

SS-130

Docket G.E.Co.
No. 59,800



7 JUL 1938

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

PATENTE DE INVENCION

en

ESPAÑA

por VENTURA

a nombre de la COMPAÑIA FRANCESA POUR L'IMPLEMENTATION
DES PROCÉDES WEGENER - HODDER, entidad de nacionali-
dad francesa, establecida en 173, Boulevard Haussmann,
Paris, Francia, por:

"MÉTODE DE LOS ALARMAS DE INDUCCION ELECTRO-
MAGNETICA".

Esta solicitud es una continuación, en parte,
de la formulada en Estados Unidos de América el 2 de
Mayo de 1936 con el N.º 77,400 referente al método de



5

construcción de aparatos de inducción eléctrica tales como Transformadores y Autotransformadores que comprenden un núcleo magnético y uno o más enrollamientos conductores.

10

La mayoría de los transformadores excepto los de alta frecuencia para aplicaciones de radio, se componen de un núcleo magnético sobre el que hay, por lo menos, un enrollamiento primario y un enrollamiento secundario. Puede haber más de un enrollamiento primario y mas de un enrollamiento secundario. Un Autotransformador comprende, comunmente, un núcleo magnético y un enrollamiento en el núcleo, suministrando el dispositivo una fuerza electromotriz de inducción propia para una gran variedad de aplicaciones. Puede haber otros enrollamientos en el núcleo a los que en algunos casos, se les puede suministrar corriente directa para fines de saturación.

15

20

25

30

Este invento se relaciona con una construcción mejorada de tales aparatos de inducción electromagnética que permite reducir grandemente el coste sin sacrificar las características deseadas de eficacia. Aunque los principios de este invento son aplicables prácticamente a todos los tipos y clases de transformadores, incluyendo Transformadores de fuerza, transformadores de Rayos X, etc., las presentes mejoras tienen su mayor importancia comercial, en la actualidad, en el caso de Transformadores de distribución, especialmente en el orden de uno a 50 Kw. de capacidad, los cuales se usan en un número enorme. Estas mejoras son también aplicables, con economías substanciales, a los instrumentos transformadores,



35 a los pequeños transformadores tales como los transforma-
dores de radio y a los pequeños transformadores para la
aplicación general en frecuencias comerciales normales.

Las presentes mejoras se prestan también a la construcción
económica de frecuencias mucho más altas.

40 La construcción de los transformadores de distri-
bución se ha desarrollado hasta un grado muy alto de per-
fección especialmente por razón de las mejoras en la cali-
dad del material del núcleo magnético.

El invento de Hadfield de la aleación de silice-
hierro, produjo hace unos 30 años, una mejora radical en
45 los transformadores reduciendo las pérdidas de vatios en
el núcleo en un 30% aproximadamente, en comparación con el
hierro o acero dulce empleado anteriormente pues la alea-
ción de silice-hierro produce una reducción en las pérdidas
tanto de histéresis como de las corrientes parásitas duran-
50 te 30 años o más, la construcción tipo de transformadores
de distribución ha obstaculizado la construcción de núcleos
magnéticos de láminas delgadas troqueladas o estampadas en
tamaños apropiados. La presencia del silice aumentó la di-
ficultad de laminación y hasta hace poco, era difícil laminar
55 una chapa de un contenido de silice de hasta 3%, pero con la
experiencia en la laminación y el tratamiento técnico, se ha
ido elevando gradualmente el contenido de silice que es a-
hora de 4½ a 5% en las chapas para transformadores y ha sido
de 3½ a 4½ por ciento durante, aproximadamente, los últimos
60 20 años. La reducción de pérdidas de vatios con el acero-si-
lice desde aproximadamente 1.25 (a 10.000 gaussés y una fre-
cuencia de 60 periodos) en la época en que primero se usó
extensivamente, hasta 0,5 vatios por libra que es la actual



65 es una medida atribuida al aumento en el contenido de sílice que ha aumentado la resistividad del hierro y reducido, así, sus pérdidas de corriente de fuga y por su acción química sobre el carbono disuelto, el sílice ha reducido también la pérdida de histéresis.

70 Sin embargo, la mayor parte de la reducción de pérdidas de vatios se ha efectuado por el esmero en los procedimientos de fabricación del acero y una mejor comprensión e inspección de la estructura física del material afectado por métodos mejorados de laminación y recocido.

75 Uno de los últimos adelantos en este renglón de aumento del contenido de sílice es el acero-sílice de 6 a 6 $\frac{1}{2}$ dado a conocer en la Patente de Ruder serie No. 97.678, solicitada en los EE.UU. con fecha 24 de Agosto de 1936 transferida a los mismos cesionarios que
80 la presente solicitud y también dado a conocer en la patente británica 380.387 de 1932 de la British Thomson-Houston Company Ltd.

85 Este aumento en el contenido de sílice juntamente con las mejoras en la técnica de la laminación en caliente y del recocido, han dado por resultado un aumento en la permeabilidad así como pérdidas reducidas en el producto laminado en caliente permitiendo una ganancia constante en pérdidas de vatios y una mejora en las características de la corriente de magnetización de los transformadores de distribución y de fuerza en tanto que éstos ha-
90 yan sido propuestos para operar a densidades de flujo no excediendo de 10.000 a 12.000 gausses.

La permeabilidad aumentada ha sido en la escala



95

más baja de densidades magnéticas y con densidades más altas, la cantidad de corriente de magnetización requerida aumenta tan rápidamente que supera a cualquier ganancia obtenida de pérdidas reducidas de vatios. Una densidad de flujo de 10.000 gausses ha llegado a ser, por lo tanto, el punto de referencia tipo para pérdidas de vatios, en las especificaciones de chapas de acero para transformadores.

100

105

La pérdida en el acero para transformadores es, en parte, una pérdida de histéresis y en parte, una pérdida de corrientes parásitas. La proporción de estas pérdidas varía según el contenido de sílice, aumentando la pérdida de corriente de fuga conforme baja el contenido de sílice y disminuyendo conforme aumenta el contenido de sílice por razón de que la resistividad del material aumenta con el contenido de sílice. En densidades normales, esto es, en densidades de aproximadamente 10.000 gausses, la pérdida de histéresis en el acero para transformadores, de 4½% de sílice, laminado en caliente, es de aproximadamente 75% y la pérdida de corrientes parásitas de aproximadamente 25% del total. La proporción es también afectada por el grueso de la chapa usada reduciéndose en el aparato la corriente de fuga conforme se reduce el grueso de la chapa. Con chapas delgadas la pérdida de corriente de fuga disminuye bruscamente en proporción al cuadrado del grueso; esto es, disminuyendo el grueso de las chapas en una mitad, la corriente de fuga en un dispositivo tal como un transformador, puede disminuir aproximadamente en 1/4. Sin embargo, en los adelantos actuales de chapas laminadas en caliente, se alcanza un

110

115

120



125 límite en el sentido hasta donde se puede ir en la reducción de los gruesos.

130 Debajo de un grueso de 10 a 11 milésimas, las pérdidas totales de vatios se aumentan por el aumento de pérdidas de histéresis lo que es debido, probablemente, a la separación del grano del material, siendo el resultado que se han adoptado usualmente chapas de 14 milésimas, como tipo, en el material de alta clase laminado en caliente, por las limitaciones de tolerancia en el grueso necesario para evitar el producir chapas debajo de un grueso que aumentaría las pérdidas de histéresis.

135 Además, cuando los núcleos de aparatos de inducción electromagnética tales como transformadores, antitransformadores y semejantes, se construyen de piezas troqueladas o estampadas, como en la práctica normal actual, hay un número de otras consideraciones en las que
140 concurren razones contra el tratar de emplear un grueso inferior a aproximadamente 14 milésimas. Las chapas laminadas en caliente se hacen comunmente por el procedimiento de laminación de carga, produciéndose chapas de aproximadamente 10 pies de largo y de un ancho de aproximadamente 30 pulgadas aunque pueden fabricarse chapas
145 más anchas, así como más estrechas. Cuanto más delgada es la chapa, mayores son las probabilidades de que las chapas se peguen, juntas, durante el recocido y es más difícil el manejar las chapas sin torcerlas y cuanto más delgado es el material, es mayor el número de chapas necesarias para cualquier volumen dado de material.

150 La troquelación de láminas de chapas tal como vienen de la fábrica, es costosa por el manejo y así se



malgasta, por los desperdicios que quedan después de
155 la operación de troquelar.

Por esto, ciertos grandes fabricantes de trans-
formadores han acostumbrado durante varios años, el cortar
las chapas en fajas del ancho deseado, unirles extremo con
extremo para hacer un fleje continuo y pasar entonces tal
160 fleje por el troquelador. Las láminas troqueladas, después
del recocido, están prontas para ser juntadas alrededor de
los enrollamientos de los transformadores o autotransfor-
madores para los que han sido troqueladas. Cuanto más del-
gado es el material usado, mayor es la tendencia de las
165 láminas a pegarse juntas cuando se recuecen y mayor es el
número de láminas que tiene que manejarse y amontonarse,
todo lo cual aumenta el coste de manufactura.

Además, se producen necesariamente cavidades
de aire o burbujas en la senda del flujo en los núcleos
170 contruidos y cuanto mayor sea el número de láminas usado
mayor será el número de estas cavidades o brechas de aire
en el núcleo laminado.

El actual material de chapas de acero-sílice la-
minado en caliente, depende, en cuanto a sus característi-
cas deseables, de su relativamente grande cristalización.
175 Las pruebas muestran que hay alguna diferencia en la per-
meabilidad del material laminado en caliente, dependiendo
de si el flujo corre por la hoja en una u otra dirección;
pero al no haber una orientación magnética favorable pro-
nunciada del grano del material, la diferencia en las pér-
180 didas dependiente de si el flujo fluye en la dirección más
favorable o en ángulos rectos a ella, es sólomente de 10 a
15%. Es corriente el troquelar las láminas de fleje lamina-



185 do en caliente, en troquelaciones de forma de L estando
cada brazo de la L a 45 grados de la orientación más fa-
vorable. El hecho es que la permeabilidad y caracteris-
ticas de pérdida de vatios de las muestras de prueba de
tal material laminado en caliente a un ángulo de 45 gra-
dos, son aproximadamente tan buenas como las del ángulo
190 más favorable. Las troquelaciones en forma de L reducen
la repulsión de brecha de aire o burbujas, ya que cada
troquelación en forma de L, elimina una esquina de brecha
de aire en el núcleo construido.

195 Por lo tanto, troquelando este material lamina-
do en caliente en dicha forma de L, es posible asegurar
una ventaja real en la corriente de magnetización y carac-
terísticas de pérdida de vatios, del aparato completo, así
como reducir el número de troquelaciones que tienen que ha-
cerse y juntarse. Sin embargo, es imposible aprovecharse
200 plenamente de las propiedades magnéticas del material en
cualquier estructura construida con láminas, porque aunque
sean troqueladas las láminas de manera que tengan la orien-
tación más favorable del grano longitudinalmente a las lá-
minas, la dirección del flujo en las extremidades estará
205 siempre a un ángulo que variará desde 0 a 90° en la dirección
del grano. La troquelación de las láminas de manera que ten-
gan la orientación favorable del grano longitudinalmente en
cada lámina, requiere que haya una brecha de aire en cada ex-
tremidad del núcleo construido.

210 Un objeto del presente invento es el de proporcio-
nar una construcción en la que se aprovecha plenamente la o-
rientación magnética favorable del grano y al mismo tiempo
se reduzca enormemente la repulsión por brechas de aire. Un



215 ulterior objeto de este invento es el de proporcionar un método de construcción que haga posible el usar económicamente un material que tenga una orientación favorable pronunciada del grano y reducir grandemente el coste del aparato, obteniendo al mismo tiempo características de eficacia muy deseables desde el punto de vista de pérdida de vatios y de corriente de magnetización.

220 Aunque este método de unión, descrito más adelante en detalle, es aplicable particularmente a un material como el fleje de 3% de sílice laminado en frío, de alta reducción, y pueden producirse aparatos tales como transformadores de distribución utilizando tal fleje y contruidos de acuerdo con este invento en una economía de aproximadamente 25 a 40% sobre el coste de fabricación de las construcciones tipo actuales, hechas con láminas estampadas y aunque puede hacerse una economía como de un 20% en los transformadores pequeños tales como transformadores de radio para frecuencias normales usando este fleje, con este invento es posible también llenar cualquier eficiencia dada a cualquier densidad de las líneas de fuerza empleando un material de núcleo de calidad dada, con menor cantidad de este material que la que se necesita para cualquier otras construcciones, con las que estamos familiarizados.

235 El fleje magnético laminado en frío, de alta reducción, que se prefiere emplear, ha sido utilizado durante varios años. Por el procedimiento de laminación en frío de alta reducción se han llevado a cabo mejoras sorprendentes en la permeabilidad de las aleaciones de níquel-hierro y aceros sílice.



245

250

255

Este procedimiento está dado a conocer, por ejemplo, en la patente Americana de Smith 1.915.766 de 27 de Enero de 1933 (registrada en la Gran Bretaña en 31 de Octubre de 1930) y en las patentes Americanas concedidas a Freeland con el número 0,932,306-7-8-9 de 24 de Octubre 1933 y a Goss con el número 1.965.559, de 3 de Julio de 1934. El procedimiento es un procedimiento general aplicable a las aleaciones de hierro-niquel y al acero sílice y está caracterizado, en resumen, por la laminación en caliente en un grueso considerablemente mayor que el tamaño terminado, seguido por recocido y por una reducción ulterior de aproximadamente 60%, por la laminación en frío hasta el tamaño terminado y después por tratamiento térmico.

Puede mejorarse algo la calidad, si se desea, por una operación ulterior de laminación en frío de alta reducción y ulterior tratamiento térmico.

260

265

270

En los transformadores de distribución y de fuerza, autotransformadores o aparatos semejantes contruidos de acuerdo con este invento, se asegura la mayor ventaja actualmente, empleando material de fleje que tenga las características del acero de 3% de sílice laminado en frío, de alta reducción en vez del material laminado en caliente que se acostumbra a usar. Este material puede comprarse ahora en las fábricas de aceros y aunque su precio es actualmente algo más alto que el precio del material corriente en chapas, laminado en caliente, pueden asegurarse las reducciones en el coste de manufactura a las que nos hemos referido, de acuerdo con este invento, aún con el precio más elevado del material, por las razones que hacemos notar más



adelante.

275 Tales ventas de material han sido hechas,
por lo que sabemos principalmente a fabricantes de
motores, tales como fabricantes de motores para ven-
tiladores que han visto que vale la pena pagar un
poco más por el material, por razón de que viene en
flejes largos y por esto se hace posible el tener u-
280 na pequeña economía en el coste de sus troquelacio-
nes terminadas. Puede haber sido empleado en algún
grado para núcleos de transformadores construidos
en láminas troqueladas sacadas del fleje pero no se
sabe que se haya hecho tal uso comercial, pues por
285 razones que ya hemos tratado y que haremos notar en
detalle, un uso para ese fin para la construcción de
transformadores de tipos normales, no se permite que
se aproveche suficientemente de la ventaja de las cua-
lidades del material, para que valga la pena su empleo.

290 Que sepamos nunca se ha hecho ningún uso co-
mercial de material en fleje, de ninguna calidad pa-
ra núcleos de enrollamiento de transformadores o auto-
transformadores para ningún fin en los que se hayan
empleado rollos conductores de forma enrollada. Se ha
295 hecho algún uso de núcleos magnéticos enrollados para
transformadores de instrumentos pero no con enrolla-
mientos conductores de forma enrollada. En todos estos
transformadores, con los que estamos familiarizados,
los conductores han sido enrollados en el núcleo mag-
300 nético, enhebrando los conductores a través de la aber-
tura del núcleo y aún en tales transformadores no co-
nocemos un caso en que el núcleo haya sido construido



30 y empleado de manera que tenga el material magnético en la condición física apropiada para asegurar el mínimo de pérdidas de vatios, como es el caso con este invento, todos los instrumentos transformadores que se caracterizan por el uso de bajas densidades de las líneas de fuerza para permitir la operación sobre la parte derecha bien abajo de la rodilla de la curva de magnetización del material, de manera que la réplica del instrumento de medir proporcionada por el transformador estará de acuerdo con los cambios en la cantidad que se ha de medir y no estará sujeta a error debido a que el material magnético del transformador llegue a estar más o menos saturado.

315

De acuerdo con este invento, se elimina completamente la operación de troquelar una chapa o fleje para hacer láminas.

320 De acuerdo con este invento, se emplean moldes de rollos enrollados para los enrollamientos eléctricos de los transformadores, autotransformadores, y semejantes y enrollamos el fleje magnético sobre los rollos, a lo plano, siguiendo un procedimiento que es sencillo y no costoso el cual reduce la repulsión de brechas de aire al mínimo, utiliza plenamente la ventaja de la orientación magnética favorable del grano del material y por el que, en el aparato completo, las pérdidas son mínimas debido al hecho que los esfuerzos del material que podrían aumentar sus pérdidas de vatios, se eliminan substancialmente.

325

330

El fleje sílice laminado en frío, de alta reducción con el que actualmente obtenemos óptimo re-



335 resultado tiene un contenido de sílice de aproximadamen-
te 3%. El acero sílice con tal contenido de sílice, se
lamina prontamente por la operación del laminado en
frio de alta reducción. Puede emplearse porcentajes al-
go más altos pero hasta ahora no hemos encontrado una
ventaja especial en aumentar el contenido de sílice
aunque hay una ligera reducción en las pérdidas de co-
rriente de fuga, por razón del aumento de la resistivi-
dad. La chapa sílice laminada en frio, de alta reducción
tiene una orientación magnética del grano muy pronuncia-
da, en la dirección del laminado. En lugar de haber una
diferencia comparativamente pequeña en la permeabilidad
y pérdidas en la dirección del grano comparado con la
de a ángulos rectos al grano, como en el material de
chapa laminada en caliente, la diferencia es muy impor-
tante. Si las pérdidas son 100 en la dirección del grano,
serán de 140 a 160 en ángulos rectos al grano. Esta gran
diferencia ha sido probablemente una de las razones que
han concurrido contra el uso comercial de tal material
laminado en frio en los transformadores construidos con
láminas troqueladas o estampadas en las que, en las ex-
tremidades de los núcleos construidos, el flujo magné-
tico fluye, como término medio, a aproximadamente 45°
al grano. Si las pérdidas son 100 en la dirección del
grano, lo mejor que puede obtenerse con troquelaciones
en forma de L con tal material laminado en frio, corta-
do a 45° al grano, es del orden de 140.

360 Con las chapas actuales para transformadores,
laminadas en caliente, el grueso ha sido limitado por
la experiencia a aproximadamente 14 milésimas, pero con



365 el material laminado en frio se puede producir un fleje de grueso menor a 10 milésimas sin alteración de las pérdidas de histéresis y con una reducción en pérdidas de fuga debido a la chapa más delgada, teniendo una pérdida total substancialmente más baja que la que puede obtenerse con el material laminado en caliente. Hay, ciertamente, alguna mejora en la orientación magnética, con la reducción en el grueso de la chapa. Actualmente, preferimos emplear chapas laminadas en frio de 10 a 11 milésimas de grueso y preferimos usar, en los transformadores de distribución densidades de líneas de fuerza de 13.000 a 15.000 gauss

370 sses aunque se pueden emplear densidades aún mas altas. Debido a las ventajas que se aprovechan de las características del material y la reducción en las brechas de aire que se aseguran, se pueden usar tales densidades de flujo sin sacrificar las características de corriente de magnetización del aparato.

380

Por ejemplo, con una densidad de flujo de 14.500 gauss es la fuerza de magnetización necesaria para el material de 3% de sílice laminado en frio, de alta reducción, en la dirección más favorable del grano, es aproximadamente de 3 oersteds (gilberts por centímetro), mientras que para el mejor material de 4½%, laminado en caliente, es de aproximadamente 15 o sea 500% mayor. Una fuerza de magnetización de 3 oersteds en lugar de producir una densidad de flujo de 14.500 gauss es, en tal material laminado en caliente produciría sólo aproximadamente 11.500 gauss.

385

390



Para una densidad de flujo de 16.000 gaussess se necesita sólomente unos $7\frac{1}{2}$ oersteds para el material de 3% sílice laminado, en frío, mientras que para el material de $4\frac{1}{2}$ % laminado en caliente, se requiere 100 oersteds aproximadamente - un aumento de 30 veces.

En un proyecto convencional de transformador construido con láminas troqueladas del material de $4\frac{1}{2}$ % laminado en caliente, la corriente de magnetización necesaria para operar a una densidad de flujo del orden de 16.000 gaussess, llega a ser prácticamente, prohibitiva porque la corriente de magnetización requerida está formada por dos componentes, uno para producir el flujo en el material y el otro para forzar el flujo a través de las brechas de aire en la estructura construida, siendo ambos componentes, grandes. Sin embargo, de acuerdo con este invento, la operación a tales densidades altas de flujo, es enteramente practicable con un material tal como el acero de 3% de sílice, laminado en frío y puede asegurarse una operación grandemente mejorada, desde el punto de vista de la corriente de magnetización requerida, aún con el acero de $4\frac{1}{2}$ % de sílice, laminado en caliente, por la enorme reducción en la repulsión de las brechas de aire. Si en lugar de acero normal de $4\frac{1}{2}$ % de sílice, laminado en caliente, se empleara el acero de $6\frac{1}{2}$ % de sílice de la solitud de Ruder, a la que anteriormente nos hemos referido, la comparación sería todavía más favorable: es decir, el material de 3% laminado en frío, de alta reducción, demostraría una ventaja todavía más sorprendente a estas densidades altas.

Sin embargo, este invento, en sus aspectos más



amplios, no está limitado al uso de densidades de flujo altas, puesto que muchas de sus ventajas pueden realizarse cuando no se necesitan o deseen densidades de flujo altas. El fleje de sílice de 5 a 6½%, laminado en caliente, de la solicitud de Ruder, tiene alta permeabilidad y pérdidas de vatios muy bajas a densidades de flujo bajas^y moderadas y es posible aplicar tal fleje por este procedimiento de enrollamiento, aunque un fleje tal alto en sílice, es muy quebradizo. Calentando el material y manejándole muy cuidadosamente durante su aplicación, se han hecho tales núcleos, con éxito. Sin embargo, es tan dificultoso el enrollar este material, especialmente en pequeños diámetros, que su uso comercial para núcleos enrollados tendrá probablemente que esperar mejoras que reduzcan algo su fragilidad. Es deseable un aumento en el contenido de sílice cuando se desea una resistividad relativamente alta para reducir las pérdidas de corriente de fuga y por este procedimiento, puede aplicarse prontamente un fleje laminado en caliente, que tenga un contenido de sílice menor de 5%.

El acero de 3% de sílice laminado en frío, de alta reducción, tiene las características que son comunes a todos los materiales magnéticos, de que las flexiones elásticas en el material empeoran sus cualidades magnéticas. Además, si el fleje se estira más allá de su límite elástico, sus cualidades magnéticas empeoran permanentemente y sólo pueden recuperarse con un ulterior tratamiento térmico. De acuerdo con este invento, tal fleje de 3% de sílice laminado en frío, puede aplicarse fácil



y rápidamente, sin estirar el fleje más allá de su límite elástico y en el aparato magnético completo, hecho de acuerdo con este invento, el fleje está libre de tales flexiones elásticas que podrían disminuir su permeabilidad o aumentar sus pérdidas de vatios.

455

De acuerdo con este procedimiento, hemos enrollado tratado térmicamente y aplicado satisfactoriamente sólo fleje de acero-sílice laminado en frío de un contenido de sílice del orden de 3%, sino que hemos

460

empleado también material laminado en caliente de varios contenidos de sílice. Por ejemplo, hemos tomado una chapa sílice laminada en caliente, la hemos cortado en tiras, hemos juntado las tiras extremo con extremo para producir un fleje largo y después hemos enrollado

465

este fleje a un cilindro hueco, con las vueltas anidando apretadamente una dentro de la otra, hemos tratado térmicamente el rollo de fleje y lo hemos aplicado, con éxito, a un transformador que tenía enrollamientos conductores de forma enrollada. El núcleo magnético completo

470

enrollado en espiral, ha sido en cada caso, del mismo tamaño que el rollo de fleje tratado térmicamente, ajustándose las vueltas firmemente una a la otra, en la misma sucesión. Hemos hecho esto con material de chapa laminado en caliente de un contenido de sílice de 2½ a

475

3%, 4½% a 5%, y 6% a 6½% sin encorvar, en ningún caso el material más allá de su límite elástico y las pruebas del transformador completo, han demostrado la ausencia de torsiones que empeoran las cualidades magnéticas del material.

480

El fleje de aleación níquel-hierro laminado en



485 frío, de alta reducción, se caracteriza por una alta permeabilidad, como se ha hecho notar en la patente concedida a Smith 1.915.766 a la que anteriormente se ha hecho referencia aquí, pero esta alta permeabilidad puede sólomente obtenerse a densidades magnéticas bajas. Este material de aleación níquel-hierro es extremadamente dificultoso de manejar sin perjudicar sus cualidades magnéticas. Simplemente el dejar caer una
490 pieza del material de manera que se le de un golpe repentino empeorará probablemente su permeabilidad y aumentará sus pérdidas de vatios, de manera que al manejar troquelaciones de este material, se ha acostumbrado levantarlo y colocarlo muy cuidadosamente.

495 El material es muy blando y se dobla o estira muy fácilmente y adquiere, después del tratamiento térmico una destorsión tan ligera que no altera seriamente sus características magnéticas. Una de las mejores aleaciones conocidas de níquel-hierro, para fines eléctricos se vende bajo el nombre comercial de Mumetal, el
500 que contiene aproximadamente 74% de níquel, 20% de hierro 4% de cobre, 1½% de cromo y una pequeña cantidad de manganeso y sílice. Cuando se trata térmicamente un cilindro hueco de este material de aleación níquel-hierro, enrollado firmemente, hay adhesiones muy serias entre las
505 vueltas.

Hemos enrollado un rollo de tal material a un núcleo de un diámetro interior de 4 pulgadas y un diámetro exterior de 6 1/8 pulgadas de un fleje de 3 pulgadas de ancho y 14 milésimas de grueso.

510 Este núcleo comprendía aproximadamente 100 vuel-



tas y al enrollar el fleje, con el fin de aislar las
vuel^{tas} de la otra, hemos aplicado un barniz resinoso
delgado al que hemos añadido polvo de óxido de mag-
nesio, molido en un molino de bolas. Después del enro-
llamiento, el núcleo ha sido tratado térmicamente a
1100° C. en hidrógeno seco puro. Las pérdidas de vatios
del núcleo después del tratamiento térmico, eran muy
altas indicando adhesiones excesivas entre las vueltas.
Separamos cuidadosamente las vueltas, una de la otra
empleando una hoja de sierra para metales que se estrechó
hasta menos de 1/8 de pulgada y la porción estrechada
hecha como filo de cuchillo en ambos lados, de frente
y de detras, maniobrando esta pequeña hoja alrededor de
la espiral.

Después de quitar de esta manera, las adhesio-
nes, se probó el rollo. A una densidad de flujo de 3100
gausses, la corriente de excitación requerida era de
0,0405 amperes y las pérdidas de vatios eran de 0,3897
vatios. Apliquemos después el fleje a un transformador
siguiendo el procedimiento de este invento con el mayor
cuidado posible.

Después de la aplicación del núcleo al transfor-
mador, una prueba demostró que era necesaria una corrien-
te de excitación de 0,0810 amperes para una densidad de
flujo de 3100 gaussés. Esto es, que la permeabilidad del
fleje se había reducido de modo que la corriente de mag-
netización requerida, había aumentado 100%. La prueba
demostró también que las pérdidas de vatios habían aumen-
tado su primer valor de 0,3897 vatios, a 0,5832 vatios
o 50%. En otras palabras, la permeabilidad magnética del



545

material habrá disminuido en una mitad y las pérdidas de vatios habrán aumentado en una mitad debido a los reforcimientos inventables introducidos por el procedimiento de aplicación. Para una densidad de flujo de 6.200 gaussés, la corriente de excitación aumentó por encima de 400 % y las pérdidas de vatios sobre 60 %, demostrando que para esta más alta pero relativamente baja densidad de flujo, la permeabilidad se había reducido a menos de un cuarto de la que tenía el fleje antes de aplicación

550

al enrollamiento conductor. Aunque existe esta seria alteración de las cualidades magnéticas del fleje de aleación níquel-hierro, las cualidades magnéticas del fleje son todavía bastante buenas, cuando se aplica el fleje de acuerdo con este invento, para sostener su uso en forma enrollada en ciertos tipos especiales de transformadores tales como instrumentos transformadores maniobrados a densidades bajas de flujo.

555

560

Como se ha hecho notar precedentemente, el fleje de acero de 3% de sílice laminada en frío, de alta reducción, no presenta tan serias dificultades como con las que se tropieza al usar fleje tal como el fleje de aleación níquel-hierro y las características de pérdida de vatios del núcleo transformador completado, sin tan buenas como las obtenidas con las muestras de Epstein, dentro de los límites del error de medida.

565

570

Al hacer las pruebas de Epstein el material magnético que ha de ser probado, se corta en tiras de 3 centímetros de ancho y de 50 centímetros de largo. Estas tiras se unen en un marco en el cual hay un enrollamiento normal. El número de tiras usadas en las pruebas es suficiente para hacer 10 kilogramos de material de fleje y las



575

tiras están divididas en cuatro montones de peso igual y estos cuatro montones se ensamblan a cada uno de los cuatro rollos de un marco de Epstein viendo unidos cuidadosamente los montones de fleje en un rectángulo, con juntas a tope, y sujetándose en su sitio por medios de sujeción apropiados. La corriente, al hacer las pruebas de Epstein, se ajusta para dar la densidad de flujo deseada y las pérdidas de vatios se leen en el vatímetro de la misma manera que al probar cualquier transformador.

580

585

De acuerdo con este procedimiento, el fleje se enrolla primero, a lo plano, sobre un rodillo o mandril de manera que el diámetro interior del rollo espiral de material de fleje, sea del mismo tamaño exacto que haya de tener en el aparato completo. El fleje se enrolla firmemente de modo que las vueltas espirales del mismo aniden una dentro de la otra y se ajusten de muy cerca una a la otra, siendo arrollada sobre el rodillo o mandril la cantidad exacta deseada de material para el elemento del núcleo enrollado, completo, del transformador o autotransformador. Entonces el fleje arrollado se dobla o se une, por soldadura, para evitar que las vueltas se aflojen y se trata después térmicamente como una unidad para quitar todas las torceduras y dar al núcleo la forma y tamaño definitivos. Preferiblemente, el ancho del fleje no es sino ligeramente menor que el ancho de la ventana del rollo eléctrico de forma arrollada o arrollamiento, al cual ha de aplicarse el fleje, aunque se comprenderá que este invento, en sus aspectos más amplios, no está limitado a una construcción en la que solamente haya un simple elemento de núcleo de fleje enrollado, sino que abarca construcciones en las cuales hay dos o más de estos elementos de núcleo enrollado sobre el mismo o diferentes pies o brazos del en-

590

595

600



605 rollamiento conductor y en grandes transformadores puede ser deseable el disponer espacios entre los elementos del núcleo apretadamente enrollado, para la circulación del medio de refrigeración, entre los elementos del núcleo. Después del tratamiento térmico, se desenrolla el fleje del rollo tratado térmicamente y se aplica, simultáneamente, al enrollamiento eléctrico de forma enrollada sin doblar o torcer el material de fleje lo suficiente para alterar su permeabilidad y características de pérdida de vatios, en el producto acabado. De acuerdo con este procedimiento, cuando se ha terminado el enrollamiento del material de fleje en la ventana del enrollamiento de forma enrollada, los espirales del fleje estarán en el estado exacto, con las vueltas ajustándose próximamente una a la otra y en la misma sucesión, en que se encontraban cuando el fleje enrollado fué tratado térmicamente y los diámetros interior y exterior, permanecerán invariables. Esto es de importancia, si se han de asegurar los mejores resultados. Hemos hallado, por ejemplo, por las pruebas de varios proyectos especiales de transformadores que tenían núcleos de aproximadamente 4 pulgadas de diámetro interior, que cuando el diámetro interior del núcleo después de su aplicación al transformador no era sino de un diez y seis avos de pulgada mayor que lo que era cuando el rollo fué tratado térmicamente, las pérdidas de vatios (a 14.000 gauses y 60 periodos) aumentaron de 5 a 10% y la corriente de excitación aproximadamente 15%, sobre los valores obtenidos cuando los núcleos se aplicaron con el diámetro exacto que tenían cuando se trataron térmicamente.

610

615

620

625

630

Si se han de usar densidades magnéticas altas en el aparato y altas eficiencias, asegurando corrientes de



635

magnetización bajas, el material de fleje magnético del núcleo debe llenar substancialmente, la ventana del rollo conductor aislado de forma enrollada y la vuelta interior de la espiral magnética, debe ajustar proximamente al pié del rollo conductor al que ha de aplicarse, a

640

fin de proporcionar un factor de alto espacio o proporción de sección de malla de cobre en la sección transversal del espacio utilizable para el enrollamiento. La ventana del rollo conductor de forma enrollada puede llenarse substancialmente, por ejemplo, aplicando un espesor

645

suficiente de fleje magnético enrollado a un pié del rollo conductor o puede llenarse aplicando la mitad de la cantidad de fleje magnético a cada uno de los pies o brazos opuestos del rollo conductor.

650

En este aparato completo, el flujo magnético corre en la dirección longitudinal del fleje y enteramente con el grano. Ninguna dificultad se presenta tal como ocurre en los ángulos de la construcción convencional del núcleo montado con láminas troqueladas. La repulsión de burbujas

655

se reduce al mínimo porque las vueltas del fleje magnético enrollado en espiral se ajustan proximamente una a la otra y el área de las brechas de aire o burbujas entre las vueltas adyacentes, es muy grande, siendo en producto del ancho del fleje por el largo de una vuelta. El

660

largo del circuito magnético se reduce algo y la repulsión de burbujas se reduce enormemente, por los valores inherentes, en la construcción convencional montada con láminas troqueladas.

665

Se puede reducir mucho la cantidad de material magnético así como la cantidad de cobre, sobre las que se necesita en los proyectos convencionales. Hemos construido, por ejemplo, transformadores de distribución des-



de $1\frac{1}{2}$ a 5 Kw. de acuerdo con este invento, con aproximadamente la mitad de la cantidad de material magnético y aproximadamente $3\frac{1}{4}$ de la cantidad de cobre de la construcción convencional de troquelados y laminados, con las eficiencias de carga plena y substancialmente la misma corriente de magnetización.

670

675

El siguiente cuadro demuestra, por ejemplo, los resultados que hemos obtenido con tres muestras de transformadores de distribución en comparación con los tamaños correspondientes de transformadores convencionales de construcción normal:

	1,5 Kw.		3 Kw.		5 Kw.	
	Normal	Nuevo	Normal	Nuevo	Normal	Nuevo
680 Pérdida total.	1.00	0,92	1.00	0,99	1.00	0.92
Peso del hierro	1.00	0.75	1.00	0.64	1.00	0.54
id. id. cobre	1.00	0.77	1.00	0.78	1.00	0.71
Corriente de magnetización.	1.00	1.-	1.00	1.06	1.00	1.25

685

690

695

El método de unión del núcleo magnético a los rollos conductores o enrollamientos, permite emplear la forma de rollos enrollados con las ventajas de la sencillez en la estructura, coste bajo de fabricación y la seguridad resultante de los rollos de forma enrollada. Tales rollos son susceptibles de arrollarse de manera que se proporcione un factor de alto espacio. Empleando un rollo primario o rollos que tengan un ancho aproximadamente igual al diámetro interior del núcleo magnético enrollado en espiral y colocando dos enrollamientos secundarios de ancho más angosto, uno adentro y uno afuera o uno a cada lado del enrollamiento primario o enrollamiento, como se describe posteriormente, de manera de dar una sección es-



700 caionada o cruciforme a la estructura del enrollamiento, se ha dispuesto una construcción para transformadores que tiene un factor de espacio relativamente alto el cual se presta a métodos convencionales de manufactura, aislamiento é impregnación.

705 Nuestro método de aplicación del fleje enrollado a la bobina conductora de forma enrollada, es deseable particularmente, cuando se ha de emplear material magnético delgado aunque es aplicable, con muchas ventajas, al fleje de 25 milésimas de grueso o aún más grueso. Una cantidad dada de material magnético en la forma de un fleje muy delgado, requiere un número mayor de vueltas en el núcleo magnético que las que necesita la misma cantidad de material de fleje más grueso, pero con nuestro método de enrollamiento, puede aplicarse el fleje magnético tan rápidamente, que el aumento del número de vueltas que se ha de dar, causan pequeña diferencia en el coste de fabricación, ya que si se fueran a emplear tales flejes delgados con las troquelaciones convencionales, sería dificultoso su tratamiento térmico y su manipulación sin introducir en ellos esfuerzos demasiado grandes de seria torsión y el número adicional de piezas que se tendría que manipular, aumentaría considerablemente el coste de fabricación.

710
715
720 La operación del troquelado produce retorcimientos en todos los materiales magnéticos, los que tienen que hacerse desaparecer por tratamiento térmico. Cuando las láminas son muy delgadas, tienden a pegarse unas a las otras y son muy susceptibles de torcerse seriamente al separarlas después de la operación del tra-

725



730

tamiento térmico. Por nuestro procedimiento, la operación del tratamiento térmico se lleva a cabo tan sencillamente con fleje delgado como con fleje grueso y hemos comprobado que el desenrollamiento del rollo magnético tratado térmicamente y el enrollarlo de nuevo sobre el enrollamiento conductor, reduce realmente las pérdidas de la bobina magnética del transformador acabado, en comparación a las pérdidas probadas de la bobina tratada térmicamente antes de haber sido desenrollada.

735

740

Esto es debido, probablemente, en gran parte al hecho de que durante la operación del tratamiento térmico, las vueltas se pegan más o menos en varios puntos y producen sendas de cortacircuitos para corrientes de fuga. Estas adhesiones desaparecen en la operación del desenrollamiento.

745

Es evidente que el núcleo acabado está substancialmente libre de torsiones que aumentarían las pérdidas, pues los ensayos que hemos hecho demuestran que las pérdidas son tan buenas y en algunos casos mejores, que las obtenidas con pequeñas muestras de Epstein, las cuales están libres de torsiones.

750

755

Aunque hemos explicado la aplicación del invento a los transformadores de distribución y a otros para frecuencias comerciales normales, estará patente, para los prácticos en la materia, que es también aplicable a frecuencias mucho más altas que las frecuencias comerciales normales. En los transformadores de alta frecuencia y semejantes en los que se emplea núcleos magnéticos, es importante el usar material de fleje muy



delgado para evitar pérdidas excesivas de corrientes de fuga.

760

Cuanto más alta sea la frecuencia, más delgado debe ser el material. Si, por ejemplo, para frecuencias desde varios cientos a varios miles de ciclos por segundo se deseara un fleje de unas 7 milésimas de grueso, puede emplearse este fleje muy fácilmente de acuerdo con el invento.

765

No se tiene ninguna dificultad al emplear fleje mucho más delgado que siete milésimas, si se desea fleje sumamente delgado. Para aplicaciones de alta frecuencia, son deseables densidades magnéticas bajas y puede ser deseable el usar material de fleje que tenga una resistividad más alta que el fleje de acero de 3% de sílice, laminado en frío. Por el examen precedente es de creer que estará claro que el invento implica un cambio radical en la industria de transformadores en la que durante veinte años o más se ha considerado, en grado extremo, que valía la pena la adopción de mejoras aún produciendo pequeñas ventajas. Compendiando brevemente los objetivos y ventajas del invento tal como se aplica a los transformadores de distribución, el transformador tiene una alta eficiencia permanente basada sobre la práctica actual de carga, siendo el total de las pérdidas o bien igual o bien menor que los del presente proyecto, resultando un coste menor de ejecución para los servicios públicos. El transformador puede hacerse más pequeño con economías muy apreciables resultando una inversión inicial menor y mayor renta sobre la inversión en servicios públicos. El transformador más ligero hace que sea más fácil de manejar en los almacenes y en el campo y

770

775

780

785



790 reduce los gastos de transporte. Se facilita a los fabricantes mejores métodos de producción a un coste más bajo y se puede fabricar un producto más uniforme.

Se comprenderá mejor el invento al considerarlo en conexión con la descripción siguiente detallada y los dibujos que se acompañan.

795 En los dibujos, la figura 1 muestra un bastidor conductor enrollado de estructura de enrollamiento tal como el enrollamiento de un autotransformador a un pie del cual se ha de aplicar un núcleo magnético; la figura 2 muestra un rollo cilíndrico de fleje magnético apropiado para la aplicación a la estructura de enrollamiento mostrada en la figura 1; las figuras 3 al 7 inclusive muestran varias fases del método de aplicación del núcleo magnético a la estructura de enrollamiento; la figura 8 muestra el núcleo magnético completamente aplicado; la figura 9 muestra la primera fase de la aplicación de un núcleo magnético a un pie del molde enrollado de la estructura de enrollamiento de un transformador 805 é ilustra una disposición de los enrollamientos primario y secundario del transformador; la figura 10 es una vista similar mostrando una modificación de la disposición de los enrollamientos primario y secundario; la figura 11 es una vista fragmentaria en perspectiva, ilustrando una fase de la operación de la aplicación del núcleo magnético a una estructura de enrollamiento de un transformador; la figura 12 es una vista de una estructura similar 810 de enrollamiento de transformador, con dos núcleos magnéticos completamente unidos sobre ella; la figura 13 es una vista en perspectiva mostrando los medios apro-



820

piados de montaje aplicados a un transformador tal como el mostrado en la figura 12; la figura 14 es una vista de un transformador en el cual el núcleo magnético está aplicado solamente a un pié de la estructura de enrollamiento; la figura 15 es una vista en perspectiva con partes cubiertas, mostrando una máquina para aplicar automáticamente núcleos magnéticos al transformador; la figura 16 es una vista tomada en general desde la parte izquierda de la figura 15 indicando la forma de levantar y bajar los medios de sujeción del transformador durante la operación de enrollamiento del núcleo; la figura 17 es una perspectiva mostrando parte del mecanismo ilustrado en la figura 15; la figura 18 es una vista que muestra un detalle de la máquina de la figura 15; y la figura 19 muestra otro detalle.

825

830

835

Con referencia a la figura 1, se muestra un bastidor enrollado de enrollamiento conductor 10, que tiene una ventana 11 esencialmente rectangular.

840

845

El pié rígido de la mano derecha de este enrollamiento conductor, está indicado como habiendo sido rodeado por medios de aislamiento cilíndrico, 12. La figura 2 muestra un cilindro 13 de material de fleje magnético delgado enrollado, a lo plano, en espiral con las vueltas ajustadas firmemente una a la otra, siendo asegurado el extremo de la vuelta de afuera a la vuelta inmediata que está debajo, de alguna manera apropiada tal como, por ejemplo, uniéndolo o soldándolo en manchas o gotas, como se indica en 14. El cilindro o rollo de fleje magnético está representado en el estado en que sale del horno de tratamiento interior térmico. El diámetro del cilindro de fleje magnético es



el mismo que el diámetro exterior del cilindro aislador 12, al que ha de aplicarse.

850

La figura 3 muestra una sección de la estructura de enrollamiento de la figura 1 tomada por la línea 3-3 de la figura 1 y muestra más claramente una construcción apropiada del cilindro aislador 12, en la cual el cilindro está hecho de dos piezas aislantes semi-circulares 15 y 16, sujetadas juntas con una envoltura apropiada de cinta. El primer paso en la aplicación del núcleo de la figura 2, a la estructura de enrollamiento de la figura 1, se muestra también en la figura 3.

855

El núcleo 13 se coloca sobre un poste o rodillo apropiado 17. Las uniones soldadas 14 se aflojan, por ejemplo, con un destornillador y se lleva el extremo del fleje en el sentido de las agujas del reloj a través de la ventana 4 y se recoge al rededor para formar un lazo grande perfecto 18, siendo asegurado apropiadamente el extremo del fleje a la vuelta inmediata que está debajo, atándolo o uniéndolo por soldadura en 19. El lazo 18 debe ser suficientemente pequeño para que pueda darse vuelta al fleje libremente sin tocar el lado más alejado de la ventana y debe ser suficientemente grande de modo que cuando todo el material del rollo 13 se enrolla en el lazo mayor, pueda darse vueltas al lazo libremente sin que la vuelta interior del fleje toque el lado interior de la ventana. Comúnmente el número de vueltas del lazo grande, será la mitad del número de vueltas del rollo 13 y en tal caso, la primera vuelta del lazo 18 necesita espaciar el cilindro aislante 12, en una distancia de sólo aproximadamente la mitad del grueso de la capa de vueltas del rollo 13, mostrado en la figura 2.

860

El núcleo 13 se coloca sobre un poste o rodillo apropiado 17. Las uniones soldadas 14 se aflojan, por ejemplo, con un destornillador y se lleva el extremo del fleje en el sentido de las agujas del reloj a través de la ventana 4 y se recoge al rededor para formar un lazo grande perfecto 18, siendo asegurado apropiadamente el extremo del fleje a la vuelta inmediata que está debajo, atándolo o uniéndolo por soldadura en 19. El lazo 18 debe ser suficientemente pequeño para que pueda darse vuelta al fleje libremente sin tocar el lado más alejado de la ventana y debe ser suficientemente grande de modo que cuando todo el material del rollo 13 se enrolla en el lazo mayor, pueda darse vueltas al lazo libremente sin que la vuelta interior del fleje toque el lado interior de la ventana. Comúnmente el número de vueltas del lazo grande, será la mitad del número de vueltas del rollo 13 y en tal caso, la primera vuelta del lazo 18 necesita espaciar el cilindro aislante 12, en una distancia de sólo aproximadamente la mitad del grueso de la capa de vueltas del rollo 13, mostrado en la figura 2.

865

El núcleo 13 se coloca sobre un poste o rodillo apropiado 17. Las uniones soldadas 14 se aflojan, por ejemplo, con un destornillador y se lleva el extremo del fleje en el sentido de las agujas del reloj a través de la ventana 4 y se recoge al rededor para formar un lazo grande perfecto 18, siendo asegurado apropiadamente el extremo del fleje a la vuelta inmediata que está debajo, atándolo o uniéndolo por soldadura en 19. El lazo 18 debe ser suficientemente pequeño para que pueda darse vuelta al fleje libremente sin tocar el lado más alejado de la ventana y debe ser suficientemente grande de modo que cuando todo el material del rollo 13 se enrolla en el lazo mayor, pueda darse vueltas al lazo libremente sin que la vuelta interior del fleje toque el lado interior de la ventana. Comúnmente el número de vueltas del lazo grande, será la mitad del número de vueltas del rollo 13 y en tal caso, la primera vuelta del lazo 18 necesita espaciar el cilindro aislante 12, en una distancia de sólo aproximadamente la mitad del grueso de la capa de vueltas del rollo 13, mostrado en la figura 2.

870

El núcleo 13 se coloca sobre un poste o rodillo apropiado 17. Las uniones soldadas 14 se aflojan, por ejemplo, con un destornillador y se lleva el extremo del fleje en el sentido de las agujas del reloj a través de la ventana 4 y se recoge al rededor para formar un lazo grande perfecto 18, siendo asegurado apropiadamente el extremo del fleje a la vuelta inmediata que está debajo, atándolo o uniéndolo por soldadura en 19. El lazo 18 debe ser suficientemente pequeño para que pueda darse vuelta al fleje libremente sin tocar el lado más alejado de la ventana y debe ser suficientemente grande de modo que cuando todo el material del rollo 13 se enrolla en el lazo mayor, pueda darse vueltas al lazo libremente sin que la vuelta interior del fleje toque el lado interior de la ventana. Comúnmente el número de vueltas del lazo grande, será la mitad del número de vueltas del rollo 13 y en tal caso, la primera vuelta del lazo 18 necesita espaciar el cilindro aislante 12, en una distancia de sólo aproximadamente la mitad del grueso de la capa de vueltas del rollo 13, mostrado en la figura 2.

875

El núcleo 13 se coloca sobre un poste o rodillo apropiado 17. Las uniones soldadas 14 se aflojan, por ejemplo, con un destornillador y se lleva el extremo del fleje en el sentido de las agujas del reloj a través de la ventana 4 y se recoge al rededor para formar un lazo grande perfecto 18, siendo asegurado apropiadamente el extremo del fleje a la vuelta inmediata que está debajo, atándolo o uniéndolo por soldadura en 19. El lazo 18 debe ser suficientemente pequeño para que pueda darse vuelta al fleje libremente sin tocar el lado más alejado de la ventana y debe ser suficientemente grande de modo que cuando todo el material del rollo 13 se enrolla en el lazo mayor, pueda darse vueltas al lazo libremente sin que la vuelta interior del fleje toque el lado interior de la ventana. Comúnmente el número de vueltas del lazo grande, será la mitad del número de vueltas del rollo 13 y en tal caso, la primera vuelta del lazo 18 necesita espaciar el cilindro aislante 12, en una distancia de sólo aproximadamente la mitad del grueso de la capa de vueltas del rollo 13, mostrado en la figura 2.



880

Se hace girar entonces al rollo 13 junto con el lazo grande 18, lo que ocasiona que se desenrolle el fleje del rollo 13 y se vuelva a enrollar, simultáneamente, en el lazo 18, montándose las vueltas sucesivamente desde afuera para adentro. Se observará que la dirección de la curvatura del fleje en el lazo grande 18, es la misma que la del rollo 13.

885

890

895

900

905

La figura 4 muestra una fase de la operación en la que se ha enrollado aproximadamente la mitad del material del rollo 13, en el lazo mayor y la figura 5 muestra la fase de la operación en la que se han enrollado todas menos una fracción de vueltas del rollo 13, en el lazo mayor 18. Se observará que por razón del hecho de que el lazo 18 tiene un diámetro mayor que el diámetro exterior del rollo 13, el número de capas en el lazo grande es tanto menor del número de las del rollo 13, que se puede hacer girar al lazo grande libremente por la ventana 11 de la estructura de enrollamiento 10, sin raspar o dañar de ninguna forma el aislamiento de enrollamiento conductor, 10 o raspar o dañar el cilindro aislante 12. Una rotación ulterior del lazo 18 más allá de la posición mostrada en la figura 5, permite que la vuelta interior del fleje se enrolle sobre el cilindro aislante 12, lo que se efectúa por razón de juego permanente que se ha impartido al fleje, por el tratamiento térmico. El poste o rodillo 17, se retira después de su sitio y se rompe la unión de soldadura 19 y entonces el fleje se cierra en la forma general mostrada en la figura 7. Por razón del juego permanente impartido por el tratamiento térmico el rollo



910

de fleje, tiende a cerrarse y tornar el estado físico exacto que tenía cuando se trató térmicamente, pero la fricción del borde del fleje sobre la mesa tiende a causar que las vueltas espirales tomen la forma mostrada en la figura 7. El operador, entonces, sujetará la vuelta interior del fleje al cilindro aislante 12 y después dará las vueltas del fleje alrededor a mano, para cerrar las vueltas del fleje hasta obtener la forma terminada 13, mostrada en la figura 8.

915

920

925

930

Cada vuelta del flejemagnético en el rollo cilíndrico, ocupa entonces exactamente la misma posición que tenía cuando el rollo 13 se trató térmicamente. Los diámetros interior y exterior, son los mismos que tenía el rollo tratado térmicamente y las vueltas están en la misma sucesión en que estaban en el rollo tratado térmicamente. La vuelta interior se ajusta sólidamente al cilindro 12. El operador puede determinar enseguida, cuándo ha apretado los rollos hasta la posición original que ocupaban en el rollo de fleje al salir del horno de tratamiento térmico, haciendo una señal a lo largo del extremo del fleje del rollo tratado térmicamente y apretando entonces las vueltas para complementar la operación de enrollamiento hasta el fin de las líneas del fleje con esa señal.

935

El fleje de acero sílice laminado en frío de alta reducción con un contenido de sílice del orden de 3% torna un juego permanentemente definido, cuando se trata térmicamente para eliminar las flexiones elásticas y el carácter elástico de este fleje, permite el que sea aplicado muy prontamente por este método de enrollamiento sin encorvarlo más allá de su límite elástico. Mientras el fleje está en el lazo mayor 13, por supuesto, con-



940 tiene torsiones; pero cuando el rollo está finalmente ce-
rrado en su posición final en el aparato terminado, las
tales contorsiones desaparecen. Durante la operación del
enrollamiento, el fleje no se desvia o tuerce en ningún
respecto de manera que empeoren sus cualidades magnéticas
945 y los ensayos hechos del núcleo en el aparato terminado,
demuestran que las características de permeabilidad y de
perdidas de vatios son tan buenas como las obtenidas con
las muestras libres de torsiones, de Epstein.

El desenrollamiento y reenrollamiento del rollo
950 de fleje, mejora mucho las características de perdidas de
vatios sobre las del rollo conforme viene del horno de tra-
tamiento térmico. Esto es debido, probablemente, al hecho
de que el tratamiento térmico durante a lo menos una hora
a una temperatura de aproximadamente 800 ° c a aproximada-
955 mente 900 ° c en el horno de tratamiento térmico, produce
ligeras adhesiones entre las vueltas de fleje proporcionan-
do sendas de corta-circuitos para corrientes de fuga. La o-
peración de desenrollar elimina estas adhesiones sin la me-
nor dificultad.

960 La elasticidad del fleje de 3% de sílice laminado
en frío, de alta reducción es tal, que el lazo grande 18
puede ser considerablemente más elíptico que el ilustrado
en las figuras 3 al 6 sin estirar el material del fleje más
allá del límite elástico. Esta cualidad del fleje puede ser
965 aprovechada ventajosamente cuando el sitio disponible para
el lazo, está limitado por la presencia de varias estruc-
turas de enrollamiento alrededor de los pies adyacentes a
los cuales, se ha de enrollar el fleje simultaneamente. Si
por ejemplo, hay tres de estas estructuras de enrollamien-



970 te espaciadas a 120 grados, con sus pies adyacentes anidadas juntas de manera que llenen substancialmente la abertura del núcleo cilíndrico cuando se aplican, puede ser necesario el hacer el lazo grande algo elíptico para evitar su rozamiento contra las partes exteriores de las estructuras de enrollamiento adyacentes.

975

El largo del lazo puede variarse ajustando la posición del poste o rodillo 17, para variar la distancia entre el poste y el pié de la estructura de arrollamiento conductor sobre la cual se ha de enrollar el fleje. Con fleje más quebradizo tal como el que contiene un porcentaje alto de sílice o un fleje más blando que no puede curvarse tanto sin sobrepasar el límite elástico, el lazo 18 debe ser substancialmente circular y no de un diámetro lo bastante grande para atirantar el fleje demasiado cuando su curvatura varía entre la que tenía el rolle original y la del lazo o curva cerrada mayor. Sin embargo, el lazo debe ser siempre lo bastante grande para que pueda completarse la operación del enrollamiento sin que el lazo 18 tenga el número de capas de fleje lo suficientemente grandes para impedir que el lazo dé vueltas libremente por la ventana 11. Por razón del hecho de que puede colocarse una cantidad de material mayor en el lazo largo con un número menor de capas, de acuerdo con el invento es posible enrollar a través de la ventana del enrollamiento conductor, el fleje bastante para que cuando el fleje se cierra en su forma final, el número de capas sea suficiente para llenar la ventana de la estructura de enrollamiento sin considerar si la sección transversal del pie de la estructura de enrollamiento sobre la que se enrolla el fleje y

980

985

990

995



- 1000 el diametro interior correspondiente del rollo de fleje, en su forma cuando ha sido tratado térmicamente, es grande o pequeño. De este modo es posible, de acuerdo con el invento, hacer que la estructura de enrollamiento conductor llene la abertura del rollo cilíndrico y
- 1005 hacer que el núcleo llene la abertura de la estructura de enrollamiento, permitiendo una disposición que da el largo mínimo de vuelta del enrollamiento conductor y el largo mínimo de senda para el flujo magnético producido por el núcleo por el enrollamiento y , como se ha hecho notar precedentemente, la repulsión de burbujas entre las vueltas del fleje, se reducen al mínimo y teniendo la más favorable orientación magnética del grano del fleje en la dirección longitudinal del mismo, la corriente de excitación necesaria para cualquier densidad de flujo dada, se mantiene por razón de la alta permeabilidad del material y el uso efectivo tanto de cobre como de material magnético. La economía del material magnético en el núcleo, reduce la pérdida total de vatios.
- 1010
- 1015
- En la precedente descripción más hemos referido a adhesiones entre las vueltas del fleje magnético, producidas en el horno de tratamiento térmico. La cantidad de aislamiento necesario entre las vueltas del fleje, es muy pequeña. Los rollos de fleje tratados térmicamente tendrán comunmente, sin ninguna providencia especial para tal aislamiento, suficiente aislamiento entre las vueltas para cuidar que la pérdida de corriente de fuga llegue a ser apreciable si las ligeras adhesiones entre las vueltas a que se ha hecho referencia, se reparan durante la operación del enrollamiento. Si, sin embargo, se han mejorado las cualidades magnéticas del fle-
- 1020
- 1025
- 1030



je por haber recurrido a expedientes especiales tal como el decapado en ácido, en conjunción con un tratamiento de recocido bajo condiciones de desoxigenación o purificación, como se ha hecho notar por ejemplo en la patente americana de Ruder 1.648,697 de 8 de Noviembre de 1927, puede ser deseable en algunos casos, el aplicar al fleje una superficie aislante. Puede usarse una solución que sobreviva al tratamiento térmico tal como una solución de silicato de cromo. Sin embargo, con este procedimiento de enrollamiento es una cuestión sencilla el esparcir una capa aislante muy delgada mientras se desenrolla el núcleo y se aplica a la estructura de enrollamiento, en el cual caso no es necesario que el material aislante sea de una característica, que sobreviva el tratamiento térmico.

La aplicación de núcleos magnéticos de fleje enrollado a los transformadores, puede llevarse a cabo de acuerdo con este invento, tan sencillamente como la aplicación de estos núcleos a los autotransformadores. El molde enrollado de la estructura de enrollamiento 10 mostrado en la figura 1 puede, ciertamente, representar el enrollamiento o enrollamientos conductores de un autotransformador o los enrollamientos conductores de un transformador.

En la figura 9 hemos mostrado el primer paso en la aplicación de tal núcleo a un transformador con una estructura de enrollamiento conductor comprendiendo un enrollamiento primario 20 y dos enrollamientos secundarios 21 y 22 estando situado el enrollamiento 21 afuera del enrollamiento 20 y el enrollamiento 22 adentro del enrollamiento 20. La disposición de estos enrollamientos aparece más claramente en la vista en perspectiva fragmen-



taria mostrada en la figura 11. Los enrollamientos 20, 21 y 22, son rollos de forma enrollada que pueden ser enrollados, aislados, y si se desea, impregnados, sencilla y eficazmente y sin gastos.

1065

Con referencia ulterior a la figura 9, está ilustrado en ella el primer paso de la plicación del rollo de fleje magnético 13, a la estructura de enrollamiento conductor del transformador, correspondiendo la

1070

fase de la operación de enrollamiento, a la fase mostrada en la figura 3, de aplicación de tal rollo de fleje a un reactor. El extremo del rollo 23 se ha pasado por la ventana 24, se ha formado un lazo grande 25 y se ha

1075

asegurado el extremo del fleje, a la vuelta inmediata del rollo 23, de debajo, por unión de soldadura en 26. Esta unión de soldadura puede hacerse de varias maneras

siendo un modo sencillo el presionar momentaneamente con un electrodo de carbón de circuito de soldadura, contra

1080

el fleje, preferiblemente sosteniendo un pedazo pequeño de madera o semejante debajo del fleje al extremo del cual

ha de unirse, para facilitar la operación conduciendo el otro terminal del circuito, al rollo de fleje. Se hacen

1085

girar después el rollo 23 y el lazo grande 25 en la dirección mostrada por la flecha, para desenrollar el rollo 23 y volver a enrollar el fleje en el interior del lazo mayor, pasando el lazo largo libremente por la ventana 24. Esta operación puede llevarse a cabo, manualmente como se

1090

ha descrito precedentemente en conexión con las figuras 3 al 8 inclusive. Puede también efectuarse automáticamente y la figura 9 ilustra como puede hacerse esto resuelta y rápidamente. El rodillo 27 corresponde al rodillo 17 de la figura 3 y está montado un rollo similar 28 contra la super-



1095

ficie exterior del rollo 23. Accionando los rodillos 27 y 28 simultáneamente en direcciones opuestas como se indica por las flechas, mientras el rodillo 27 es presionado hacia el rodillo 28 por un mecanismo de muelle, apropiado que mantiene los rodillos 27 y 28 en contacto con las superficies interior y exterior del rollo 23,

1100

puede desenrollarse el rollo y enrollarse en el lazo grande. Se puede dar a los rodillos 27 y 28 una superficie de fricción apropiada tal como de goma para darle el toque motor necesario. Para facilitar la formación del

1105

lazo 25 y el mantenimiento de este lazo en la forma deseada durante el enrollamiento, puede colocarse una placa guía 29 y también un rodillo 30 el cual está ajustado de manera que el lazo 25 descansa ligeramente sobre él durante la operación del enrollamiento. El borde superior del fleje que forma el lazo 25 descansa sobre una mesa apropiada que no se muestra en la figura 9. Para impedir cualquier

1110

tendencia del fleje a trepar a los rodillos 27 y 28 durante la operación de enrollamiento, se puede colocar un rodillo 31 que descansa sobre el borde superior del rollo de fleje 23 y el borde superior del lazo de fleje 25.

1115

Cuando el rollo de fleje 23 se ha enrollado del todo en el lazo mayor 25 y el extremo interior del rollo de fleje 23 se ha curvado alrededor del cilindro aislante 32, como se ha descrito precedentemente en conexión con las figuras 5 y 6, se retira el rodillo 27 y se rompe la

1120

unión soldada, 26 y entonces el fleje del lazo largo 25 toma la forma general mostrada en la figura 7. El extremo interior del fleje se engancha entonces al cilindro ais-



1125 lante 32 como por ejemplo, por medio de la grapa 33 mostrada en la figura 11. Después se cierra el rieje a su forma final, como se ha descrito anteriormente en conexión con las figuras 7 y 8 y el extremo exterior del rieje, se asegura a la capa inmediata, de debajo, de una manera apropiada como por ejemplo, con unión de soldadura. Entonces se retira la grapa 33.

1130 Puede entonces darse vueltas alrededor de la estructura de enrollamiento conductor y enrollar un rollo similar de rieje sobre el otro pie de la estructura de enrollamiento. La figura 9 representa una fase de la operación en la cual se ha aplicado ya un rollo cilíndrico de rieje 34, al otro pie de enrollamiento. Se observará por las figuras 9 y 11, que la estructura de enrollamiento conductor tiene una sección transversal cruciforme, extendiéndose el enrollamiento primario 20 diametralmente a la abertura del núcleo hueco, cilíndrico 7 magnético, mientras que los enrollamientos secundarios 21 y 22 son más estrechos que el enrollamiento primario 20 y ocupan los espacios dejados en la abertura del núcleo. La periferia de la estructura de enrollamiento conductor, tiene una periferia en forma de escalones que generalmente se aproxima a la periferia circular del interior del núcleo hueco. La disposición en la cual la abertura del núcleo se llena substancialmente con los enrollamientos conductores, proporciona un factor de alto espacio o proporción de sección transversal de malla de cobre, a la sección transversal del espacio disponible para los enrollamientos conductores, dejando solamente tal espacio por necesitarse para ais-

1135

1140

1145

1150



1155

lamiento y circulación de los medios de refrigeración, cuando se desean espacios para tal circulación. Este invento no está limitado a formar rollos enrollados de sección transversal rectangular como se muestra en la figura 11, pero estos rollos se enrollan más sencillamente y sin gastos que los rollos de una sección transversal que llene más completamente todavía el espacio disponible para los enrollamientos conductores.

1160

En lugar de tener colocados concéntricamente los enrollamientos primario y secundario como se muestra en las figuras 9 y 11, pueden colocarse uno al lado del otro como se muestra en 35, 36 y 37 en la figura 10. Esta disposición también proporciona la sección cruciforme o escalonada deseada, llenando substancialmente la abertura del núcleo cilíndrico del fleje enrollado.

1165

1170

La figura 12 muestra un transformador acabado con los enrollamientos primario 20, 21 y 22 dispuestos como en la figura 9 y dos núcleos de fleje enrollados completos 34 y 35, aplicados a él. Las uniones por soldadura del extremo exterior del fleje del núcleo 35, están indicadas en 36 de la figura 12. El ancho del fleje magnético, puede ser substancialmente tan grande como el largo de la ventana 24 de la estructura de enrollamiento y el número de vueltas que pasan por la ventana puede ser suficiente, substancialmente, para llenarla de fleje magnético.

1175

1180

Mientras un fleje deigaao, sencillo, del material magnético, es sumamente delicado y está sujeto a dañarse por contorsión, los núcleos cilíndricos completos con las vueltas ajustadas apretadamente una a la otra, son fuertes.

El transformador completo de la figura 12 puede ser provisto muy sencillamente, de medios de montaje. La

1185



figura 13 muestra una forma de montaje aplicada al transformador de la figura 12. El montaje mostrado comprende un par de piezas o miembros 38 y 39 de forma acanalada asegurados juntos por las piezas de fajas 40,41,42 y 43. Estas tiras o fajas pueden soldarse al miembro canal 38 y sujetarse al miembro de canal 39, como está indicado,

1190

por los pernos 44, habiéndose provisto de espaciadores apropiados 45. Los extremos superiores de las tiras o miembros 40,41,42 y 43, pueden estar provistos de colas de suspensión y agujeros de perno para asegurar el transformador a un depósito llenado de fluido aislante. En la construcción mostrada en la figura 13 los miembros de tiras 40 y 43 se muestran provistos de suspensión dobladas 46 y 47 con agujeros oblongos para asegurarlos en su sitio y las piezas de tiras 41 y 42 están indicados como piezas derechas con agujeros circulares apropiados, pero se comprenderá que la disposición particular empleada puede cambiarse como se desee.

1195

El transformador de las figuras 12 y 13 se monta con preferencia, horizontalmente como se muestra en la figura 13, de manera que el fluido aislante pueda circular libremente a través de los espacios entre los enrollamientos. Los miembros de canal 38 y 39 están provistos de aberturas que permiten una circulación libre del fluido aislante, estando indicadas dos de estas aberturas en el miembro de canal 38, en 48 y 49. Pueden proveerse medios terminales de montaje, apropiados. En la figura 13 se muestra una pieza aislante 50 para montar los terminales de alto voltaje 51 y 52 del enrollamiento primario. Se muestra una pieza aislante 53, para conducir los conductores 54 conectados a los enrollamientos secundarios. Los enrollamientos

1200

1205

1210

1215



tos secundarios, pueden conectarse en series o paralelos, como se desee.

1220 Aunque hemos mostrado los enrollamientos secundarios 21 y 22 rodeando al enrollamiento primario 20, en las figuras 9 y 11 y hemos mostrado en la figura 10 los enrollamientos secundarios 36 y 37 colocados uno a cada lado del enrollamiento primario, se comprenderá que el invento, en sus aspectos más amplios no está limitado a ninguna disposición especial de estos enrollamientos, o en el número de tales enrollamientos. En algunos casos, puede además ser deseable el dividir los enrollamientos. Por ejemplo, el enrollamiento primario 20 puede dividirse en dos enrollamientos con un espacio entre ellos para facilitar la circulación de los medios de refrigeración y esta disposición de enrollamientos, se muestra en la figura 15, descrita más adelante. Cuando los enrollamientos secundarios están colocados al costado del enrollamiento primario, como se muestra en la figura 10, se logrará generalmente la mejor circulación de los medios de refrigeración, si el transformador se monta verticalmente en vez de hacerlo horizontalmente como en figura 13.

1235 En lugar de dividir el núcleo magnético del transformador en dos cilindros, enrollado cada uno a cada pié del transformador, como se muestra en la figura 12, puede proveerse un solo núcleo magnético sobre un pié solamente. Esta disposición se muestra en la figura 14, en la que el núcleo 55 está montado sobre un pié de la estructura de enrollamiento, como en el caso del autotransformador mostrado en la figura 1. Se comprenderá, sin embargo, que este invento no está limitado a una construcción en la que se aplica el fleje

1240

1245



magnético solamente a uno o dos de los pies de una estructura de enrollamiento conductor.

1250 En la figura 15, hemos mostrado una forma de máquina que se ha encontrado muy eficaz para aplicar núcleos magnéticos de fleje enrollado a las estructuras de enrollamiento. Esta máquina está descrita y reivindicada en la solicitud formulada concurrentemente con ésta (caso nº 60.348) pero se muestra y describe aquí para demostrar cómo pueden hacerse ^{los} transformadores y autotransformadores que comprenden este invento, llevando a efecto el procedimiento del invento automáticamente.

1260 La figura 15 muestra un transformador que comprende dos enrollamientos primarios 56 y dos enrollamientos secundarios 57 y 58 colocando respectivamente afuera y adentro de los enrollamientos primarios, para proporcionar pies de enrollamiento, que tengan una sección transversal cruciforme, como se ha descrito precedentemente. El transformador completo se muestra teniendo dos núcleos magnéticos de fleje enrollado 59 y 60 aplicados a él. La figura 15 muestra la fase de la operación de fabricación del transformador en la que éste ha sido completado y está pronto para ser retirado de la máquina, preparatoria a la inserción de otra estructura de enrollamiento, a la que se han de aplicar núcleos magnéticos.

1270 La estructura de enrollamiento está fijada a ^{de} una cabeza enrollamiento.

1275 En la disposición ilustrada, la estructura de enrollamiento se muestra agarrada entre un juego inferior de cuatro rodillos 61 y cuatro rodillos superiores 62, los cuales rodillos están provistos, preferentemente con superficie de goma o semejante de manera que no dañen los



enrollamientos del transformador cuando los agarre. Los rodillos 61 están montados sobre una pieza 63 que está cerca del extremo inferior de la cabeza de enrollamiento y los rodillos superiores 62, están montados sobre una pieza 64 cerca del extremo superior de la cabeza de enrollamiento. Ambas piezas 63 y 64 están montadas de manera que puedan girar en un plano horizontal, sobre el eje de la estructura de enrollamiento a la que se han de aplicar los núcleos de fleje magnético, de manera que después que un núcleo ha sido enrollado en un pie de la estructura de enrollamiento, la estructura puede girar a 180 grados para poner el otro pie de enrollamiento en posición de que se le aplique el núcleo. La cabeza de enrollamiento comprende una pieza trasera 65 que tiene una pieza inferior de proyección hacia adelante 66, para el soporte de la pieza giratoria 63 y una pieza superior de proyección hacia adelante 67, a través de la cual una varilla rosca-da 68, accionada por una rueda a mano 69, funciona para levantar y bajar la pieza 64 que gira en el extremo inferior de la varilla o vástago 68. Dando vueltas a la rueda a mano 69, puede moverse la pieza 64 hacia abajo, para hacer que la estructura de enrollamiento quede agarrada entre los rodillos inferiores 61 y los rodillos superiores 62. Se ha previsto una varilla o vástago 70 impulsada hacia abajo por un muelle o por gravedad, con un saliente adaptado para encajar en las aberturas 71 que están una en cada extremo de la pieza 64. Cuando la estructura de enrollamiento esta agarrada entre los rodillos 61 y 62, se le hace girar sobre su eje hasta que la proyección de la varilla 70 encaja en una de las aberturas 71 de la pieza 64, sujetando asi, la estructura de enrollamiento en la posición mostra-



da en el dibujo.

1310

Levantando ligeramente la varilla 70 puede hacerse girar la estructura de enrollamiento a 180 grados y entonces la proyección de la varilla 70, penetra en la abertura 71, en el otro extremo de la pieza 64 y mantiene la estructura de enrollamiento en su nueva posición.

1315

Para sacar el transformador de la cabeza de enrollamiento, es necesario únicamente dar vueltas a la rueda a mano 69, para volver afuera la varilla roscada 68 y levantar la pieza superior de sujeción 64, con lo que el transformador puede retirarse y colocar y sujetar en su sitio una nueva estructura de enrollamiento, bajando la pieza de sujeción 64.

1320

La estructura de enrollamiento debe bajarse entonces hasta la mesa 72 de manera que la superficie superior de la mesa, está igual con el punto de la estructura de enrollamiento a donde tiene que venir el extremo inferior del núcleo magnético cilíndrico que ha de aplicarse.

1325

Para permitir el levantar y bajar la cabeza de enrollamiento en un cuerpo con el transformador sujeto, en el la pieza 65 está dispuesta para moverse verticalmente sobre el marco 73 como se muestra mas claramente en la figura 16. Para guiar la pieza 65 durante sus movimientos, los rodillos 74 y 75 montados sobre la pieza 65, ajustan los bordes de los costados del marco 73 y los rodillos 76 de la pieza de proyección hacia adelante 67, del miembro 65, descansan en la parte de atrás del marco 73. Para levantar y bajar la cabeza de enrollamiento, se

1330

1335

han puesto medios que comprenden una cremallera 77 soldada al extremo de la placa 65, un piñon 78 que se ajusta a la cremallera y una rueda a mano 79, para accionar el



piñon. El eje del piñon 78 y una rueda a mano 79, están montados en un cojinete sobre una pieza de soporte 80.

1340

La pieza 80 está asegurada a una pieza 156 a la que se hace referencia más adelante, la que está sujeta a la mesa 72 pero adaptada a ser ajustada de manera de mover la cabeza de enrollamiento, longitudinalmente a la mesa, como se describe más adelante.

1345

Para mantener la pieza 65 en cualquier posición en que se haya ajustado verticalmente, se ha dispuesto un morillo 81 para engancharse en la cremallera 77 se ha provisto un tornillo de sujeción 82 que pasa por una hendidura 83 del marco 73, para sujetar las piezas 65

1350

y 73 firmemente juntas. Cuando el operador desea levantar o bajar la cabeza de enrollamiento, afloja el tornillo de sujeción 82 y suelta el morillo 81, levantando la palanca 83. El rodillo 84 mostrado en la figura 15, corresponde al rodillo 28 mostrado en las figuras 9 y 10 y la

1355

tira de guía 85 y el rodillo 86, corresponden a la plancha-guía 29 y rodillo 30 de las figuras 9 y 10. La posición del rodillo-guía 86, puede ajustarse horizontalmente por el soporte de corredera 87, el que puede sujetarse en cualquier posición fija, por la tuerca alada 88.

1360

El rodillo 89 para descansar sobre él, el borde superior del fleje durante el enrollamiento, corresponde al rodillo 31 de las figuras 9 y 10, estando montado este rodillo sobre un árbol 90 que puede ser sujetado en cualquiera posición fija en la pieza 91, por el tornillo ajustador 92.

1365

El rodillo 93, que corresponde al rodillo 27 de las figuras 9 y 10 se muestra en la figura 17 y este rodillo está montado de manera que se puede quitar, sobre una



1370

pieza 94, que está montada rotativamente sobre una pieza 95 y accionada por engranaje apropiado, como posteriormente se describe. El rodillo 93 se muestra con un árbol de proyección 96 y una garganta 97, provista de un pasador transversal 98 que encaja en muescas 99 de la pieza 94, de manera que cuando el rodillo se coloca en posición en la pieza 94, esta pieza le hace girar, por medio de la conexión del pasador transversal y la muesca.

1375

1380

Suponiendo que la cabeza de enrollamiento se ha bajado para traer la estructura de enrollamiento a la posición apropiada, con referencia a la mesa 72, para la aplicación del núcleo de fleje magnético, el rollo de fleje conforme viene del horno de tratamiento térmico como se muestra en la figura 2, por ejemplo, se coloca sobre la mesa 72 y el rodillo 93 se pone en su sitio, adentro del rollo, de manera que los rodillos 93 y 84 ocupen la posición de los rodillos 27 y 28 mostrados en las figuras 9 y 10. A fin de inclinar el rodillo 93 hacia el rodillo 84 y sujetar el rollo de fleje entre estos dos rodillos, el miembro 95 sobre el que está montada rotativamente la pieza 94, se apoya sobre varillas 100 y

1385

1390

101 que se deslizan a través de las aberturas y que constituyen cojinetes en la mesa 72. Los extremos exteriores de las varillas 100 y 101 se atornillan con perno a una pieza transversal 102, la cual se desliza sobre una varilla guía 103 apoyada en el marco 104, que está fijado a la mesa 72.

1395

Los muelles 105 y 106 que descansan sobre la mesa 72 y la pieza transversal 102, inclinan el rodillo 93 hacia el rodillo 84.



1400

Preliminarmente a la colocación del rollo de fleje magnético sobre la mesa el operador mueve el miembro 95 contra la inclinación de los muelles 105 y 106, levantando la palanca 107, el cual movimiento de elevación mueve la manivela 108 hacia abajo asegurándose el extremo de esta manivela a la pieza transversal 102, con un cable flexible o cadena

1405

109 que pasa sobre una polea 110. El trinquete de retención 111, enganchando los dientes de la pieza 112 montada sobre el árbol de la palanca 107 y manivela

1410

108, mantiene la pieza transversal 95, contra la inclinación de los muelles. El rodillo 93 puede ser montado entonces rápidamente en la pieza 94 y puede colocarse el rollo de fleje magnético en la mesa, sobre el rodillo 93. El operador levanta entonces ligeramente la palanca 107 y afloja el trinquete 111 y permite que los

1415

muelles 105 y 106 presionen el rodillo 93 contra el interior del rollo de fleje magnético, el exterior del cual se presiona contra el rodillo 84. El extremo del rollo de fleje magnético, se afloja entonces y se pasa por la ventana de la estructura de enrollamiento y se

1420

da vueltas en el lazo relativamente grande y unido por soldadura a la vuelta inmediata de debajo del rollo de fleje magnético, como se ha descrito en conexión con la figura 3 y también en conexión con las figuras 9 y 10.

1425

Como se ha descrito precedentemente, los rodillos 93 y 84 son accionados para desenrollar el fleje del rollo tratado térmicamente y volver a enrollarlo en el lazo mayor, enrollando desde afuera para adentro, como se ha descrito en conexión con las figuras 3 al 6.



1430

Para accionar los rodillos 93 y 84 se ha provisto un motor 113, que acciona por poleas apropiadas y una correa 114 para accionar el árbol 115 mostrado en las figuras 15 y 17. Como se muestra en la figura 15, el accionamiento es por engranajes cónicos y un embrague de cambio, controlado por una palanca de pedal 118.

1435

Como se muestra más claramente en la figura 17, hay una rueda de engranaje dentada 119 sujeta al extremo superior del árbol 115 y esta rueda de engranaje acciona con piñón 120 que hace dar vueltas al rodillo 84. El piñón 120, acciona también las ruedas de engranaje 121 y 122, que a su vez accionan el piñón 123, el que hace girar a la pieza 94 y al rodillo 93.

1440

Los rodillos 84 y 93 giran en direcciones opuestas. El árbol de la rueda de engranaje 121, está firme pero la rueda de engranaje 122 está montada de manera flotante

1445

entre piezas que giran sobre los ejes de la rueda de engranaje 121 y el piñón 123, estando mostradas las piezas superiores en 124 y 125. Estas piezas o enlaces dos de las cuales se muestran en 124 y 125, tienen un centro giratorio común a ambas y sostienen la rueda de engranaje 122. Esta disposición permite que el engranaje permanezca engranado a pesar del movimiento horizontal de la pieza 95, precedentemente descrita.

1450

1455

A fin de permitir que la estructura de enrollamiento del transformador baje hasta la mesa 72 y que suba desde ella, se ha provisto una abertura en la mesa y para evitar cualquier dificultad de que el rollo de fleje o cualquier parte de él penetre en esta abertura, puede aplicarse una pieza movable 126 a la abertura, con su



1460

superficie superior al nivel con la parte superior de la mesa 72. La posición de esta pieza 126 en la abertura, puede determinarse por la posición de una espiga atornillada a la pieza 126 apretada en la posición deseada, por la tuerca 127.

1465

La operación de cerrar las vueltas de la posición mostrada en la figura 7 a las posiciones mostradas en la figura 8, ha sido descrita precedentemente llevándola a efecto manualmente. Sin embargo, en la figura 15 muestra un mecanismo para llevar a cabo esta operación automáticamente, el cual se ha comprobado que funciona

1470

muy satisfactoriamente. Esto se efectúa en la máquina mostrada en la figura 15, haciendo girar los rodillos 128 y 129 que tienen superficies de fricción, de goma o semejante los cuales se mueven a mano y descansan sobre los lados del lazo grande cuando esta en la fase de la operación

1475

mostrada en la figura 7. La rotación de estos rodillos cierra rápidamente el lazo y cuando el tamaño del lazo se reduce se mueven los rodillos hacia adentro hasta que el rollo tome su forma completada después de lo

1480

cual se retiran los rodillos y se une por soldadura, en su sitio, el extremo exterior del fleje magnético, como se ha descrito anteriormente. Los rodillos 128 y 129, están montados respectivamente en los extremos de los

1485

brazos de soporte giratorio 130 y 131, estando mostrado el eje del brazo 130, en 132. Para accionar los rodillos 128 y 129, se han provisto correas 133 y 134 que funcionan sobre poleas apropiadas. Las poleas de los extremos giratorios de los brazos 130 y 131, están montadas sobre árboles verticales uno de los cuales se muestra en 133 y



1490

son accionados por engranajes cónicos un juego de los cuales se muestra en 134. Estos engranajes cónicos, están colocados en los extremos de los árboles 135 y 136. El árbol 135 es accionado por los engranajes cónicos 137, desde el árbol 138 el cual es accionado por un piñon cónico 139 que encaja en el engranaje cónico 140 del árbol 115, mostrado en la figura 17. El árbol 136 mostrado tambien en la figura 17, es accionado por el engranaje cónico 140, por el piñon cónico 141. Los rodillos 128 y 129 son accionados en direcciones opuestas, de modo que su efecto conjunto es el de cerrar el lazo grande de fleje, a su forma final completada.

1495

1500

Para poner los rodillos 128 y 129 en y fuera de contacto con el fleje, está provista una palanca 142 la cual, por medio de un enlace 143 y una manivella que no aparece en la figura 15, hace girar la pieza 144 sobre su eje 145. Un extremo del miembro 144 está conectado, por medios 146, que serán descritos más claro posteriormente en conexión con la figura 19, a una pieza 147 asegurada rígidamente al brazo de soporte del rodillo 128, de modo que al mover la palanca 142 y dando vueltas a la pieza 144, la pieza 146 mueve el rodillo 128 sobre el eje 132. Una pieza 146, parecida a la pieza 146 mueve el soporte del rodillo 129 sobre su eje.

1505

1510

1515

Estará patente que los rodillos 128 y 129 pueden moverse el uno hacia el otro para cerrar el lazo de fleje, mientras todavía son accionados en sentido rotativo. A fin de asegurar que los rodillos 128 y 129 ajusten el lazo suavemente y para ayudar al operador el mantener los rollos en contacto con el lazo mientras se cierra, las piezas 146 y 146', están construidas como se mu-

1520



1525

1530

1535

1540

1545

1550

estra en la figura 19. La pieza 146, por ejemplo, comprende un cilindro exterior 148 y un émbolo sumergido 149 asegurados respectivamente a la pieza 144 y la pieza 147 conectada al soporte del rodillo 128. Un muelle 150, colocado en el cilindro, proporciona una presión de cesión, en el rollo 128, sobre el lazo de fleje. A fin de limitar el movimiento del émbolo sumergido 149 en el cilindro 148, está provista una ranura 151 en el cilindro y un parador 152 que se encaja en la ranura, se extiende a través del émbolo sumergido 149. Este resultado es una especie de conexión de cesión por presión de muelle, en la cual el movimiento del émbolo sumergido en el cilindro, está limitado por el largo de la ranura. La pieza 146, proporciona, de un modo semejante, una presión de cesión sobre el rodillo 129. La máquina mostrada en la figura 15, puede usarse para aplicar el núcleo de fleje enrollado a una estructura de enrollamiento en la que el núcleo se aplica, sea a uno, sea a ambos pies de la estructura de enrollamiento. Si se emplea para aplicar estos núcleos a ambos pies, después que se ha aplicado un núcleo, se retira la estructura de enrollamiento de la abertura de la mesa 72 accionando la rueda a mano 79. El vástago 70 se levanta ligeramente retirando el saliente del agujero del extremo de la pieza 64 y se da vuelta a la estructura de enrollamiento a 180°, como se ha descrito precedentemente y entonces, la proyección del vástago 70 encajará en la otra abertura 71 de la pieza 64, después de lo cual, la estructura de enrollamiento se cambia a su posición más baja y se aplica el otro núcleo magnético. Para acomodar varios tipos y tamaños de estructura de enrollamiento, es deseable tener la ca-



beza de enrollamiento movable longitudinalmente a la mesa, para variar la distancia entre el pie que se ha de enrollar y el rodillo 93. Para ejecutar este movimiento longitudinal, se ha provisto una rueda a mano 153 que hace girar a un piñon 154 el cual encaja en la cremallera 155 asegurada a la pieza 156, que se desliza sobre la parte superior de la mesa 72. Se ha provisto otra pieza 157 que se desliza por la superficie inferior de la mesa 72. Se ha provisto también un tornillo de grapa 158 el que se afloja cuando se desea para ajustar la posición longitudinal de la cabeza de enrollamiento y el cual se aprieta para agarrar la mesa 72 entre las piezas 156 y 157, en la posición ajustada. Puesto que el transformador es pesado y su peso está todo en el frente de la plancha 65, hay una tendencia de la cabeza de enrollamiento a inclinarse hacia adelante, siendo causa de que las partes 156 y 157 se encorven sobre la mesa 72. Para evitar esta unión que anularía el pronto movimiento longitudinal, hay una pieza 159 asegurada con pernos o de otra manera al marco 73 y pieza 156, la que tiene un par de proyecciones o salientes hacia adelante 160, una de las cuales se muestra en la figura 15. En los extremos delanteros de estas proyecciones, están montados unos rodillos, uno de los cuales se muestra en 161 de la figura 15. Estos rodillos descansan sobre piezas de pista, una de las cuales se muestra en 162, en la figura 15 las cuales están montadas, a su vez, en las placas de soporte 163 que también sostiene la mesa 72 y varias partes de la maquinaria anteriormente descritas.

Como hemos hecho notar en la precedente descripción, los enrollamientos conductores de forma enrollada, pueden impregnarse con una composición aislante apropiada



y enrollarse los núcleos magnéticos a ellos, después de esta impregnación. Si se sigue esta práctica, es relativamente fácil, sacar estos núcleos si llegara a ser necesario

1585 el hacerlo. Aunque el material, con preferencia de fleje magnético, llena substancialmente la ventana de la estructura de enrollamiento conductor, en los transformadores tales como los transformadores de distribución, se dejará un espacio de aproximadamente 1/8 de pulgada y esto es suficiente para permitir aflojar el rollo de fleje magnético suficientemente y su enrollamiento sobre el pie de la estructura de enrollamiento al que ha sido aplicado.

1595 Lo único que se necesita es soltar la unión de soldadura sosteniendo los extremos exteriores del fleje y aflojando las vueltas, presionando sobre los lados del fleje y comunicándole un movimiento giratorio en una dirección para desenrollar el fleje. De esta manera, puede producirse un ligero claro entre la vuelta interior y el aislamiento del pie de enrollamiento, después de lo cual, el extremo de la vuelta interior se une por soldadura a la vuelta exterior inmediata adyacente, en el extremo del fleje. Puede colocarse entonces el extremo exterior del fleje alrededor de un mandril y desenrollarse de la estructura de enrollamiento sobre la que da vueltas el cilindro de fleje magnético, evitando la unión de soldadura de la vuelta interior, que el cierre del rollo de fleje agarra el pie sobre el cual da vueltas.

1605 El enrollamiento del fleje sobre el mandril, producirá una bobina de fleje, las vueltas de la cual tendrán una sucesión opuesta a la que existía en el rollo de fleje, sobre el aparato. Esto empeora permanentemente las cualidades magnéticas del fleje que tiene que ser tratado de nuevo

1610



1615

térmicamente si se le ha de restituir a su estado original. Si la impregnación de los transformadores, autotransformadores y semejantes se lleva a cabo después de haber sido enrollados completamente es más difícil remover el fleje magnético y después que se ha quitado, probablemente no tendrá más valor que su valor como desecho.

1620

Aunque hemos descrito formas particulares de aparatos de inducción electromagnética que comprenden este invento y hemos ilustrado un mecanismo especial para practicar el procedimiento, estará patente para los prácticos en el ramo, que pueden hacerse muchas alteraciones y modificaciones sin apartarse del espíritu y objeto del invento; alteraciones y modificaciones que se consideran cubiertas por la nota de reivindicaciones que sigue.

1625

1630

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América el 30 de Enero de 1937 bajo en nº 123.249, se acoge a los beneficios del artº 51 del Estatuto vigente sobre Propiedad Industrial.

===== N O T A =====

1635

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta Pat. de Invención en España, son los siguientes:

1º.-Un aparato de inducción electromagnética que comprende un enrollamiento conductor del tipo de forma enrollada que tiene un pie el cual es derecho en, substancial-



1640

-56-

144647

1645

mente, el largo de la ventana del enrollamiento conductor y un núcleo magnético que llena substancialmente dicha ventana y que está compuesto de material de fleje magnético delgado enrollado espiralmente, a lo plano, sobre dicho pie ajustándose apretadamente la superficie interior de dicho núcleo magnético a dicho pie de manera que la sección transversal del enrollamiento conductor en dicho pie, quita una gran proporción al área de sección transversal de la abertura en dicho núcleo, anidando las vueltas de fleje magnético apretadamente, una en la otra, teniendo dicho fleje la orientación magnética del grado del material mas favorable, en la dirección longitudinal del fleje, y caracterizando por estar substancialmente libre de flexiones elásticas que perjudicarían las características magnéticas del material.

1650

1655

2a) - Un aparato de inducción electro-magnética que comprende un enrollamiento conductor de la forma de tipo enrollado, un núcleo magnético para dicho enrollamiento conductor comprendiendo un elemento cilindrico de núcleo que pasa por la ventana de dicho enrollamiento

1660

conductor y está compuesto de material de fleje magnético delgado enrollado espiralmente a lo plano, siendo el diametro inferior del elemento de núcleo cilindrico, substancialmente el mismo que el de la dimensión mas larga de la sección transversal del enrollamiento conductor aislado

1665

que pasa a través de el, de manera que la sección del enrollamiento conductor, llena substancialmente la abertura de elemento cilindrico de núcleo para proporcionar

1670

un factor de espacio alto, siendo la orientación magnética, mas favorable, del grano de dicho fleje en la dirección longitudinal del fleje, de manera que el flujo magnético producido por dicho enrollamiento conductor



- 1675 fluye en la dirección de la orientación magnética mas favorable del grano del material, ajustándose las vueltas de dicho elemento de núcleo cilíndrico, apretadamente una a la otra para reducir la repulsión de burbujas de aire, siendo las características de permeabilidad y pérdidas devativos de dicho elemento de núcleo cilíndrico completo, a cualquiera densidad magnética y frecuencia dadas, substancialmente tan buenas, dentro de los límites de error, como las muestras de Epstein libres de flexión, del mismo material, cortado la orientación magnética mas favorable del grano del material y probado por los métodos normales actuales de medición de tales muestras.
- 1680 32) - Un aparato de inducción electromagnética que comprende un enrollamiento conductor de la forma de tipo enrollado y medios de núcleo comprendiendo material de fleje magnético que llena substancialmente la ventana de dicho enrollamiento conductor, de modo que la sección transversal de dichos medios de núcleo es substancialmente la misma que la sección transversal del espacio disponible para dichos medios de núcleo comprendiendo dichos medios de núcleo, fleje plano delgado enrollado en espiral anidando las vueltas espirales de dicho fleje, una dentro de la otra y ajustándose apretadamente una a la otra para reducir la repulsión de las burbujas de aire entre las vueltas, siendo la orientación magnética más favorable del grano del material, en la dirección longitudinal del fleje, de manera que el flujo magnético estará en la dirección de la orientación magnética más favorable del grano, teniendo dicho material substancialmente tan alta permeabilidad por lo menos y substancial-
- 1685
- 1690
- 1695
- 1700



- 1705 mente características de pérdida de vatios tan baja como el fleje de acero de 14 milésimas laminado en frío, de alta reducción, de un contenido de 3% de sílice y la vuelta interior del espiral ajustando apretadamente el lado del rollo conductor aislado, de manera que en el aparato completo el lado del enrollamiento conductor situado en la abertura por la que pasa al núcleo enrollado en espiral, llena substancialmente tal abertura para proveer un factor de espacio, alto, estando el material de dicho fleje, en el aparato completado, substancialmente libre de flexiones elásticas por lo cual para cualquier eficiencia y cualquier corriente de magnetización dadas y a cualquier densidad de flujo deseada, se necesita menos cantidad de material y cobre para las construcciones del mismo grado de Kw. y voltaje, montadas con láminas troqueladas, sea de fleje de 3 a 3½% de sílice, laminado en frío, de alta reducción, sea de chapa laminada en caliente de 3 a 6½% de sílice y por esto, puede obtenerse, con una reducción substancial en la cantidad de material magnético y cobre y densidades de flujo del orden de 15000 gausses, una eficiencia substancialmente la misma que la que puede obtenerse con las construcciones montadas de tal material laminado en frío o tal material laminado en caliente, con pequeño o ningún aumento en la corriente de magnetización, sobre la que se necesita en las construcciones montadas para el mismo grado de Kw. y voltaje, a densidades de flujo del orden de 12.000 a 13.000 gausses.
- 1710
- 1715
- 1720
- 1725
- 1730 4º) - Un aparato de inducción electromagnética que comprende un enrollamiento conductor y un núcleo magnético de material de fleje magnético, delgado, enrollado a lo plano, en espiral, en el molde de un cilindro hueco



1735

con las vueltas del espiral ajustandose apretadamente una a la otra, estando dicho núcleo libre de adhesiones entre las vueltas que producirían sendas de cortocircuitopara corrientes parásitas, estando caracterizado el material de dicho fleje por un juego permanente debido al tratamiento térmico, estando caracterizado

1740

dicho núcleo completo por las mismas características de permeabilidad y pérdidas de vatios que caracterizarían a un cilindro del mismo material de fleje que hubiera sido hecho enrollando dicho material de fleje a un cilindro del mismo tamaño y la misma sucesión de vueltas y tratándolo térmicamente, para darle un juego permanente y entonces enrollando dicho cilindro y volviendo a enrollarlo

1745

a un cilindro del mismo tamaño que tuviera la misma sucesión de vueltas, sin estirarlo más allá de su límite elástico, estando caracterizado dicho material de fleje, por

1750

el hecho de que tiene una elasticidad suficiente, cuando se ha fijado por tratamiento térmico, para permitir tal desenrollamiento, después del tratamiento térmico, a una curva cerrada de suficientemente mayor diametro que el diametro exterior de dicho cilindro cuando se ha tratado térmicamente para colocar todo el material de fleje con aproximadamente la mitad del número de vueltas, anidando una dentro de la otra en dicha mayor curva cerrada, sin introducir flexiones suficientes para empeorar el juego permanente o las

1755

calidades magnéticas del material de fleje, estando las vueltas de dicho núcleo en el aparato completo en la posición que tienden a tomar por razón del juego permanente debido al tratamiento térmico, pasando las vueltas de dicho enrollamiento conductor por la ventana y llenando substancialmente la abertura de dicho núcleo

1760

estando las vueltas de dicho núcleo en el aparato completo en la posición que tienden a tomar por razón del juego permanente debido al tratamiento térmico, pasando las vueltas de dicho enrollamiento conductor por la ventana y llenando substancialmente la abertura de dicho núcleo



1765 cilíndrico y estando dispuestas, cuando se han excitado, para producir un flujo magnético en la dirección longitudinal del fleje magnético.

1770 5ª)- Un aparato de inducción electromagnética o transformador que tiene un núcleo magnético compuesto de fleje de acero sílice laminado en frío de alta reducción, de un contenido de sílice de aproximadamente 3% y de un grueso no excediendo de 14 milésimas, siendo dicho núcleo de la forma de un cilindro hueco el largo del cual, es igual al ancho del fleje siendo enrollado el fleje en espiral, a lo plano, ajustándose las vueltas apretadamente una a la otra, y una estructura de enrollamiento comprendiendo enrollamientos primarios y secundarios que pasan por la abertura de dicho cilindro, llenando substancialmente la misma, para producir un

1775 fleje magnético que corre longitudinalmente a dicho fleje, siendo la orientación magnética más favorable del grano de dicho fleje, en la dirección del largo del fleje, siendo las características de permeabilidad y pérdidas de vatios de dicho núcleo, las mismas que las de un

1780 núcleo magnético cilíndrico del mismo material de fleje, que haya sido enrollado apretadamente al mismo diámetro interior y exterior tratado térmicamente, para eliminar las flexiones elásticas y entonces desenrollado y vuelto a enrollar a un cilindro del mismo diámetro interior

1785 y exterior, con las vueltas en la misma sucesión, sin introducir flexiones suficientes para empeorar las características de permeabilidad y pérdidas de vatios del material.

1790

1795 6ª) - Un aparato de inducción electromagnética o transformador que comprende un elemento de núcleo



1800 magnético compuesto de material de fleje enrollado a lo plano, en espiral, con las vueltas ajustándose apretadamente una a la otra, para formar un cilindro hueco y enrollamientos conductores dispuestos para producir un flujo magnético, que corre longitudinalmente a dicho fleje, siendo dichos enrollamientos de la forma de tipo enrollado y anidado dentro de la abertura del cilindro, de manera que la sección transversal del enrollamiento dentro del cilindro, es substancialmente cruciforme para llenar el espacio del núcleo hueco y proveer un factor de espacio alto.

1810 72) - Un aparato de inducción electromagnética o transformador que comprende un elemento de núcleo magnético compuesto de material de fleje enrollado a lo plano, en espiral con las vueltas ajustándose apretadamente una a la otra y teniendo una abertura de sección transversal circular y medios para producir un flujo magnético que corre longitudinalmente a dicho fleje, comprendiendo rollos primarios y secundarios de forma enrollada, anidando dichos rollos dentro de dicha abertura y llenando substancialmente la misma, para proveer un factor de alto espacio.

1820 82) - Un aparato de inducción electromagnética o transformador que comprende un elemento de núcleo magnético compuesto de material de fleje enrollado a lo plano, en espiral, con las vueltas ajustándose apretadamente una a la otra para formar un cilindro hueco, y una estructura de enrollamiento para producir un flujo magnético que corre longitudinalmente a dicho



Fig. 1

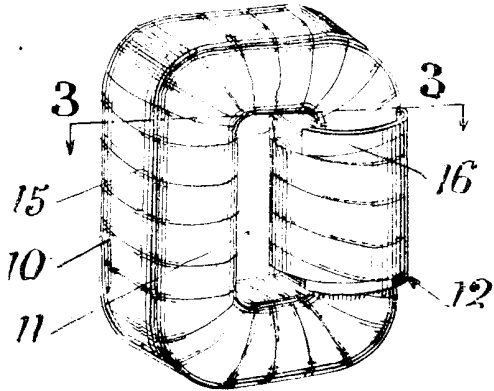


Fig. 2

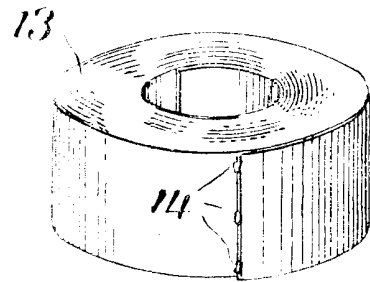


Fig. 3

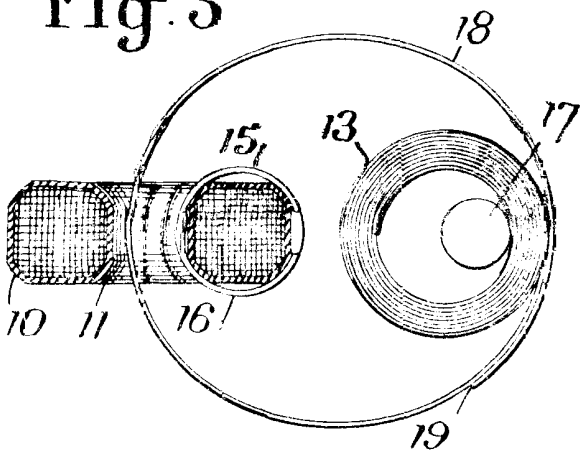


Fig. 4

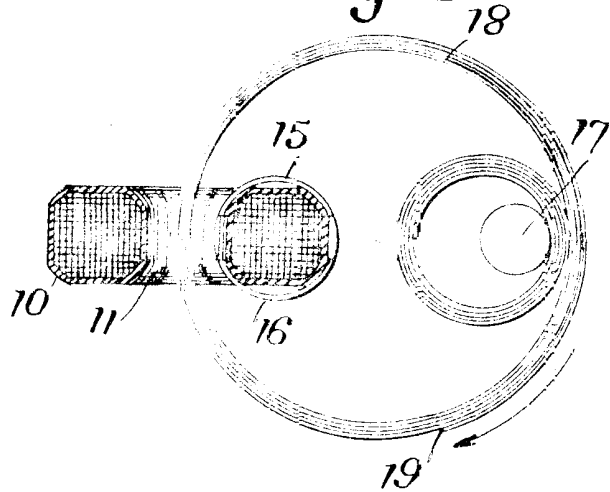


Fig. 5

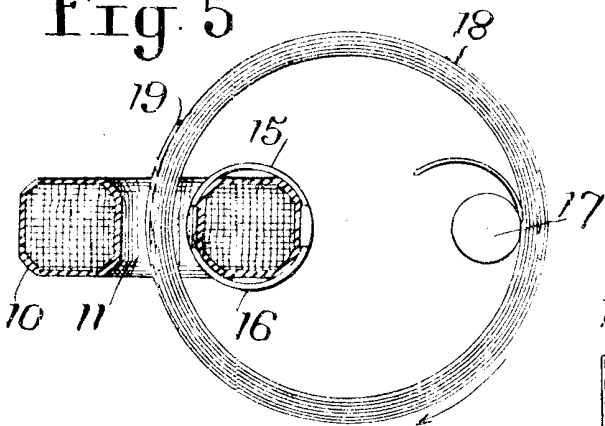


Fig. 6

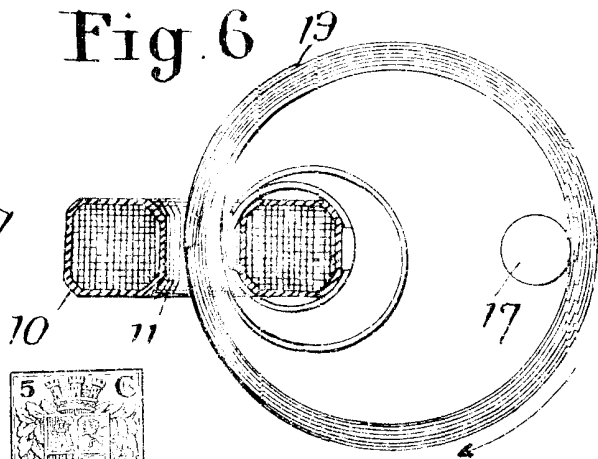


Fig. 7

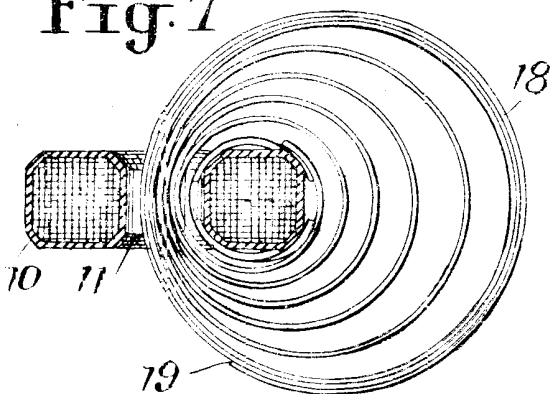
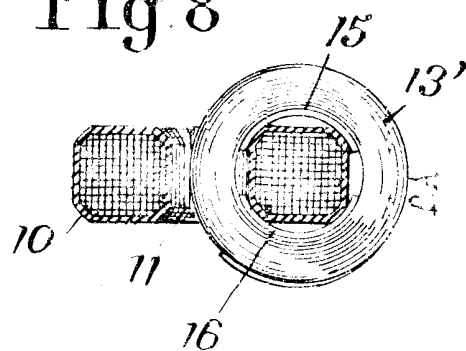


Fig. 8



G. du É. G. G. G. G.

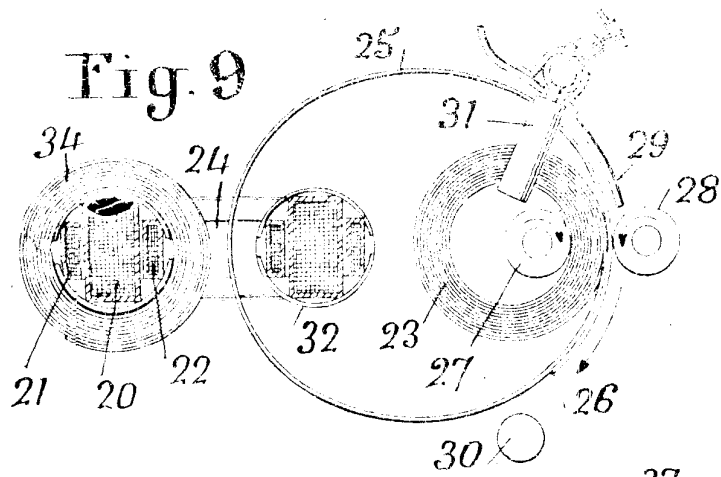


Fig. 10

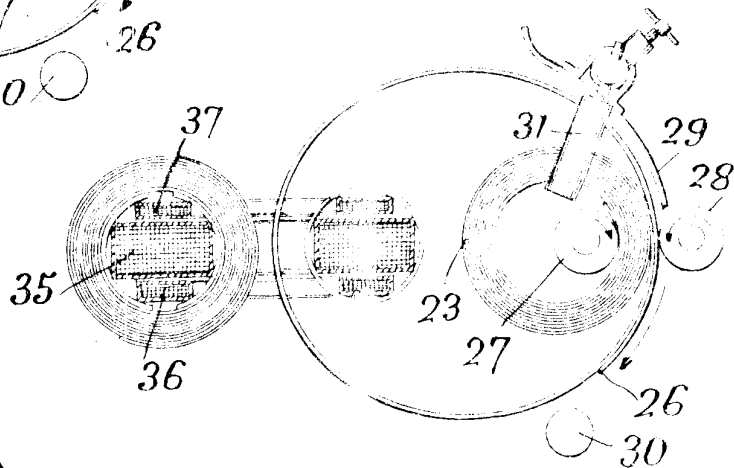


Fig. 11

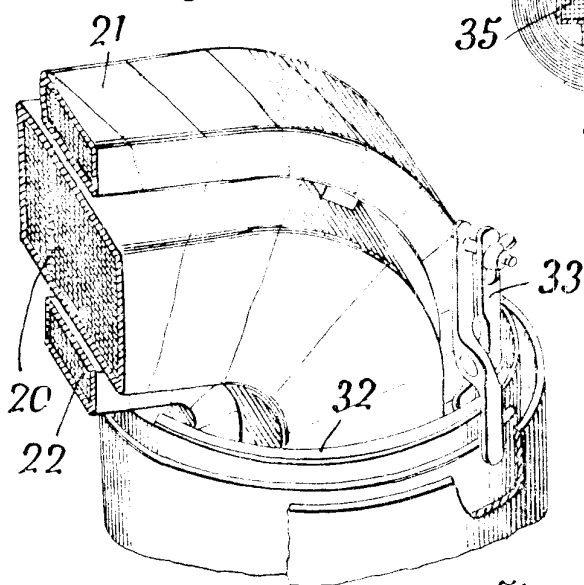


Fig. 12

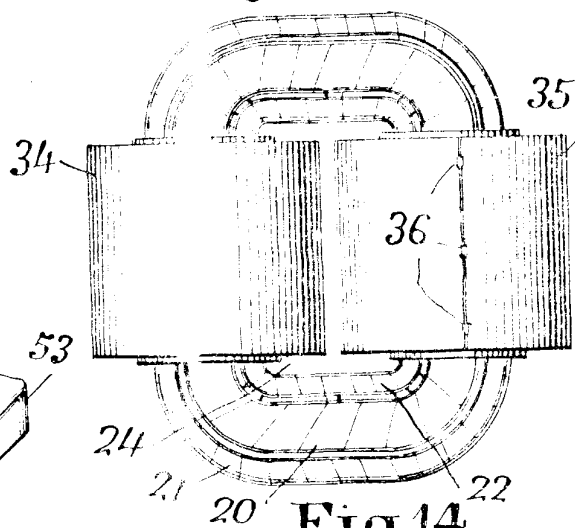


Fig. 13

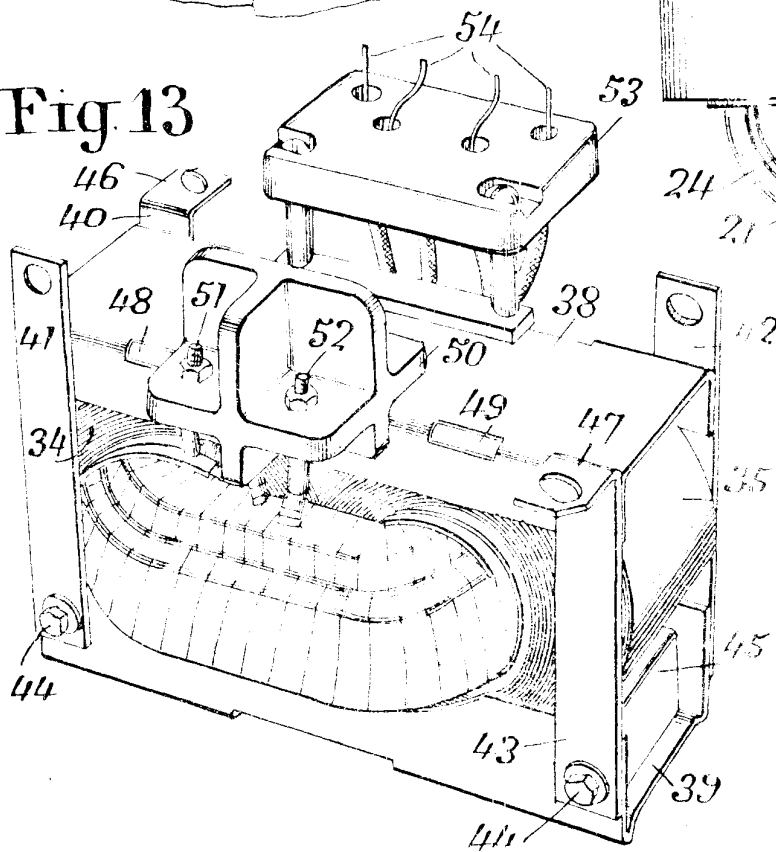
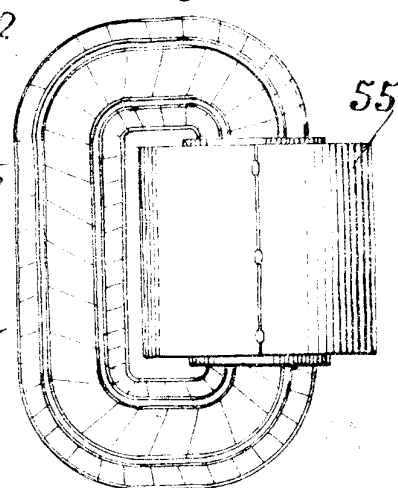


Fig. 14



W. L. ...

