que da mayor rendimiento por reducirse las pérdidas de Foucault en el devanado y por reducirse las pérdidas debidas a corrientes de circulación entre los elementos conductores, conectados en paralelo, que componen las bobinas del devanado.

Otro objeto más de la invención reside en un arrollamiento, para aparatos eléctricos, que tiene una disposición de aislantes perfeccionada y da paso más eficazmente a la circulación del medio refrigerante.

Dicho en breves términos, la presente invención alcanza los objetos precitados habilitando un arrollamiento, para aparatos eléctricos, adecuado para grandes intensidades de corriente sin tener que soldar una multitud de secciones de bobina en serie o en paralelo.

La bobina consta de gran número de elementos conductores por cada estructura de conducción, y se hace con un

287197

método perfeccionado de transposición de los elementos conductores. También se habilita un método nuevo y perfeccionado para refrigerar las espiras de la bobina, y una nueva arandela aislante para aislar las bobinas contiguas y dar mejor paso a la circulación del medio refrigerante.

Otros objetos y ventajas de la invención se irán desprendiendo de la descripción que sigue, y los rasgos constitutivos de novedad que caracterizan la invención se señalarán en particular en las reivindicaciones que forman parte de esta Memoria.

Para una más completa comprensión de la naturaleza y los objetos del invento, se hará referencia a la descripción detallada que sigue, tomada en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1A es una vista en planta de una bobina del tipo en el cual puede emplearse esta invención;

- la figura 1B es una sección recta, tomada por la línea 1B-1B de la fig. 1A, que representa los lugares de situación relativa de los elementos conductores y aislantes, y el método de refrigeración empleado según este invento;

- las figuras 2A y 2B son unas vistas en sección recta, representativas de la construcción de unos conductores principales que pueden emplearse para formar la bobina de las figs. 1A y 1B;

- la figura 3A es una vista en planta de una bobina, mostrando una espira de la misma constituída por una pluralidad de conductores;

- la figura 3B muestra el punto de cruce entre dos bobinas;

237197

- las figuras 4A y 4B muestran cómo se saca el principio de una bobina, y de qué modo se doblan los elementos conductores para formar este principio;

- las figuras 5A y 5B son unas vistas isométricas derecha e izquierda, que ilustran el método de transposición utilizado en la bobina de las figs. 1A y 1B;

- la figura 5C ilustra la secuencia de transposición de los conductores subdivididos, en el interior de la bobina de la fig. 1;

- las figuras 6A, 6B y 6C representan en alzado lateral, en planta y en alzado por un extremo, respectivamente, un órgano o elemento aislante que se utiliza para aislar bobinas adyacentes;

- las figuras 7A, 7B y 7C ilustran otra forma de ejecución del invento; y

- la figura 8 ilustra de qué modo pueden cortarse, de una sola hoja o plancha de material aislante, los elementos aislantes utilizados para aislar bobinas adyacentes.

Con referencia a la fig. 1A de los dibujos, una bobina 10 del tipo representado puede estar compuesta de un conductor principal 12 que comprende una pluralidad de elementos conductores subdivididos 14, conectados en paralelo. La fig. 2A ilustra en sección recta el conductor principal 12 de la fig. 1A, y detalla mejor la pluralidad de elementos conductores 14 conectados en paralelo, y el material aislante 15 de los elementos conductores. Si así conviene, puede utilizarse en lugar del elemento conductor de un solo hilo 14, un elemento conductor subdividido 11, como se ilustra en la fig. 2B. El elemento conductor subdividido 11 puede utilizarse para aumentar la capacidad de conduc-

287197

ción de corriente de la bobina 10 de la fig. 1A, sin aumentar las pérdidas de Foucault ni interferir con el procedimiento de bobinado. El elemento conductor subdividido 11 se maneja del mismo modo que el elemento conductor de un solo hilo 14. Los elementos conductores 14 están aislados entre sí por medio de esmalte, papel u otro material aislante adecuado 15, y a continuación se encintan o envuelven juntos, usualmente en dos capas, formando una estructura de conducción llena, o conductor principal 12. Con referencia de nuevo a la fig. 1A, el conductor principal 12 se arrolla luego formando la bobina 10, de modo que cada espira 16 de la bobina 10 queda aislada de la espira 16 adyacente por un órgano o elemento aislante 18. Cuando la bobina 10 haya de llevar muy grandes intensidades de corriente, o bien por otras consideraciones, puede ser conveniente conectar en paralelo una pluralidad de conductores principales 12. La fig. 3A representa una bobina 80, con dos conductores 82 y 84 conectados en disposición de circuito en paralelo. Los conductores 82 y 84 se cruzan en las conexiones de principio 86 y final 88, si se utiliza más de una bobina 80 por arrollamiento. Para llenar el espacio 90 se utiliza un material aislante, tal como cartón prensado. La fig. 3B ilustra el punto de cruce entre dos bobinas, visto por la línea 3B-3B de la fig. 3A. La conexión de una pluralidad de conductores en paralelo mejora asimismo el equilibrio en un transformador, y permite conectar una pluralidad de bobinas 80 en relación de circuito en serie, en lugar de la relación de circuito en paralelo que se utilizaría para bobinas de un solo conductor. Entre los conductores 82 y 84 conectados en paralelo puede utili-

287197

zarse un órgano aislante 18. Volviendo a la fig. 1A, el órgano aislante 18 no sólo sirve para aislar las espiras 16 adyacentes, sino que separa las espiras y da paso para la circulación del medio refrigerante a través de la bobina y en comunicación térmica con cada espira de ésta en sentido transversal. Las delgadas bobinas de galleta que comunmente se utilizan proporcionan paso para la circulación de refrigerante solamente en sentido longitudinal. Esta circulación transversal del medio refrigerante a través de la bobina hace posible el empleo de una bobina dotada de multitud de elementos conductores, porque cada elemento del conductor principal es refrigerado eficaz y adecuadamente.

El órgano aislante 18 utilizado para aislar las espiras adyacentes debe tener no solamente buenas cualidades aislantes, sino también la resistencia mecánica necesaria para sostener las espiras, sin dejar de dar paso adecuado para la circulación de un medio refrigerante. Se ha descubierto que un material fibroso, moldeado o conformado hasta darle unas corrugaciones continuas, proporciona estas necesarias cualidades, y es de manufactura muy fácil y económica. La fig. 1A representa también en secciones parciales un nuevo órgano aislante 30 y 30' utilizado para sostener y aislar bobinas adyacentes. Esta arandela separadora aislante 30 y 30' se describirá con mayor detalle más adelante.

Cuando por cada grupo de arrollamiento se utilice una, o un número impar de estas bobinas del tipo de circulación transversal, el conductor de principio se saca del modo ilustrado por medio del conductor 12 en la fig. 1A. En las bobinas de tipo normalmente en uso hoy en día, se utiliza comunmente un conductor ya preparado, consistente en una

287197

pluralidad de elementos conductores aislados y transpuestos, soldados a fuego al principio 17 de la bobina. En este conductor preparado son necesarias las transposiciones, porque cuando el conductor preparado cruza la bobina 10 junto a las espiras 16, se ve sometido a un fortísimo campo de dispersión, y también a causa de lo relativamente corto de la distancia entre la junta soldada del conductor preparado y el principio de la bobina, y entre la junta soldada y un cable de paso o conexión análoga.

En cambio, las características de proyecto de la bobina del tipo de circulación transversal hacen innecesario el empleo de un conductor preparado aparte y la consiguiente junta soldada a fuego. La bobina del tipo de circulación transversal tiene una gran longitud de elemento conductor por bobina, y la resistencia de éste, por consiguiente, es relativamente elevada. Esta superior resistencia hace practicable el empleo de los elementos que componen el conductor de la bobina en lugar del conductor preparado, siendo innecesaria en este tramo de principio la transposición de los elementos conductores. La fig. 4A ilustra con detalle la manera de sacar los elementos conductores 14 para formar el tramo de principio del conductor 12 para la bobina 10. Los elementos conductores 14 se doblan de modo que las dos capas de elementos 14 que constituyen el conductor 12, formen una capa de hilos mientras cruzan las espiras 16 de la bobina 10. La fig. 4B ilustra el modo de doblar los elementos conductores 14 del conductor 12 formando una capa, mirando desde la línea 4B-4B de la fig. 4A.

La fig. 1B es una sección recta, tomada por la línea 1B-1B de la fig. 1A, que muestra la situación relativa de

las bobinas adyacentes 31, las arandelas separadoras aislantes 30 y las arandelas planas de cartón prensado 29, ilustrando con detalle el camino de circulación del medio refrigerante. El refrigerante entra en la bobina según la flecha 26 y sale según la flecha 28. Para asegurar el paso del refrigerante a través de la bobina por los pasajes 19 formados por los órganos o elementos aislantes 18, el extremo superior del pasaje longitudinal 20 se bloquea con un elemento adecuado 22. El otro pasaje longitudinal 21 está bloqueado por el extremo inferior con un órgano o elemento 24. Con esta disposición de pasajes, el medio refrigerante se ve obligado a entrar en la bobina longitudinalmente según la flecha 26 y a seguir a lo largo del pasaje 20 formado por la arandela separadora aislante 30. Las bobinas 31 adyacentes están separadas por una arandela plana 29, hecha de cartón prensado u otro material adecuado. Como el pasaje 20 está bloqueado por el órgano 22, el refrigerante sólo puede fluir por las aberturas 19 que quedan entre espiras 18, habilitadas por los separadores aislantes 18. Cuando el refrigerante llega al pasaje 21, no puede circular hacia abajo porque se lo impide el órgano de bloqueo 24. Por lo tanto, el refrigerante debe fluir a través de la arandela separadora aislante 30 saliendo de la bobina según la flecha 28. Como fácilmente puede verse por la fig. 1B, esta disposición de refrigeración por circulación transversa hace que el medio refrigerante se ponga en comunicación térmica con todos y cada uno de los elementos conductores y, por consiguiente, haga posible el empleo de gran número de elementos conductores y por tanto el proyecto y realización de una bobina para enormes intensidades de co-

30 JU

rriente.

Para lograr esta forma de refrigeración por circulación transversa, se desarrolló una forma de arandela o separador aislante 30 y 30' para aislar y separar las bobinas adyacentes y al propio tiempo habilitar los pasajes 20 y 21, indicados en la fig. 1B. No sólo es conveniente que esta arandela aislante aisle de modo adecuado las bobinas adyacentes, sino que debe dar la más corta longitud libre de cobre, o distancia entre soportes contiguos, para dar sustentación a las espiras de la bobina en condiciones normales y de cortocircuito. Ahora bien, la obtención de la más corta longitud posible de cobre libre no ha de lograrse a costa de cubrir una gran proporción de la superficie de la bobina con la arandela aislante, pues ello estorbaría indebidamente la circulación del medio refrigerante.

Un método comunmente utilizado para construir estas arandelas aislantes consiste en cortar bloques de forma especial de un material fibroso y pegarlas a una plancha de fibra según un diseño de distribución prefijado. Este proceso es laborioso, y con él se obtiene una arandela separadora que da una longitud de cobre libre de siete centímetros y cubre aproximadamente el 20 % de la superficie de la bobina.

Las figs. 6A, 6B y 6C representan una nueva arandela separadora 30 desarrollada para su empleo en la bobina de circulación transversa. Con esta nueva arandela separadora 30 se elimina por completo el corte y encolado de bloques. La arandela consta de una gruesa plancha aislante 30 dotada de corrugaciones, esto es, plegada o conformada de modo que presenta resaltos y canales paralelos formando una

37197

superficie ondulada. Los puntos 32 de la arandela separadora 30 toman contacto con las bobinas adyacentes, a las que sostienen, y el medio de refrigeración fluye por los canales 34. Para permitir que el medio refrigerante circule transversalmente respecto al separador aislante, así como en sentido longitudinal, y, por tanto, permita a la totalidad del medio refrigerante recorrer la bobina, la arandela 30 debe tener un número adecuado de aberturas 36, como se indica en las figs. 6A y 6B. Las aberturas 36 de la arandela separadora 30 pueden ser fresadas, punzonadas, serradas o hechas de algún otro modo apropiado. Si las aberturas 36 del separador 30 se hacen mediante un corte de sierra, las aberturas 36 quedarán en línea a través de la arandela 30, como se indica en las figs. 6A y 6B. Si las aberturas 36 se hacen por punzonado, o por algún otro método adecuado, las aberturas 36 pueden colocarse según un diseño de distribución cualquiera conveniente, como se indica en las figs. 7A, 7B y 7C.

La arandela separadora 30 no sólo sirve de aislamiento, económico y fácil de fabricar, entre bobinas adyacentes, sino que da mayor apoyo a las espiras de la bobina, estorbando menos a la circulación del refrigerante, que la arandela separadora usual. Empleando la arandela separadora 30 de nuevo diseño, se reduce la longitud de cobre libre, en contraste con lo que sucede con la arandela usual. Asimismo, la superficie de la bobina tiene menos área cubierta cuando se utiliza la arandela separadora ondulada 30 que cuando se usa la arandela usual.

La fig. 8 ilustra una ventaja adicional de la nueva arandela ondulada 30, ya que de una plancha grande de ma-

287197

terial 41 pueden cortarse secciones o cuarteles 30 y 30' de arandela. La fig. 8 ilustra cómo hay que hacer el corte si se quiere tener en la arandela un radio 42. El único material que sobra son las tiras 40. La fig. 1A muestra los cuarteles 30 y 30', y el modo en que van colocados respecto a la bobina 10.

La fig. 1B muestra los elementos conductores individuales 14 que, como antes se ha señalado, son necesarios para reducir las pérdidas por corrientes parásitas. El gran número de elementos conductores 14 y el eficaz método de circulación transversa para refrigerar los elementos conductores permite la construcción de una sola bobina 10 de gran intensidad de corriente. Ahora bien, para reducir las corrientes de circulación causadas por el gran número de elementos conductores 14 conectados en paralelo, es preciso transponer o desplazar continuamente los elementos conductores 14 en torno al eje del cable o conductor principal 12 que se forma, sin retorcer los elementos conductores 14 y de modo que cada elemento conductor 14 ocupe sucesivamente la misma posición ocupada por todos los demás elementos conductores 14.

Un tipo de transposición comunmente utilizado cuando hay una multitud de elementos conductores, es el llamado de transposición completa. Implica la existencia de dos capas de conductores, trasladándose todos los conductores, en un punto de transposición común, a la capa opuesta y el lugar simétrico, con simetría especular, respecto al lugar primitivo. En otros términos, el elemento conductor del ángulo superior izquierdo de una capa de elementos se trasladaría al ángulo inferior derecho de la capa contigua,

287197

y el elemento conductor del ángulo superior derecho sería trasladado al ángulo inferior izquierdo. Este proceso se sigue para todos los elementos conductores. Ahora bien, la transposición completa ocasiona un abultamiento del conductor principal en el punto de transposición y produce un contacto de borde con borde de los elementos conductores, haciendo necesaria la colocación de un aislamiento adicional en estos puntos. Asimismo, resulta difícil doblar el conductor principal con pequeño radio, e impracticable efectuar la transposición automáticamente por medio de una máquina dobladora, pues los ángulos de doblado difieren para cada elemento conductor, según el número de conductores que se utilice.

Otro método de transposición, llamado comunmente de transposición total, trae consigo el empleo de dos capas de elementos conductores, necesitándose varios puntos de transposición para efectuar ésta plenamente. Con este método, cada elemento conductor se traslada al espacio anteriormente ocupado por los elementos conductores adyacentes. Este proceso se repite a intervalos sucesivos hasta que cada elemento conductor ha pasado por todas las posiciones ocupadas por todos los demás elementos. Los cables de que actualmente se dispone a base de esta transposición total tienen las desventajas de producirse un abultamiento del cable en cada punto de transposición, y haber un contacto de borde con borde entre algunos de los elementos conductores. El contacto de borde con borde de los elementos conductores ha de evitarse, si se quiere tener un alto grado de seguridad contra cortocircuitos. Al doblar el cable para formar la bobina, se aumenta la presión en estos

287197

30 JU

contactos de borde con borde; y cuando se prenean las bobinas durante el montaje, o se ven sometidas a esfuerzos de cortocircuito en funcionamiento, es muy probable que el aislamiento protector llegue a perder todo efecto. Este cable es también difícil de doblar en plano y en pequeño radio, por la tendencia de los elementos conductores a separarse por acción elástica y deformar el cable.

El método de transposición desarrollado para uso en la bobina de circulación transversa arriba descrita, elimina las desventajas de los métodos que acaban de ser examinados. Las figs. 5A y 5B representan unas vistas isométricas derecha e izquierda de un conductor principal 50, con los elementos conductores transpuestos con arreglo a los principios de este nuevo método. La fig. 5C muestra la secuencia que puede seguirse para lograr la transposición. En particular, se hace un doblez o codo horizontal pasando el elemento conductor 1 de una capa o fila de elementos a la otra capa o fila. El elemento conductor 1 se traslada a un espacio en blanco 63 disponible en la capa contigua, porque para formar la estructura conductora principal se utiliza un número impar de elementos conductores. Este movimiento o traslado del conductor 1 puede verse en sección recta, en 63 y 64, en la fig. 5C. A continuación, los elementos conductores 2, 3, 4 y 5 restantes de la capa que ha abandonado el elemento conductor 1, se doblan simultáneamente en un espacio de conductor en sentido vertical. El elemento 2 toma el lugar que antes ocupaba el elemento 1, el elemento 3 ocupa el lugar que antes tenía el elemento 2, el elemento 4 ocupa el sitio anteriormente ocupado por el elemento 3, y el elemento 5 va al lugar que antes ocu-

287197

paba el elemento 4. Este proceso deja en blanco un espacio 65, indicado en sección recta en 64, fig. 5C. En el siguiente punto de transición, el espacio en blanco 65 es ocupado por el elemento conductor 6, que se dobla horizontalmente, y los restantes elementos conductores 1, 9, 8 y 7 de la capa antes ocupada por el elemento 6 se doblan en sentido vertical, dejando un espacio en blanco 67 indicado en sección recta en 66, fig. 5C. Este proceso se repite hasta terminarse una transposición total, como se ilustra en sección recta en 74. Por cada bobina de circulación transversa pueden utilizarse tantas transposiciones totales de este tipo como se considere conveniente.

Aún cuando en la descripción que antecede se bosqueja una transposición en la cual los elementos conductores individuales se van moviendo o trasladando en torno al eje del conductor principal en el sentido de las agujas de un reloj, visto en la fig. 5C, no se tiene la intención de que esto tenga carácter limitativo. Por ejemplo, la primera etapa de la transposición podría ser un codo o doblez vertical efectuado por los conductores 9, 8, 7 y 6, como se indica en sección recta en 62, fig. 5C, llenando así el hueco 63. La etapa siguiente sería entonces un codo horizontal del conductor 5 hasta la capa siguiente y al espacio antes ocupado por el elemento conductor 6. Con este método, los elementos conductores irían girando a izquierdas en torno al eje del conductor principal.

Para mantener las dimensiones 51 y 53 uniformes a todo lo largo del cable o conductor principal 50, se utiliza un número impar de elementos conductores 52, yendo ocupado el espacio en blanco entre puntos de transposición por una

287197

tira o pieza de relleno 54, por ejemplo, de carton prensado. Utilizando una pieza de relleno 54, el cable 50 puede mantener una uniformidad de forma en toda su longitud, haya o no transposición, y no cambiarán las dimensiones del cable. En resumen, se utiliza un número impar de conductores de modo que el primer codo hace pasar siempre un elemento conductor al espacio o hueco vacante, dejando así un hueco vacante para otros conductores y, por consiguiente, permitiendo hacer todos los codos sin crear abultamientos en la estructura del conductor.

Por la fig. 5C puede verse que, en cada punto de transposición, solamente cambia de una capa a otra un elemento conductor 58, haciéndose los demás codos dentro de una de las capas. Como antes se ha señalado, este elemento conductor se traslada siempre a un espacio vacante que existe debido a ser impar el número de elementos conductores. Los elementos conductores restantes, en la capa que acaban de abandonar los que se trasladan a la otra capa, se trasladan entonces todos simultáneamente en un espacio, llenando así el hueco recién creado y creando a su vez un hueco al otro extremo de la capa. Este proceso se va repitiendo sucesivamente hasta que cada elemento conductor ha pasado y ocupado el espacio ocupado por todos y cada uno de los demás, y ha dado una vuelta completa en torno al eje del cable o conductor principal.

Es muy importante que todos los codos 62 ejecutados en una misma capa, y todos los codos 60 de paso de un elemento conductor de una capa a la siguiente, se hagan en una distancia muy corta y no gradualmente. La distancia 58, entre el punto 62 en que todos los elementos conduc-

287197

tores se doblan simultáneamente en una misma capa, al punto 62 en que todos los elementos conductores se doblan simultáneamente en la otra capa, depende del número de transposiciones necesarias en una misma bobina. Sin embargo, esta distancia no ha de ser demasiado pequeña. Por ejemplo, en un modelo particular de bobina se vió que era necesaria una distancia 58 mínima de 7,6 cm. La distancia entre el codo o doblez en que un determinado elemento conductor 52 cambia de capa, o codo horizontal 60, y el codo en que se doblan todos los conductores en una misma capa, o codo vertical 62, es muy crítica, y debe dejar espacio suficiente para que el elemento conductor que cambia de capa se mueva de un lado a otro. Para un determinado diseño de bobina, se vió que esta distancia era como mínimo de 19 mm. Durante la distancia 56, todos los elementos conductores 52 tienen contacto de superficie plana con superficie plana, y la transposición o codo horizontal 60 puede correrse de un lado a otro al doblarse en plano el conductor principal 50, incluso en un radio de sólo 5 cm, sin que por ello haya contacto de borde con borde ni el consiguiente raspado del aislamiento.

Con este método de transposición, todos los codos horizontales 60 son idénticos y todos los codos verticales 62 son idénticos. Por consiguiente, el ángulo de los codos depende tan sólo del tamaño del elemento conductor 52, y no del número de elementos conductores que se utilice. Esto permite en la práctica ejecutar los codos en una máquina de transponer. Asimismo, doblando con exactitud cada elemento conductor en una corta distancia con el mismo ángulo, los elementos conductores no acusan tendencia alguna a so-

287197

bresalir elásticamente del cable o conductor principal 50, ni hay abultamiento ni cambio en las dimensiones del cable, aun cuando se doble en plano con poco radio.

Por consiguiente, queda evidenciado que se ha expuesto un arrollamiento nuevo y perfeccionado para aparatos eléctricos. Se trata de un arrollamiento que es capaz de llevar grandes intensidades de corriente y, sin embargo, se refrigera eficazmente y tiene pocas pérdidas por corrientes parásitas y corrientes de circulación. También es un devanado de una disposición de aislamientos perfeccionada y que da paso más eficazmente para la circulación del medio refrigerante.

Si bien se han ilustrado y descrito las que en la actualidad se consideran como formas preferidas de ejecución del invento, es evidente que a las personas entendidas en la materia se les ocurrirán fácilmente muchas variantes de las mismas. Por ejemplo, la bobina descrita en la invención puede utilizarse en todos los devanados y máquinas en que se emplee un conductor compuesto de un número de hilos o elementos a transponer, y en el que se desee tener una gran seguridad contra cortocircuitos entre un hilo y otro. Asimismo, como la bobina de circulación transversa de refrigerante es particularmente aplicable a las bobinas que llevan grandes intensidades de corriente, se empleará generalmente en lado de baja tensión del aparato inductivo. Sin embargo, no se quiere decir que la invención quede limitada por esto; por el contrario, es igualmente aplicable al lado de alta tensión del aparato inductivo. Asimismo, las dimensiones concretas dadas lo han sido a título puramente ilustrativo, y no han de considerarse en modo

 281197

alguno como limitativas del presente invento.

Como en el aparato descrito pueden efectuarse numerosas variantes, y hacerse distintas formas de realización del invento sin salirse por todo ello del ámbito del mismo, se tiene la intención de que todo lo contenido en la descripción que antecede y representado en los adjuntos dibujos sea interpretado como ilustrativo, y no en sentido limitativo, del presente invento.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en E.U.A., el día 21 de mayo de 1962, bajo el núm. 196.089, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

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

1.- Aparato eléctrico que incluye una bobina, la cual comprende un conductor principal que tiene una pluralidad impar de elementos conductores eléctricamente aislados y conectados en paralelo, estando dichos elementos conductores dispuestos en dos capas, una de las cuales tiene un elemento conductor más que la otra capa, estando dichos elementos conductores continuamente transpuestos en torno al eje geométrico del conductor principal en puntos de transposición sucesivos, consistiendo cada punto de transposición en que un elemento conductor de la primera de dichas capas se pasa a la capa adyacente mientras los elementos

287197

conductores de la capa abandonada por el primer elemento citado se mueven cada uno en una posición de elemento conductor, repitiéndose dichas transposiciones hasta que cada elemento conductor va ocupando sucesivamente la misma posición ocupada por todos los demás elementos, estando dichos puntos de transposición construídos y dispuestos de modo que no se produce cambio esencial alguno en las dimensiones del conductor principal en dichos puntos de transposición, ni se crean contactos de borde con borde entre elementos conductores adyacentes.

2.- El aparato eléctrico del punto 1, en el cual dicho primer elemento conductor que se pasa desde dicha primera capa que tiene un elemento conductor más a dicha otra capa, sobresale más allá de dicha otra capa antes de una transposición; después de una transposición, un elemento conductor de dicha otra capa sobresale más allá de dicha primera capa; y viceversa.

3.- El aparato eléctrico del punto 1 ó 2, en el cual dicha bobina comprende también una tira de relleno, de la misma sección recta que un elemento conductor y dotada de partes que se van colocando sucesivamente a continuación de dicho elemento conductor suplementario entre puntos de transposición, de manera que se mantiene en el conductor principal una sección recta esencialmente uniforme, al menos entre puntos de transposición.

4.- El aparato eléctrico de cualquiera de los puntos 1 a 3, en el cual dicho elemento conductor suplementario se dobla hacia la capa adyacente, para un tipo de doblez, y los elementos conductores procedentes de la capa abandonada se doblan cada uno en una posición de elemento conductor

hasta ocupar la posición de elemento conductor recién abandonada, para otro tipo de doblez; efectuándose dichos dobleces en una distancia tal, y siendo la distancia entre los dos tipos de dobleces de tal longitud, que se impide el contacto de borde con borde entre los elementos conductores cuando el conductor principal se dobla en plano según un radio de cinco centímetros.

5.- El aparato eléctrico de cualquiera de los puntos 1 a 4, en el cual dichos puntos de transposición están separados a una distancia tal que los elementos conductores no se apartan elésticamente al doblar el conductor principal formando una bobina.

6.- El aparato eléctrico de cualquiera de los puntos 1 a 5 y que comprende al menos dos bobinas separadas por un separador aislante para aislar eléctricamente y soportar mecánicamente las bobinas, que incluye un cuerpo ondulado de material aislante eléctrico y dotado de aberturas que permitan a un medio refrigerante que circula en sentido longitudinal respecto a dicho cuerpo ondulado fluir también en sentido transversal respecto a dicho cuerpo ondulado.

7.- El aparato eléctrico del punto 6, en el cual dicho cuerpo ondulado tiene un número adecuado de aberturas para permitir al medio refrigerante que circula en sentido longitudinal a lo largo de las ondulaciones fluir también transversalmente respecto a dicho cuerpo, teniendo el citado cuerpo suficiente resistencia mecánica para soportar dichas bobinas en condiciones normales y de cortocircuito.

8.- El aparato eléctrico del punto 7, en el cual di-

287197

cho cuerpo ondulado es de un material fibroso plegado y conformado en lomos y pliegues paralelos de modo que se obtiene una superficie ondulada.

9.- El aparato eléctrico de cualquiera de los puntos 7 y 8 y que incluye una pluralidad de bobinas, formada cada una de ellas por un conducto principal arrollado concéntricamente en una bobina con un cuerpo aislante dispuesto entre las espiras individuales de la bobina, proporcionando dicho miembro aislante entre espiras de bobina un camino de circulación de un medio refrigerante, así como un medio aislante y de soporte mecánico entre espiras contiguas de la bobina, estando cada una de dichas bobinas intercalada entre unos separadores aislantes primero y segundo respectivos, estando dicho primer separador aislante colocado junto a un lado de dicha bobina y construído y dispuesto de modo que proporciona un camino para la circulación de un medio refrigerante en sentido tanto longitudinal como transversal respecto a dicho cuerpo aislante, estando dicho segundo separador aislante montado junto al otro lado de dicha bobina y previéndose medios que bloqueen un extremo de cada uno de dichos separadores aislantes, de modo que el medio refrigerante puede entrar por dicho primer separador aislante a un extremo de la bobina, fluir a lo largo y a través de dicha bobina y salir por dicho segundo separador aislante al extremo opuesto de la bobina.

10.- El aparato eléctrico de cualquiera de los puntos 1 a 9, y que comprende un transformador.

11.- Un aparato eléctrico.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fi-

nes que se han especificado.

Esta Memoria consta de veinte y cinco hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 31 JUL 1963

P.A.

287197

A.F.A.

30

Fig. 1A

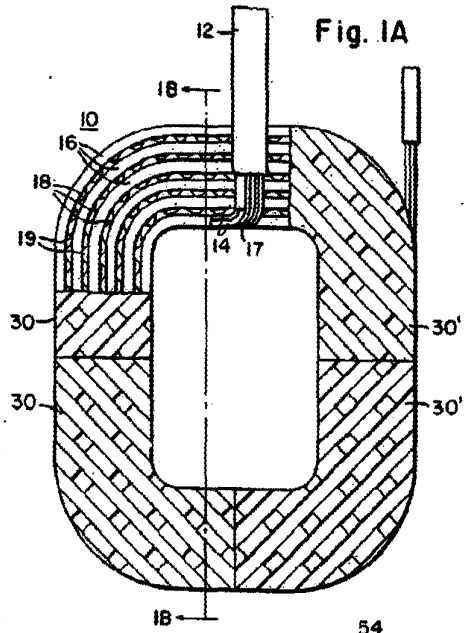
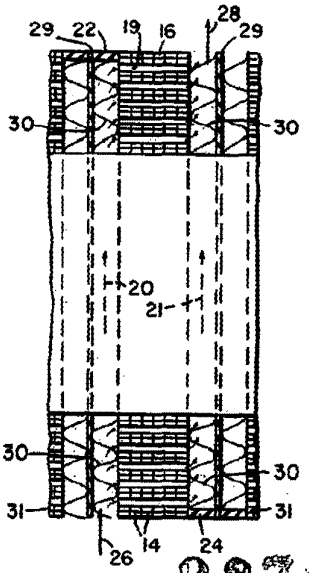


Fig. 1B



287197

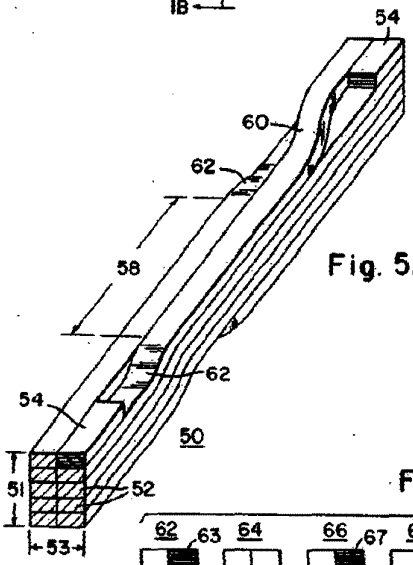


Fig. 5A

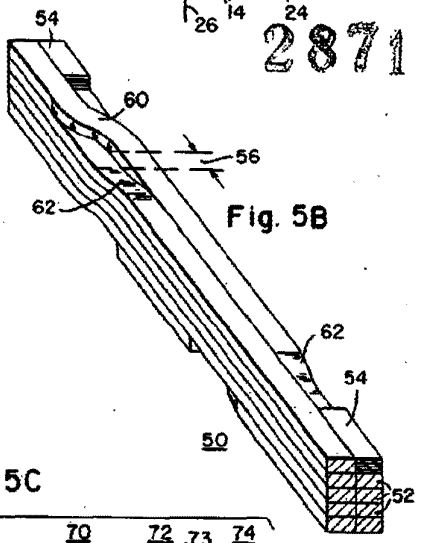


Fig. 5B

Fig. 5C

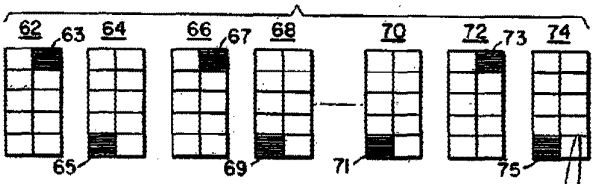


Fig. 2A

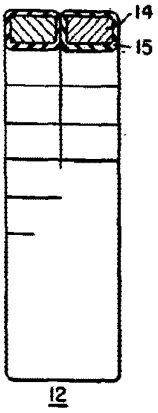


Fig. 2B

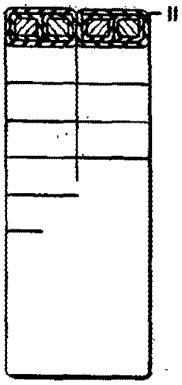
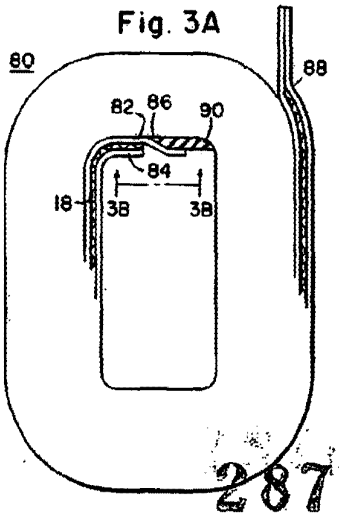


Fig. 3A



287197

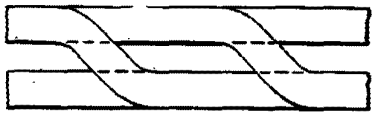


Fig. 3B

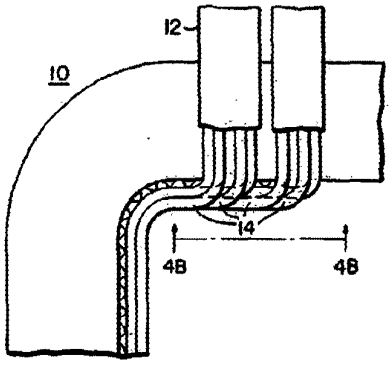


Fig. 4A

Fig. 4B

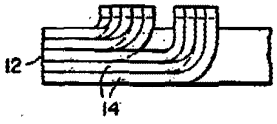


Fig. 6A

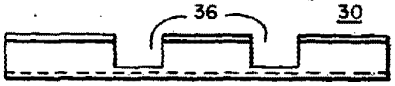


Fig. 6C

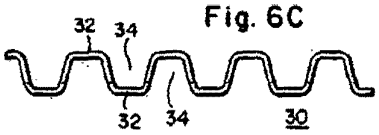
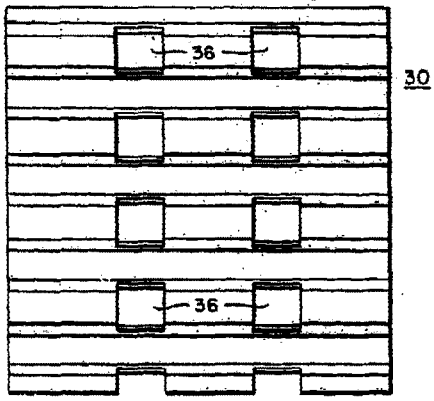


Fig. 6B



287197

Fig. 7A

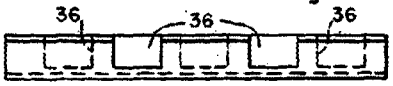


Fig. 7C

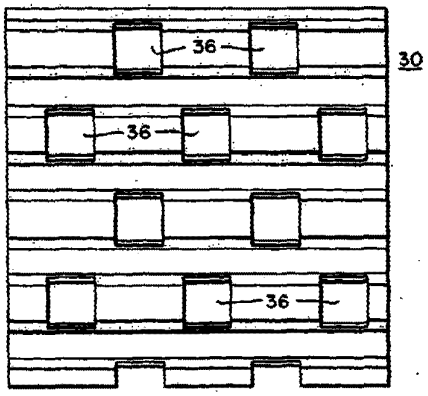


Fig. 7B

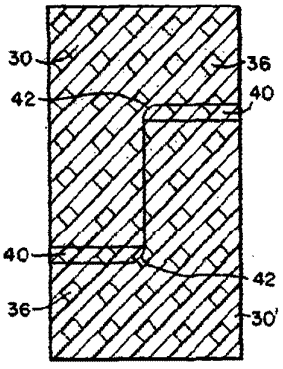


Fig. 8