

127938



20 SEPT. 1932

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

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

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de WESTINGHOUSE ELECTRIC & MANUFACTURING COMPANY, constituida en los Estados Unidos de América y establecida en 700 Braddock Avenue, EAST PITTSBURGH, Pensilvania, Estados Unidos de América, por

" MEJORAS EN LOS TRANSFORMADORES NO-PULSATORIOS ".

.....:

Este invento se refiere a aparatos eléctricos que empleen arrollamientos de conductores eléctricos, cuyas distintas partes sea preciso que estén eléctricamente aisladas entre sí y de otras partes de los aparatos, tales como el núcleo y las partes me-

cánicas.

Este invento se relaciona más particularmente con una disposición de los distintos elementos del arrollamiento y del material aislante sólido con él asociado con objeto de obtener la máxima resistencia dieléctrica para una cantidad dada de material aislante.

El objeto principal de este invento es disponer los arrollamientos y el aislamiento de los aparatos eléctricos, tales como los transformadores, de modo tal que se les haga mas resistentes a las sobretensiones.

Este invento consiste, principalmente en un transformador, o aparato eléctrico análogo, no pulsatorio, que tenga un arrollamiento constituido por varios elementos, en forma de bobina, unidos entre sí, en el que se dispone una serie de pantallas aislantes para las bobinas y en que cada pantalla de la serie rodea un número diferente de bobinas.

Con objeto de que este invento puede entenderse mejor, van a describirse, por vía de ejemplo y con ayuda de los dibujos adjuntos, varios tipos de construcción que este invento puede presentar.

En los dibujos, representan:

La figura 1, una perspectiva de los arrollamientos y del núcleo de un transformador de tipo abierto;

La figura 2, una perspectiva del núcleo y de los arrollamientos de un transformador del tipo acorazado con la parte anterior del núcleo separada;

La figura 3, una curva indicadora de

10

15



20

25

30

35

una onda de sobretensión de parte anterior brusca;

40

Las figuras 4 y 5, curvas que indican la distribución de las sobretensiones tal como se indican en la figura 3, a través de los arrollamientos eléctricos;

45

La figura 6, un corte horizontal por los arrollamientos y núcleo de un transformador de tipo acorazado;



50

Las figuras 7 y 8, vistas que aclaran los diferentes tipos de disposición de las pantallas aisladoras entre un conductor y una estructura de la cual el conductor está aislado y que tienen la misma resistencia a 60 periodos, aunque sus resistencias a las sobretensiones son completamente diferentes;

55

La figura 9, un corte horizontal de un transformador de tipo acorazado que indica las bobinas y las pantallas aisladoras dispuestas de acuerdo con una adaptación de este invento;

60

La figura 10, una vista indicadora de la colocación aproximada de las superficies equipotenciales del campo electrostático sometido a voltaje normal, en la disposición de las bobinas indicada en la figura 9;

65

La figura 11, un corte horizontal por el núcleo y bobinas de un transformador de tipo acorazado, que indica una disposición convencional de las bobinas y de las pantallas aisladoras;

La figura 12, una vista indicadora de la colocación aproximada de las superficies equipotenciales del campo electrostático alrededor de las bobinas dispuestas como se indica en la figura 11;

70

La figura 13, un corte horizontal por una ventana, o una mitad de la estructura del núcleo de un transformador de tipo acorazado que indica una disposición de las bobinas y pantallas aislantes preparada de acuerdo con otra adaptación de este invento;

75

Las figuras 14, 15 y 16, vistas indicadoras de varias disposiciones de los conjuntos de bobinas que pueden emplearse de acuerdo con este invento;

80



La figura 17, un esquema de una conexión modificada de un conjunto que comprende el arrollamiento de alta tensión de un transformador;

Las figuras 18, 19 y 20, varias disposiciones de las bobinas y pantallas aisladoras que comprenden otra adaptación de este invento; y

85

Las figuras 21 y 22, cortes verticales que aclaran el empleo de pantallas aisladoras aplicado a los transformadores de tipo abierto, de acuerdo con las enseñanzas de este invento.

90

Con referencia a la figura 1, de los dibujos, se representa un transformador de tipo abierto en el que se dispone una estructura de núcleo magnético 1 que tiene dos ramas para arrollamiento sobre las cuales se montan los arrollamientos de baja tensión 2 y 3, y los arrollamientos de alta tensión 4 y 5, que están separados por pantallas aisladoras 6 y 7.

95

100

La figura 2, representa el núcleo y disposición de bobinas de un transformador de tipo acorazado en el que el núcleo 12 de material magnético está formado de tal modo que constituya una rama

105

central o de arrollamiento alrededor de la cual se colocan las bobinas. El conjunto del núcleo presenta dos aberturas o ventanas a través de las cuales pasan los conductores en lados opuestos de la rama central o de arrollamiento. En este tipo de construcción, las bobinas 13 de baja tensión pueden estar colocadas en los extremos de la rama de arrollamiento y las bobinas 14 que constituyen el arrollamiento de alta tensión están colocados en el centro de aquella.

110



115

La disposición del núcleo y bobinas de un transformador de tipo acorazado, se representa claramente en la figura 6, en la que el núcleo puede estar construido en dos estructuras magnéticas separadas 15 y 16, cada una de las cuales se prolonga a través de la abertura de la estructura de las bobinas y está provista de una parte de rama de arrollamiento 17 y 18, respectivamente, que, juntas, forman la rama de arrollamiento del conjunto del núcleo. El arrollamiento de baja tensión se representa en dos partes 19 y 21, adyacentes a extremos opuestos de la rama de arrollamiento, estas dos partes del arrollamiento de baja tensión están provistas de conductores terminales 22 y 23 respectivamente y están conectadas entre sí por medio del conductor 24.

120

125

130

Un conductor terminal de línea 25 está conectado a una placa estática 26 que rodea aproximadamente la rama de arrollamiento y a la primera bobina de una serie de ellas 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33 y 34, que juntas forman el arrollamiento de alta tensión del transformador. La última bobina 34 del arrollamiento está conectada a tierra por medio de

135

un conductor terminal 35. Se ha comprobado que la distribución de las sobretensiones en el interior de una larga columna de bobinas delgadas, tal como se emplean en los transformadores de tipo abierto (figura 1) es muy mala, mientras que la distribución de la sobretensión en el interior de un corto grupo de bobinas relativamente amplias, tal como se usan en los transformadores de tipo acorazado, es muy buena.

140

La figura 3, representa una onda típica de sobretensión que tiene una parte anterior de onda de gran pendiente y que cae a la mitad de su valor máximo en 60 microsegundo.

145



En la figura 4, la curva "a" representa la distribución del voltaje electrostático inicial de esta sobretensión en una columna larga de bobinas delgadas tal como la estructura representada en la figura 1 y la curva "b" representa la distribución del voltaje electrostático inicial en un arrollamiento constituido por un corto grupo de bobinas amplias como se representa en las figuras 2 y 6. La curva "c" representa la distribución uniforme a través del arrollamiento, tal como existiría sometido a la excitación del voltaje normal del arrollamiento.

150

155

En la construcción representada en la figura 6, la placa estática 26 adyacente a la primera bobina o bobina de alta tensión del arrollamiento es eficaz para distribuir la sobretensión en los conductores de la primera bobina. Este arrollamiento no tendrá pulsaciones de ninguna magnitud aprecia-

160

ble, ni aun para sobretensiones muy largas. La figura 5, representa curvas que indican la distribu-

165 ción de las sobretensiones en los tiempos representa-  
dos; "t = 0" representa la distribución inicial de  
una sobretensión que tiene un frente de onda brusco  
y una larga cola, tal como se representa en la figu-  
ra 3, a través de un arrollamiento de la construcción  
170 indicada en la figura 6. Las curvas t = 25, t = 50  
y t = 100 representan, respectivamente la distribu-  
ción de la misma sobretensión a través del arrolla-  
miento para tiempos correspondientes a 25, 50 y 100  
microsegundos después de la iniciación de la onda.

175 En sus intentos para hacer los trans-  
formadores mas resistentes a las sobretensiones, los  
técnicos, anteriormente, han concentrado sus esfuer-  
zos en el uso de medios para proporcionar una distri-  
bución mas uniforme de las sobretensiones, bien en el  
interior de las bobinas separadas o bien entre bo-  
binas adyacentes del arrollamiento y han aumentado  
apreciablemente la cantidad de mayor aislamiento em-  
pleado para un arrollamiento calculado para resis-  
tir un voltaje dado.



180 Este invento proporciona una disposi-  
ción de bobina y aislamiento para utilizar mas efi-  
cientemente una cantidad dada de aislamiento con ob-  
jeto de resistir las sobretensiones. La estructura  
de aislamiento para arrollamientos eléctricos está  
190 de tal modo arreglada que presente una resistencia al-  
tamente aumentada al voltaje, para una cantidad dada  
de material de aislamiento, con respecto a la que se  
obtiene con estructuras de aislamiento primitivamen-  
te empleadas.

195 Los ensayos de varios tipos distintos  
de estructuras de aislamiento han demostrado que, aun

200

con sobretensiones de la misma forma, no hay relación fija entre la resistencia al impulso y la resistencia a los 60 periodos. Por resistencia al impulso se

205

indica la resistencia dieleléctrica del aislamiento sometido a sobretensiones. Es bien sabido que para ciertas estructuras de aislamiento, tales como una cadena o cascada de aisladores la relación entre la resistencia al impulso y la resistencia a los 60 periodos, aconocida como coeficiente de impulso, depende solamente de la brusquedad del frente de la onda y de la duración de la onda de sobretensión. Se

210



ensayaron distintos modelos de aislamiento, cada uno de los cuales tenía igual resistencia a los 60 periodos y se encontró que fracasaban para valores diferentes de sobretensiones, aun cuando se emplearan sobretensiones de iguales formas de onda. Una investigación de este fenómeno indicó que las estructuras que para su resistencia dieleléctrica a los 60 pe-

215

riodos dependían en gran parte de las superficies de descarga, acusaban solamente un pequeño aumento en la resistencia eléctrica, por encima de su resistencia a los 60 periodos, cuando se sometían a sobretensiones, pero que las estructuras que dependían de las pan-

220

tallas aisladoras de tal modo dispuestas que una avería hubiera de traducirse en una perforación a través de las pantallas, resistían sobretensiones mucho mayores.

225

Las figuras 7 y 8, representan dos modelos sencillos de aislamiento sumergidos en aceite, que pueden estar dispuestos para tener la misma resistencia a los 60 periodos y, así dispuestos tienen resistencias muy distintas a las sobretensiones. En

230

cada uno de estos sencillos modelos de aislamiento, un electrodo 36 está separado de una placa de tierra 37 por varias pantallas aisladoras 38. En la figura 7, las pantallas aisladoras se prolongan mas allá de los bordes del electrodo, a distancia relativamente larga. Las líneas de puntos indicadas en la fi-

235

gura 7, representa la situación aproximada de las superficies electrostáticas equipotenciales y se notará que las distintas pantallas aisladoras cortan a las superficies electrostáticas oblicuamente, de modo que hay una diferencia de potencial entre diferentes puntos de las superficies de cada pantalla aisla-

240



dora. La figura 8, representa una estructura análoga a la indicada en la figura 7, excepto que las pantallas aisladoras no sobresalen de los bordes del electrodo. El número de pantallas empleadas en la

245

construcción del modelo representado en la figura 8, está determinado de modo conveniente para hacer que su resistencia a los 60 periodos sea exactamente igual que la resistencia a los 60 periodos del modelo de la figura 7. En relación con la figura 8, se no-

250

tará que las pantallas aisladoras coinciden prácticamente con las superficies equipotenciales del campo electrostático, cuya dirección está indicada por las líneas de puntos. Así pues, las pantallas

255

aisladoras de la figura 8, no cortan oblicuamente a las superficies electrostáticas y no hay diferencia apreciable de potencial entre puntos de cualquier pantalla aisladora.

260

Cuando se hacen ensayos de sobretensión con los conjuntos de aislamiento representados en las figuras 7 y 8, se encuentra que la resisten-

265

270



275

280

285

290

cia al impulso del modo de la figura 8, es mucho mayor que la del representado en la figura 7. La conclusión a que se llega de estas investigaciones y de otras análogas es que no conviene disponer las pantallas aisladoras de modo tal que corten oblicuamente las superficies electrostáticas y formen, por tanto, superficies de descarga. Para obtener la máxima resistencia de impulso, las superficies aisladoras deben coincidir lo más posible con las superficies electrostáticas equipotenciales y se han preparado proyectos prácticos para transformadores abiertos y acorazados en los que esta disposición se logra con gran aproximación.

Aunque los modelos particulares representados en las figuras 7 y 8, no representan estructuras aisladoras empleadas en el proyecto de transformadores prácticos, aclaran el principio de que las superficies de descarga no son de desear. En la aplicación práctica de este principio al proyecto de transformadores reales, se propone, por tanto, emplear una disposición de las pantallas aisladoras tal, que no haya prácticamente diferencia de potencial entre puntos distintos de la superficie de cualquier capa de material aislante. Esta disposición de las pantallas aisladoras asegura que si se aplica a un arrollamiento eléctrico voltaje de un valor suficientemente elevado para producir una avería en el material aislante, la ruptura del material aislante se realizará siempre por una perforación de las pantallas aisladoras y esto será cierto no solo por una "comunicación" del extremo de alta tensión de un arrollamiento a tierra, o al arrollamiento de baja

295

tensión, sino también desde cualquier bobina del arrollamiento a tierra, y desde cualquier bobina del arrollamiento a su bobina adyacente o a cualquier otra bobina del arrollamiento.

300

Se propone disponer el material aislante de modo tal que la resistencia dieléctrica de las pantallas colocadas entre dos puntos cualesquiera, con diferencia de potencial, dentro del arrollamiento, sea prácticamente proporcional a la diferencia de potencial entre estos puntos sometidos a las peores condiciones de sobretensión, en el caso de que la sobretensión tuviera, en el arrollamiento, una distribución diferente de la tensión normal o a 50 periodos.

305



310

Con referencia a la figura 9, que es un corte horizontal de un transformador y representa una estructura de núcleo que comprende dos pilas de planchas magnéticas cerradas 39, cuyos lados adyacentes forman la rama de arrollamiento del transformador alrededor de la cual se colocan los arrollamientos de baja tensión 41 y 42 dispuestos junto a los extremos de la misma, entre los arrollamientos de baja tensión están colocadas las bobinas 43 a 49 inclusive que

315

constituyen el arrollamiento de alta tensión. Al conductor terminal de línea 51 están conectadas una placa estática 40 y la bobina 43 que comprende el extremo de alta tensión del arrollamiento. El extremo de baja tensión del arrollamiento está conectado a

320

tierra por medio del conductor 52. En la ventana izquierda del núcleo se representan, en corte transversal, pantallas aisladoras 53 a 59 que rodean a cada una de las distintas bobinas. Para mayor sencillez y para mejor indicar las conexiones entre las bobinas

325

nas, estas pantallas aisladoras no se representan en la ventana de la derecha, esto es, dentro de la abertura del conjunto 39 del núcleo, aunque debe entenderse que se prolongan continuamente alrededor de cada una de las diferentes bobinas. Se notará que las bobinas que van del extremo de alta tensión del arrollamiento hacia el extremo de baja tensión, esto es, de la bobina 43 a la bobina 49, son de diámetros externos crecientes y de diámetros internos decrecientes para acomodar las pantallas 53 a 59, inclusive.

330

La pantalla 53 rodea la bobina 43 y la placa estática de línea y cada una de las pantallas 54 a 59 inclusive es de tamaño mayor y rodea una de las bobinas 54 a 59 inclusive junto con las bobinas menores del conjunto de bobinas y las pantallas con ellas asociadas, de modo que el conjunto completo de pantallas forma una serie de pantallas encajonadas en la que, consideradas de menor a mayor, cada pantalla rodea un número creciente de bobinas de arrollamiento.

335



La figura 10, represente la distribución aproximada de las superficies equipotenciales del campo electrostático para el arrollamiento indicado en la figura 9, en condiciones normales de voltaje. Las distintas bobinas del conjunto están conectadas en serie por los conductores 61 a 66 inclusive, representados en la figura 9; el extremo interior de la bobina mas pequeña está conectado al extremo exterior de la bobina mayor adyacente. Estos dos puntos de las bobinas adyacentes estarán, por tanto, al mismo potencial como se indica por las líneas de puntos 67 de la figura 10; estas distintas superficies equipoten-

340

345

350

355

de la figura 10; estas distintas superficies equipoten-

ciales se prolongan alrededor de las bobinas dentro de la ventana de la estructura del núcleo, la cual está al potencial de la tierra.

360

Se notará que las pantallas aisladoras representadas en la figura 9, siguen aproximadamente los contornos de las superficies equipotenciales indicadas en la figura 10. Así pues, el esfuerzo de la tensión, en cualquier punto determinado, es normal a la superficie de la pantalla aisladora.

365

Se notará también que una "comunicación" de la bobina 43 con el núcleo, esto es, con tierra, solo puede ocurrir perforando las varias pantallas 53 a 59 inclusive, y además, que una avería del aislamiento entre las bobinas 43 y 49 por ejemplo, requiere la perforación de las pantallas 53 a 58 inclusive.



370

Análogamente una avería entre dos puntos cualesquiera del arrollamiento puede ocurrir solamente por perforación de varias pantallas, cuya resistencia dieléctrica es proporcional a la tensión entre estos puntos del arrollamiento.

375

Dado que puede controlarse el espesor de las pantallas, es posible proyectarlas de modo tal que su resistencia dieléctrica sea proporcional a la sobretensión entre distintos puntos del arrollamiento, para cualquier distribución determinada de voltaje.

380

Es por tanto preferible emplear una placa estática adyacente a la primera bobina del arrollamiento, como se indica en las figuras 6 y 9. Empleando la placa estática y bobinas relativamente poco anchas, es posible obtener distribuciones muy aproximadamente uniformes de las sobretensiones a través del arrollamiento de alta tensión. La estructura de aislamiento puede, por tanto, proyectarse de modo

385

de modo tal que su resistencia dieléctrica sea proporcional a la sobretensión entre distintos puntos del arrollamiento, para cualquier distribución determinada de voltaje.

390

tal que la distribución del material mas eficiente para soportar el ensayo de voltaje inducido a baja frecuencia, sea también la mas eficiente para resistir las sobretensiones.

395

Con objeto de que pueda entenderse fácilmente la eficiencia de la construcción de pantallas aislantes propuesta, las figuras 11 y 12, representan la construcción convencional y la distribución aproximada de las superficies equipotenciales correspondientes a esta construcción particular.

400



405

La figura 11, representa un núcleo que comprende dos cuerpos de material magnético 61 y 62, cada uno de los cuales presenta un hueco que rodea una parte del conjunto del arrollamiento. Las ramas adyacentes de los dos cuerpos, juntas, forman la rama de arrollamiento del transformador. Las bobinas de baja tensión 63 y 64, aparecen también junto a los extremos de las ventanas alrededor de la rama de arrollamiento del núcleo, y las bobinas 66 a 72, inclusive, están conectadas en serie para formar el arrollamiento de alta tensión que está conectado entre el conductor terminal de línea 65 y el conductor terminal de tierra 73. Con esta construcción,

410

es práctica corriente disponer canales 74 alrededor de los bordes de las varias bobinas y una serie de pantallas 75 rodeando el conjunto completo de bobinas en el espacio entre el conjunto de bobinas y el núcleo de hierro y también entre los extremos del conjunto y las bobinas de baja tensión, como se indica en la ventana de la izquierda de la figura.

415

420

La figura 12, representa aproximadamente las superficies equipotenciales 77 que están coloca-

425

das alrededor de las bobinas de alta tensión representadas en la figura 11. Se notará, con referencia a la figura 12, que el esfuerzo de la tensión es muy elevado alrededor de la esquina exterior de la bobina extrema 66 que está conectada al terminal de alta tensión. A causa de esta elevada concentración del esfuerzo de la tensión, es necesario que la distancia A de la bobina de alta tensión al núcleo, o tierra, y la distancia B de la bobina de alta tensión 66 a la bobina de baja tensión 64, sean relativamente grandes. Este esfuerzo en los ángulos del grupo de arrollamiento de alta tensión es lo que determina los mayores intervalos de aislamiento, esto es, las dimensiones A

435



y B necesarias para el proyecto de un transformador determinado. Se notará, con referencia a la figura 12, que el mayor aislamiento necesario entre la bobina 72 y la bobina de baja tensión 63, o entre la bobina 72 y el núcleo del transformador, está sometido a esfuerzos muy bajos. Se notará, que, en la construcción representada en la figura 9, en la que el aislamiento está dispuesto de acuerdo con los principios de este invento, se ha eliminado grandemente esta desigual distribución de esfuerzos a través del mayor aislamiento y que el aislamiento sufre esfuerzos prácticamente uniformes en toda su extensión.

440

445

Con referencia a la figura 11, se notará que si la concentración de esfuerzos en el borde de la bobina 66 es suficiente para perforar el aislamiento del conductor y el canal aislante 74 alrededor del borde de la bobina, existe un paso de descarga, a todo lo largo del grupo de arrollamiento, representado por la línea de trazos 76. Se notará, con re-

450

455

ferencia a la figura 12, que este paso de descarga se prolonga a través de las líneas equipotenciales de modo tal que, prácticamente, el voltaje completo del arrollamiento de alta tensión se presenta a lo largo de este paso. La avería del aislamiento en sentido longitudinal del grupo se presenta sin embargo fácilmente, cuando el arrollamiento está sometido a sobretensiones suficientes. Así pues, ha sido necesario disponer distancia bastante entre las bobinas montadas como se indica en la figura 11, para hacer la longitud de este paso de descarga suficientemente grande para poseer la resistencia dieléctrica necesaria a la sobretensión.

460

465



470

En la construcción representada en la figura 11, el espacio entre las bobinas del arrollamiento de alta tensión es mucho mayor del necesario para la adecuada circulación del aceite de refrigeración entre las bobinas. En la construcción propuesta, tal como se representa en la figura 9, la separación entre las bobinas del arrollamiento de alta tensión necesita ser solamente suficiente para las pantallas aisladoras entre las bobinas y para la circulación del aceite refrigerante. La construcción representada en la figura 9, es, por tanto, mucho mas económica de espacio, dado que las bobinas pueden colocarse juntas y también porque las bobinas en el extremo de baja tensión del arrollamiento pueden ser mas anchas, necesitando de este modo menos espacio entre el núcleo y los bordes de las bobinas y mucho menos aislamiento entre estos puntos.

475

480

Puede ahorrarse también espacio adi-

485

cional entre el extremo comunicado con tierra del arrollamiento de alta tensión y el arrollamiento de baja tensión, esto es, en lugar de tener el aislamiento completo entre la bobina 72 y la bobina de baja tensión 73, como en la figura 11, se emplea una

490

cantidad relativamente pequeña de aislamiento entre la bobina 49 y la bobina 41, como se indica en la figura 9. En la figura 9, en esta posición, se indica una sola pantalla aisladora. Se comprenderá que

495

cada una de las pantallas representadas puede representar una pantalla sencilla o mas, si es necesario, para proporcionar la resistencia dieléctrica requerida.



500

Esta reducción en los espacios entre las bobinas del arrollamiento de alta tensión y entre el extremo comunicado con tierra del arrollamiento de alta tensión y el arrollamiento de baja tensión, se traduce en la baja resistencia de estos arrollamientos. Esta es una característica conveniente,

505

dado que entonces es posible emplear, en tamaños mayores de transformadores, la construcción sencilla representada en la figura 9, en la que un simple arrollamiento de alta tensión está colocado entre dos grupos de arrollamientos de baja tensión. En estos

510

tamaños mayores, que inherentemente tienen elevadas reactancias, anteriormente ha sido necesario emplear un mayor número de grupos de arrollamiento de alta tensión y de baja tensión, con objeto de hacer descender la reactancia al valor deseado.

515

En la figura 13, se representa una disposición de las bobinas que se adapta particularmente a los grandes transformadores y que emplea el princi-

520



525

530

535

540

545

pio de este invento. En la figura 13, se representa un cuerpo de planchas de hierro 78 rodeando una sola ventana, dado que los dos cuerpos del núcleo en una vista en corte a través de las ventanas pasando por la ventana del núcleo, son análogos. En la construcción representada en la figura 13, se indican dos grupos de arrollamiento de baja tensión 79 y 81 colocados en los extremos de la rama de arrollamiento, de modo análogo a las construcciones representadas en las figuras 9 y 11; los grupos de bobinas están conectados entre sí por un conductor 82 y conectados a los conductores terminales 83 y 84. Hay conjuntos de bobinas, cada uno de los cuales tiene el aspecto trapezoidal, en corte transversal, del arrollamiento de alta tensión de la figura 9, y que están conectados en relación de circuitos en paralelo entre el conductor de alta tensión 86 y el conductor de tierra 87; los conjuntos de bobinas están de tal modo colocados que las bobinas menores o de alta tensión están unas junto a otras en el centro del arrollamiento completo y entre ellas se coloca la placa estática 88, conectada al conductor terminal 86. Las bobinas sucesivas 89 a 95 de los dos conjuntos, se prolongan desde el centro del arrollamiento hasta puntos adyacentes a los grupos 79 y 81 respectivamente del arrollamiento de baja tensión y están conectadas por medio de los conductores 96 y 97 al conductor de tierra 87.

Se coloca una serie de pantallas aisladoras 98 a 104, la menor encajonada dentro de la mayor; la pantalla interior 98 rodea las bobinas terminales de alta tensión 89 y cada una de las pantallas

550

mayores 99 a 104 inclusive, rodea estas bobinas junto con las bobinas próximas mayores de los dos grupos de arrollamiento adyacentes a la pantalla aisladora próxima y menor.

555

Se notará que en la construcción representada en la figura 13, los extremos comunicados con tierra de los grupos de arrollamiento de alta tensión, esto es, las bobinas 95, son adyacentes a los arrollamientos de baja tensión 79 y 81, de modo que se precisa muy poco aislamiento entre los arrollamientos de alta y de baja tensión. Esto se traduce en la disminución de la longitud del conjunto completo del arrollamiento, y en una menor reactancia,

560



lo cual es muy conveniente, especialmente para los transformadores de grandes tamaños. Además, con esta construcción, no hay concentración de esfuerzos en los bordes de la bobina de alta tensión y, de aquí, que el mayor aislamiento correspondiente a la distancia A pueda ser bastante menor que el necesario en las construcciones representadas en las figuras 9 y 11.

565

570

Las figuras 14 y 15 representan otras disposiciones de los arrollamientos, en las que, en el arrollamiento de alta tensión, se emplean tamaños escalonados de bobinas. En cada una de estas figuras, se representa una sola ventana del núcleo y las bobinas se indican en esquema únicamente, entendiéndose que las bobinas de alta tensión de la figura 14, están provistas de pantallas análogas a las representadas en la figura 13 y cada uno de los conjuntos de arrollamiento de alta tensión representado en la figura 15 tiene pantallas análogas a las indicadas en

575

580

la figura 9.

Con referencia a la figura 14, las planchas de hierro 105 constituyen una ventana de núcleo dentro de la cual se disponen las bobinas de baja tensión 106, 107 y 108 que se representan conectadas en serie entre el conductor terminal 109 y el conductor terminal 112, por los conductores 110 y 111.

Si se desea, puede emplearse una conexión en paralelo. El grupo de bobinas 107, por estar entre los dos conjuntos dobles de arrollamientos de alta tensión, tendrá bobinas en número correspondiente a la suma de las bobinas de los grupos 106 y 108.

El arrollamiento de alta tensión está conectado entre el conductor terminal de línea 113 y el conductor terminal de tierra 114, y está dividido en cuatro grupos de bobinas escalonadas 115, 116, 117 y 118.

Los grupos 115 y 116 están conectados entre sí y al conductor terminal de línea 113 por medio del conductor 119, y los dos grupos de arrollamiento 117 y 118, están conectados entre sí y al conductor terminal de línea 113 por medio de los conductores 120 y 119.

Los extremos de tierra o de baja tensión de los grupos de arrollamiento 115 y 116, están conectados al conductor terminal de tierra 114, por medio del conductor 121, y los extremos de tierra o de baja tensión de los grupos de arrollamiento 117 y 118, están análogamente conectados al conductor terminal de tierra 114, por medio del conductor 122.

En la figura 15, el cuerpo del núcleo 123, una de cuyas ventanas se representa, aloja los grupos de arrollamiento de baja tensión 124, 125 y 126; el grupo de arrollamiento 125 tiene el mismo nú-

585

590



595

600

605

610

615

mero de bobinas que las bobinas combinadas contenidas en los grupos 125 y 126. Los grupos de bobinas de baja tensión, se representan conectados en serie entre los conductores terminales 127 y 128, por medio de los conductores 129 y 130, aunque se comprenderá que puede emplearse una conexión en paralelo. El

620

arrollamiento de alta tensión está conectado entre el conductor de línea 131 y el conductor de tierra 132 y comprende dos grupos de arrollamiento 133 y 134 respectivamente, representados en esquema y provistos de pantallas aisladoras análogas a las representadas en la figura 9. Los grupos de arrollamiento

625



133 y 134 están respectivamente conectados al conductor terminal de línea 131 por medio de los conductores 135 y 136, y al conductor terminal de tierra 132, por medio de los conductores 137 y 138 respectivamente.

630

Como se ha indicado con referencia a la figura 12, los mayores intervalos de aislamiento A y B, están determinados por la concentración de los esfuerzos de tensión en los bordes del grupo de bobinas de la línea extrema del arrollamiento. En la

635

disposición propuesta de las bobinas, esta concentración es menos fuerte, a causa del aumento de anchura de las sucesivas bobinas del arrollamiento. Esto se indica claramente en la figura 10 y, a causa

640

de ello, los mayores intervalos de aislamiento A y B requeridos en la construcción representada en la figura 9, pueden ser considerablemente menores que los necesarios en la construcción representada en la figura 11. Se ha comprobado, sin embargo, que para los mejores resultados, es conveniente disponer las

645

anchuras de las bobinas y de las placas estáticas adyacentes a las bobinas de alta tensión de modo que el borde del grupo de bobinas, visto en corte, sea mas o menos circular o redondeado, como se indica con líneas de puntos 141 y 142 de la figura 16. En esta figura, 139 representa la placa estática y 140 las diferentes bobinas del arrollamiento de alta tensión.

650

655



660

Se notará que en las construcciones hasta aquí descritas, las bobinas y el arrollamiento se han conectado entre sí con las conexiones llamadas "principio-fin"; esto es, el extremo interior de una bobina se conecta al extremo exterior de la bobina adyacente. Matemática y experimentalmente se ha demostrado que este tipo de conexión se traduce en una mejor distribución de las sobretensiones que las llamadas conexiones "principio-principio, fin-fin", en las que los conductores interiores de bobinas adyacentes y los conductores exteriores de bobinas adyacentes se conectan alternativamente entre sí. Se

665

ha demostrado sin embargo, que después de las pocas primeras bobinas, empezando por el extremo de alta tensión del arrollamiento, hay solo ligerísima diferencia en la distribución del voltaje entre las conexiones "principio-fin" y las conexiones "principio-principio, fin-fin".

670

Así pues, se ha juzgado conveniente, en ciertos casos, conectar las pocas primeras bobinas del arrollamiento con conexiones "principio-fin" y las bobinas restantes por medio de conexiones "principio-principio, fin-fin" dado que estas últimas son de construcción más fácil. En las conexiones llama-

675

680

das "principio-principio, fin-fin", los extremos interiores y los exteriores de bobinas adyacentes se conectan entre sí, como se representa en las conexiones 155 a 158 inclusive, entre las bobinas 147 a 151 de la figura 17.

685



690

En la figura 17, el conductor terminal de línea 143 está conectado a una placa estática 144 y a la primera bobina 145 del arrollamiento que comprende el conjunto de bobinas 145 a 151 inclusive, la última de las cuales está conectada al conductor de tierra 152. Las tres primeras bobinas 145, 146 y 147, del arrollamiento están conectadas entre sí con las conexiones llamadas "principio-fin". Esto es, el extremo interior del conductor que forma la bobina 145 está conectado, por medio del conductor 153 al conductor exterior de la bobina 146 y el extremo interior de la bobina 146 está conectado al extremo exterior de la bobina 147, por medio del conductor 154. Las restantes bobinas del arrollamiento están conectadas entre sí por conductores 155 a 158 inclusive, que unen extremos correspondientes de bobinas adyacentes.

695

700

En las construcciones antes descritas, se han representado, entre las bobinas separadas, pantallas aisladoras que rodean completamente a la bobina y además incluyen las bobinas de menor anchura dentro del arrollamiento; el número de pantallas corresponde al número de bobinas empleadas. Con las conexiones representadas en la figura 17, es posible emplear pantallas colocadas como se indica en la figura 18, en la que el número de pantallas entre una bobina y la tierra es menor que el número que indica

705

710

la posición de esta bobina a partir del extremo de baja tensión del arrollamiento. Con referencia a las pantallas 159 a 163 inclusive, de la figura 18,

715

las tres primeras pantallas rodean, respectivamente, la placa estática 144 y las dos primeras bobinas 145 y 146 y están encajonadas del mismo modo descrito con referencia a las tres primeras bobinas de la figura 9. La pantalla 162 está colocada entre las bobinas 147 y 148, rodea las bobinas 148, 146 y 145, y la placa estática 144 y luego pasa entre las bobinas 148 y 149, y la pantalla 163 está colocada entre las

720

Fig. 18



bobinas 149 y 150 y rodea el extremo de alta tensión del grupo, llevándose luego entre las bobinas 150 y 151, de modo que cada una de las pantallas 162 y 163 forman la pantalla dieléctrica entre superficies adyacentes de tres bobinas.

725

Otra disposición de las pantallas sirve para proporcionar envolturas completamente, cerradas, rodeando más de una bobina cada una de las pantallas, como se indica en la figura 19, en las que las varias pantallas 164, 165, 166 y 167, incluyen, cada una de ellas, dos elementos no encerrados en la pantalla próxima menor.

730

735

En el arrollamiento antes descrito, se ha supuesto que el arrollamiento de alta tensión es de un tipo común y tiene un extremo comunicado a tierra bien directamente o bien por medio de una impedancia, de modo que el arrollamiento tiene un extremo de alta tensión y un extremo de baja tensión. Cuando el arrollamiento no esté conectado con tierra o cuando se desea emplear cualquier extremo del arrollamiento de alta tensión como extremo terminal de línea del

740

mismo, puede emplearse el método de aislamiento representado en la figura 20. En esta construcción el arrollamiento de alta tensión comprende las bobinas 168 a 175 inclusive, y cada extremo de bobina está provisto con aislamiento completo de línea a tierra. Las bobinas 168 a 171 inclusive, que forman la mitad del conjunto del arrollamiento, son de tamaño escalonado y están aisladas por medio de pantallas encajonadas 176, 177, 178 y 179, de modo ya descrito, y las bobinas restantes 172 a 175 inclusive, están análogamente aisladas por las pantallas 180 a 183 inclusive. Cada grupo de pantallas encajonadas aísla una mitad del conjunto del arrollamiento para una mitad del voltaje total que atraviesa el arrollamiento completo. Las pantallas restantes 184, 185 y 186, rodean ambos grupos de arrollamientos, como se representa.



Se notará que con esta construcción una "comunicación" desde un extremo del grupo al otro, esto es, entre las bobinas 168 y 175 puede ocurrir solamente perforando las varias pantallas 176 a 183 inclusive, como se indica por la línea de puntos entre estas bobinas. Se notará también que el mayor aislamiento entre cualquier bobina y la tierra es proporcional a la distancia de esta bobina desde su bobina extremo más próxima, considerando que la bobina extrema es la bobina de mayor voltaje del arrollamiento. En esta construcción no hay superficies de descarga. Se notará además que el mayor intervalo de aislamiento A, necesario en el centro del grupo entre los arrollamientos y la tierra, es menor que en los extremos del grupo. Esto se ha visto que era con-

veniente, ya que hay menos concentración de esfuerzos en el punto A que en los bordes de las bobinas en la zona indicada por B.

775

En la aplicación de este invento a transformadores de tipo abierto, no es necesario continuar las pantallas aisladoras a lo largo de la parte externa de la columna de bobinas, dado que la separación entre las bobinas y la pared del depósito es mucho mayor que entre las bobinas y el núcleo que pasa a través del centro de la columna de bobina. La figura 21, representa un elemento de núcleo 187 alrededor del cual está colocado un largo arrolla-

780

785



miento cilíndrico 188 de baja tensión. El arrollamiento de alta tensión, formado por un conjunto de bobinas 189 en forma de disco, rodea al arrollamiento de baja tensión y está conectado entre el conductor terminal de alta tensión 190 y el conductor de tierra 191. Un grupo de pantallas aisladoras 192 a

790

196 inclusive, se prolongan entre la columna y el núcleo por la parte superior o extremo de alta tensión del arrollamiento y por la parte inferior dentro

795

de la columna de bobinas; cada pantalla, después de prolongarse hacia abajo a lo largo del lado interior de la columna de bobinas, se dobla hacia el exterior entre bobinas adyacentes, a intervalos separados a lo largo de la columna. Por ejemplo, la pantalla

800

192 se prolonga hacia abajo después de las dos bobinas del extremo superior y luego hacia el exterior entre la segunda y la tercera bobinas del extremo superior del conjunto, y la pantalla 193 se prolonga hacia abajo hasta después de las cuatro primeras bobinas y luego hacia el exterior entre las bobinas cuarta

805

y quinta del conjunto. Entre las bobinas de números

810

pares y las de números impares del conjunto se representan pantallas 197 en forma de disco, y debajo de la pantalla 194, esto es, debajo de la sexta bobina a contar desde la parte superior, se emplean pantallas 194 de sección en forma de L que se prolongan a lo largo del lado interior de un par de bobinas, prolongándose hacia el exterior entre este par de bobinas y el par adyacente.

815



820

La figura 22, representa una construcción que emplea un núcleo 187 y un arrollamiento de baja tensión 188 dispuesto como se indica en la figura 21, pero en esta construcción, el conductor 201 de alta tensión o de línea, está conectado en el centro del conjunto de bobinas de alta tensión, y ambos extremos de los arrollamientos están unidos a tierra en 202 y 203. Una pantalla 204 se prolonga a lo largo de los bordes interiores de las dos bobinas inmediatamente superiores al centro del arrollamiento y hacia el exterior entre estas dos bobinas y las adyacentes del conjunto, y una pantalla 205 de forma análoga, se prolonga a lo largo de los bordes interiores de las dos bobinas inmediatamente inferiores al centro del conjunto y luego hacia el exterior entre estas bobinas y las adyacentes. Las pantallas 206, 207 y 208, son de construcción análoga y están colocadas entre los bordes interiores de las bobinas y el núcleo, y se prolongan a lo largo del lado interior de la columna de bobinas, longitudes variables, y luego hacia el exterior entre bobinas adyacentes.

825

830

835

Las bobinas rodeadas por tres lados, por las pantallas antes indicadas con respecto a esta figura, están agrupadas por pares y entre las dos bobinas de

cada par una pantalla 197 en forma de disco.

840

Se disponen también pantallas 198, en forma de L como se indica en su sección transversal, que se colocan junto a los extremos de las columnas para proporcionar aislamiento entre pares de bobinas y la bobina y el núcleo adyacentes. Se notará que, en las estructuras representadas en las figuras 21 y 22,

845

se indica la mayor parte de las pantallas aisladoras interpuestas entre las bobinas cerca del extremo de alta tensión del arrollamiento, dado que la distribución de la sobretensión en una columna de bobinas del tipo abierto no es uniforme y los esfuerzos entre bobinas adyacentes, son muy grandes entre las

850

bobinas próximas al extremo de alta tensión del arrollamiento.



20 SEPT. 1932

855

Las pantallas representadas en las figuras 21 y 22, están colocadas de tal modo que se han eliminado las superficies de descarga en los extremos de alta tensión de los arrollamientos en los que el esfuerzo de la tensión está muy concentrado y una avería en el aislamiento de esta zona debe ocurrir como resultado de la perforación del aislamiento entre bobinas adyacentes o entre la bobina extrema y la tierra.

860

865

Se notará que empleando pantallas aisladoras dispuestas del modo descrito en las distintas modificaciones de este invento, se han eliminado las superficies de descarga y que la cantidad de material aislante y los intervalos entre los arrollamientos es menor que en las disposiciones antes empleadas del material aislante. La cantidad de aislamiento y los intervalos de aislamiento empleadas en los arrollamien-

870 tos de alta tensión de los transformadores, se deter-  
minan en la actualidad, por la magnitud de las sobre-  
tensiones producidas por las chispas a que los arro-  
llamientos puedan estar sometidos, y no por el esfuer-  
zo normal de tensión impuesto al aislamiento. Esto  
875 es cierto independientemente de que se empleen o no  
medios para obtener una distribución prácticamente uni-  
forme de la sobretensión en el arrollamiento.

880



885

890

895

Este invento, por tanto, hace posible  
obtener una resistencia dieléctrica a la sobretensión  
mucho mayor que la antes obtenida con una cantidad  
dada de material aislante. Esta reducción en la  
cantidad de material aislante requerido es muy conve-  
niente no solo porque permite un ahorro de espacio,  
sino también porque las pérdidas por cobre y por hie-  
rro del transformador pueden reducirse y la corriente  
magnetizante será menor. Por consiguiente serán  
menores los pesos de los materiales y las dimensio-  
nes de los elementos cuando la disposición de los ma-  
teriales esté de acuerdo con este invento, que cuando  
se apliquen según proyectos anteriores. Esto es muy  
conveniente, especialmente en grandes transformadores  
de alta tensión, en los que los problemas de manejo  
y transporte, son con frecuencia, muy difíciles.

Esta solicitud, que corresponde a la  
presentada en los Estados Unidos de América, el 6 de  
Octubre de 1931, bajo el número 567.210, se acoge a  
los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto  
de Propiedad Industrial.

-o- N O T A -o-

900

Los puntos de invención propia y nue-

va que se presentan para que sean objeto de esta Patente de VEINTE años, son los siguientes:

905 1º - Un transformador o aparato eléctrico análogo, no pulsatorio, que tiene un arrollamiento que comprende varios elementos en forma de bobina unidos entre sí, caracterizado por una serie de pantallas aislantes para los elementos en forma de bobina citados, rodeando cada pantalla de la serie un número diferente de elementos en forma de bobina.

910 2º - Un transformador, según lo reivindicado en el punto 1º, caracterizado por el hecho de que el conjunto completo de pantallas forma una serie de pantallas encajonadas, y cada pantalla de la serie encierra las pantallas menores y por lo menos un elemento en forma de bobina no incluido dentro de la pantalla menor.



915 3º - Un transformador, según lo reivindicado en los puntos 1º o 2º, caracterizado por el hecho de que las pantallas aislantes están colocadas, prácticamente, a lo largo de superficies equipotenciales entre elementos adyacentes en forma de bobina.

920 4º - Un transformador, según lo reivindicado en cualquiera de los puntos anteriores en el que los elementos en forma de bobina están de tal modo escalonados en sus tamaños que proporcionan una separación creciente de los elementos en forma de bobina a contar desde el núcleo del transformador, al irse aproximando el extremo de alta tensión del arrollamiento.

925 5º - Un transformador, según lo reivindicado en el punto 4º, en el que los elementos en

835

forma de bobina, vistos en ángulo recto con el eje de los mismos están de tal modo escalonados en sus tamaños que los bordes de cada elemento en forma de bobina están redondeados hacia dentro desde el elemento menor en forma de bobina hacia el elemento mayor.

840

6º. - Un transformador, según lo reivindicado en cualquiera de los puntos 1º. a 3º, en el que los elementos en forma de bobina están dispuestos por pares formando dos conjuntos de bobinas, cada uno de los cuales comprende varias bobinas planas de ancho escalonado y los extremos correspondientes de los conjuntos de bobinas citados están colocados adyacentes entre sí y conectados uno a otro.

845

32



7º. - Un transformador, según lo reivindicado en el punto 6º., caracterizado por el hecho de que los conjuntos de bobina están colocados a lo largo de un eje común, con las bobinas menores mas cerca del centro.

850

8º. - Un transformador, según lo reivindicado en el punto 2º., en el que algunas de las pantallas aislantes se prolongan, por un extremo, entre un par de elementos en forma de bobina, adyacente, luego alrededor de un extremo del conjunto de bobinas formado por todas ellas y después entre un elemento en forma de bobina del par citado y un elemento en forma de bobina adyacente al par citado de elementos en forma de bobina.

855

9º. - Mejoras en los transformadores no pulsatorios.

860

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

do.

865

Esta Memoria consta de treinta y dos  
hojas escritas por una sola cara.

Madrid, 20 de septiembre de 1932.

P. A.  
Alberto de Elzaburu  
Por Poder  
*Alzaburu*



124938



20 SEPT. 1939

# ESCALA VARIABLE

Fig. 3.

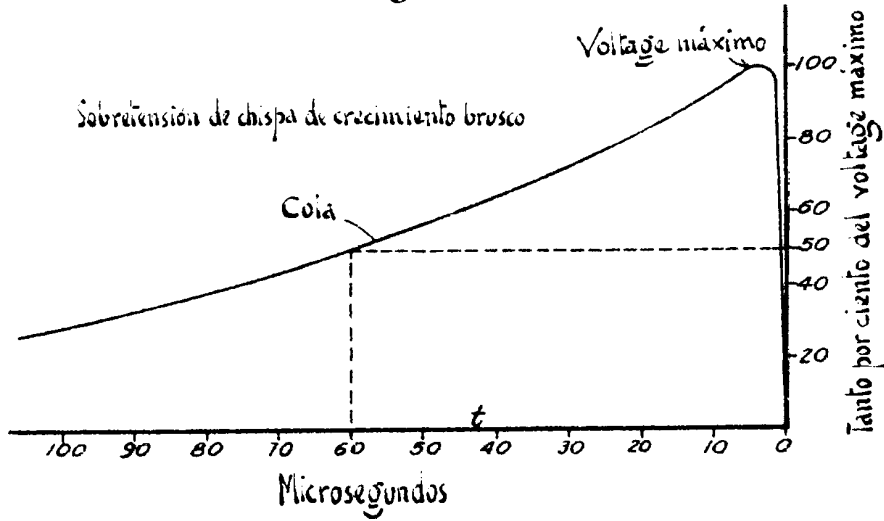


Fig. 5.

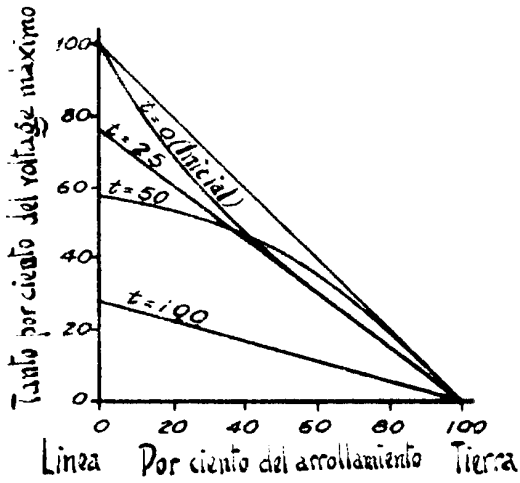
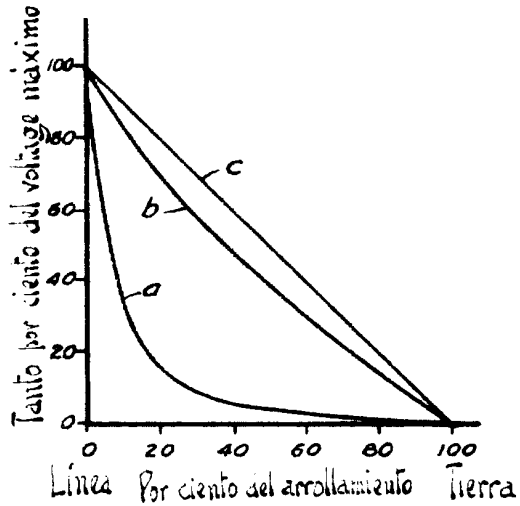


Fig. 4.



P.A.  
 [Signature]

127938

W. H. WARRIALL



Fig. 1.

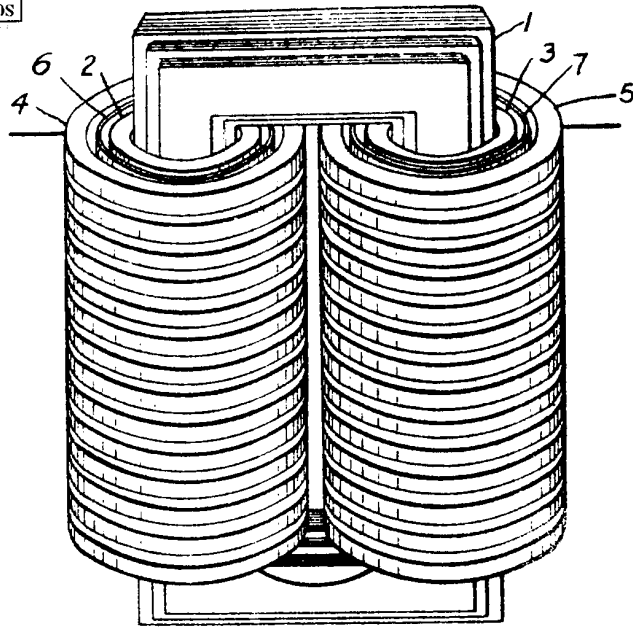
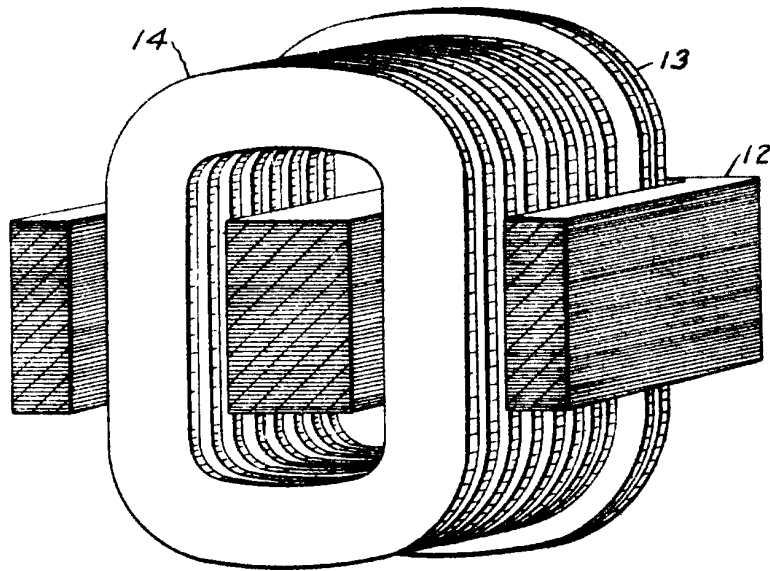


Fig. 2.



P.A.  
W. H. WARRIALL

127938



Fig. 6.

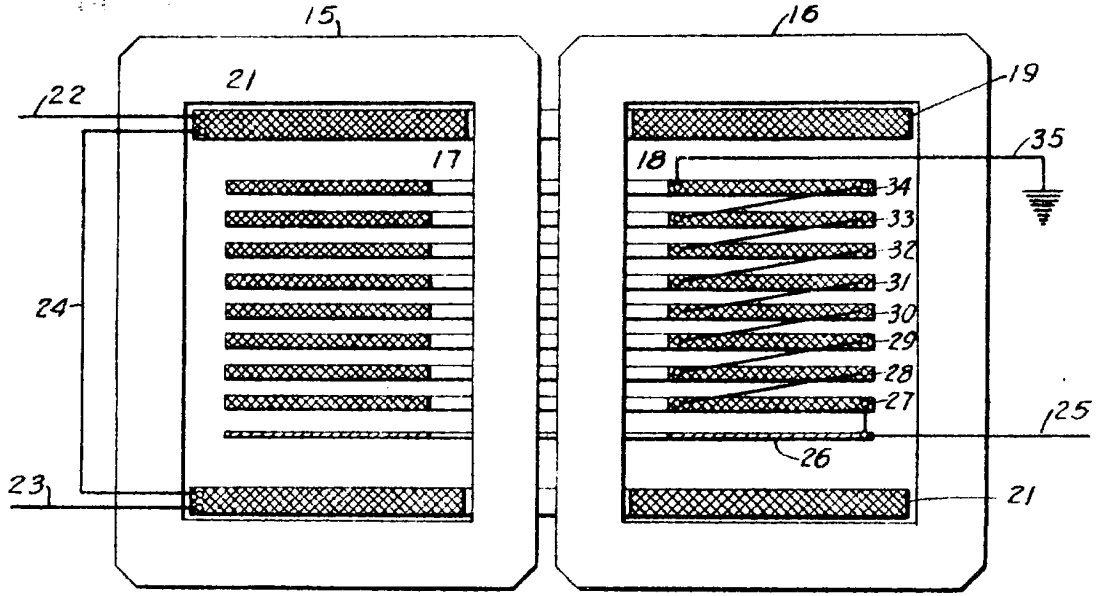
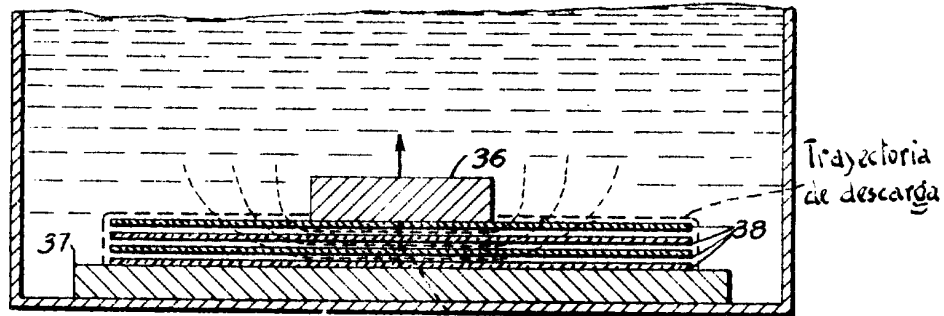
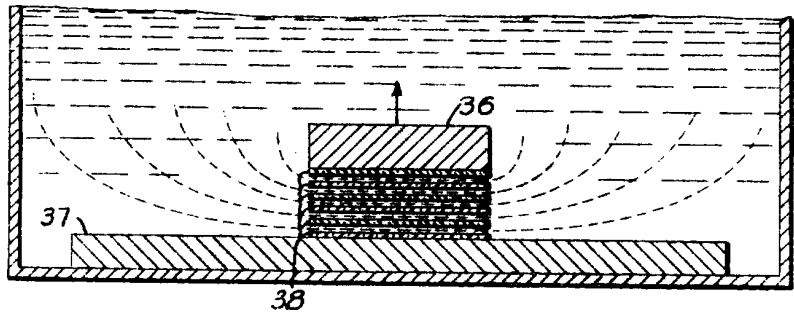


Fig. 7.



Trayectoria de perforación

Fig. 8.



P. A.

*[Handwritten signature]*

127938



Fig. 10.

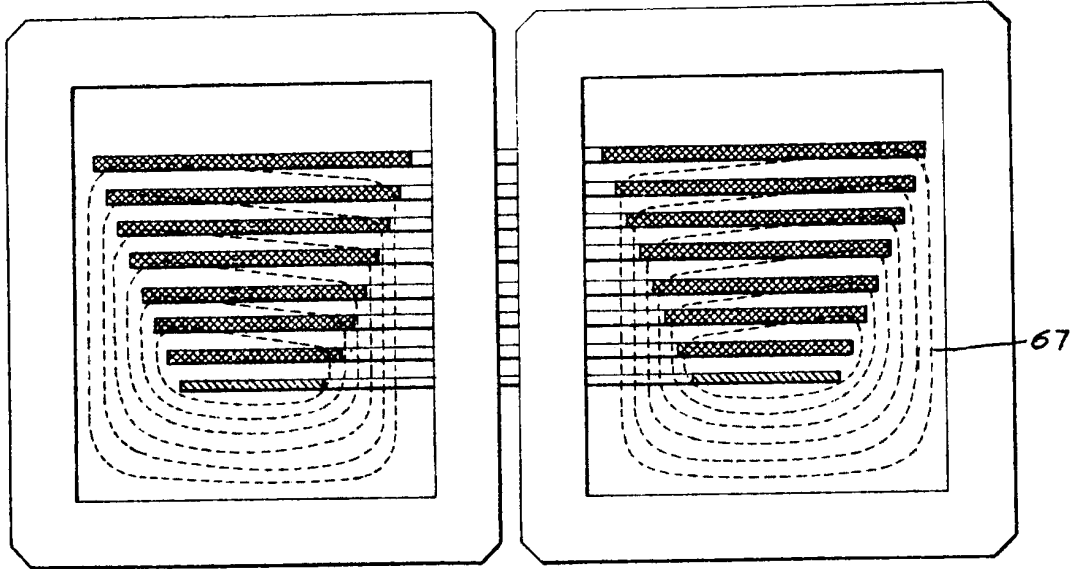
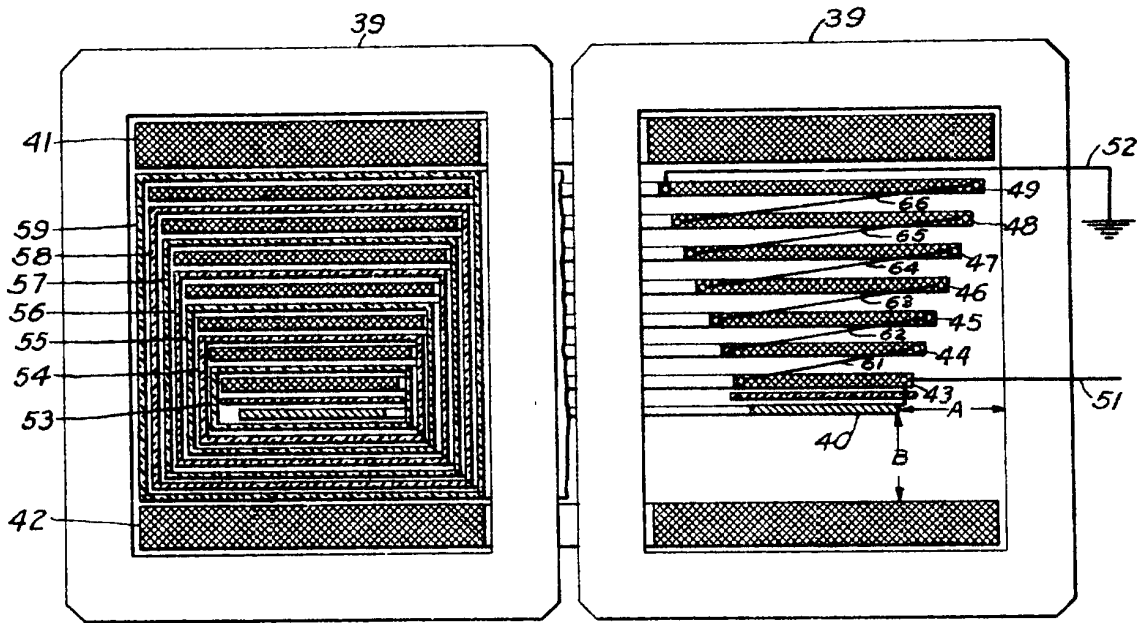


Fig. 9.



P.A.

127938



Fig. 12.

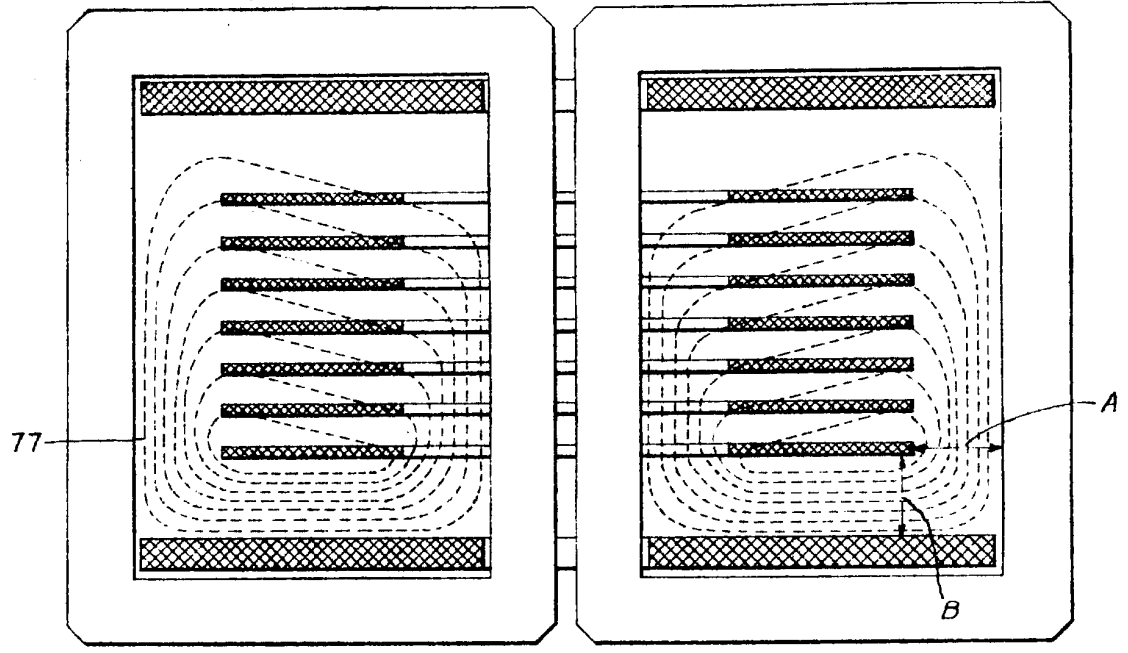
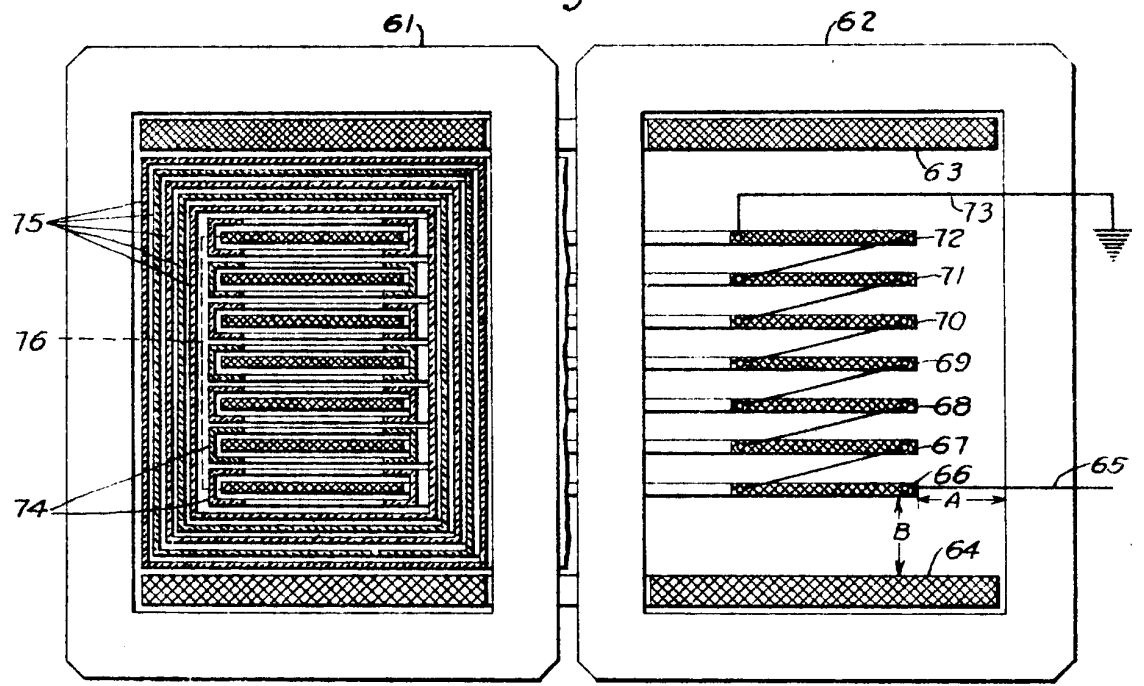


Fig. 11.



P.A.

*Y. Langmuir*

127938



Fig. 13.

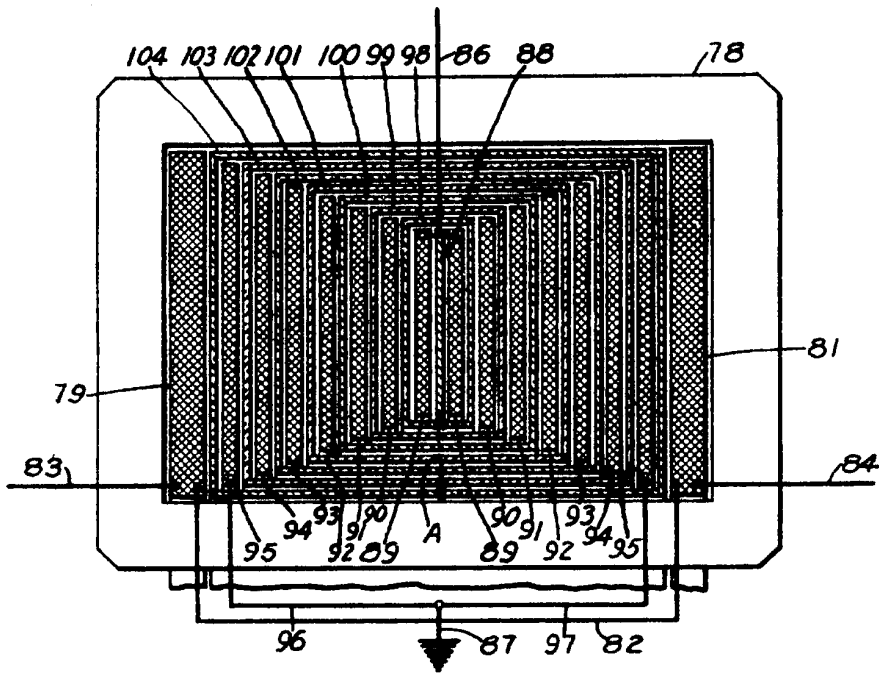
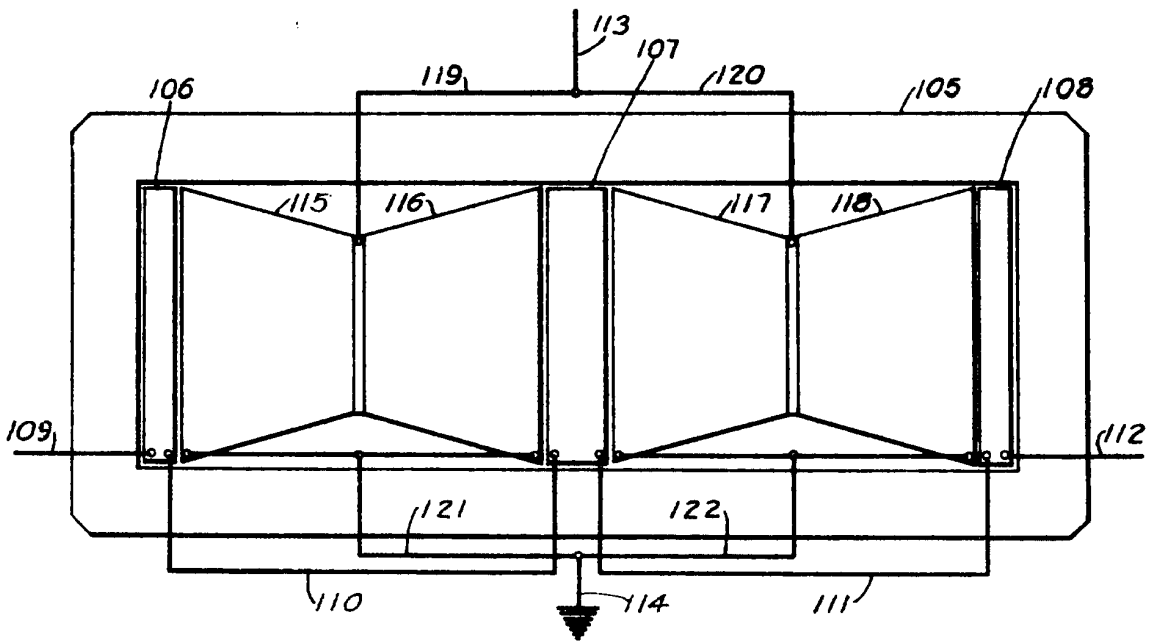


Fig. 14.



P.A.

*[Handwritten signature]*

127938



Fig. 15.

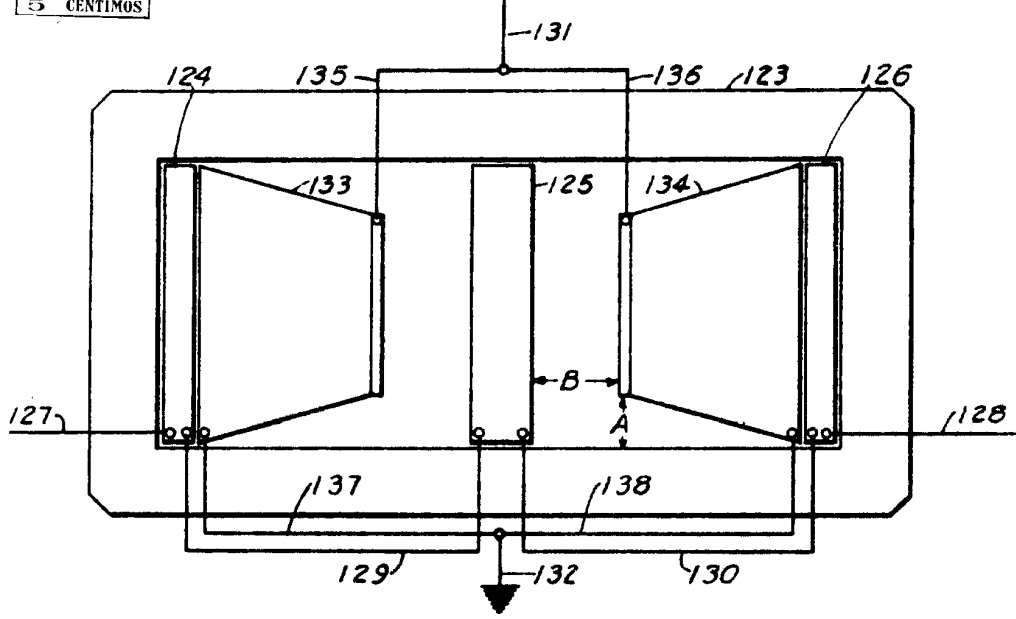
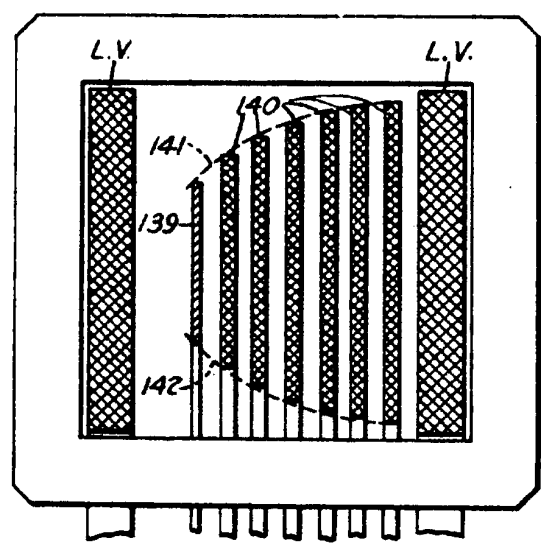


Fig. 16.



P. A.

*[Handwritten signature]*



SEPT. 1933

127932

Fig. 17.

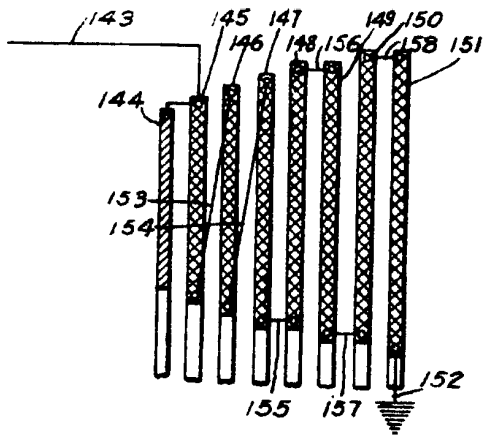


Fig. 18.

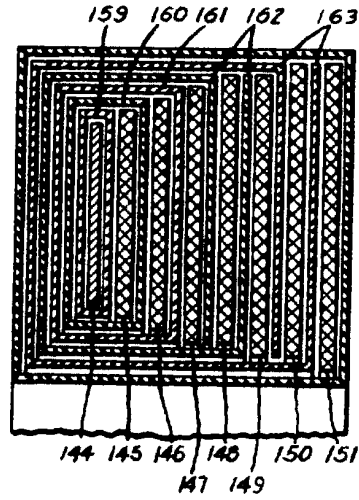


Fig. 19.

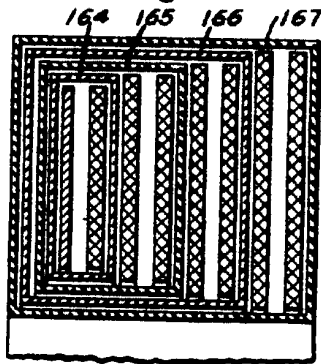
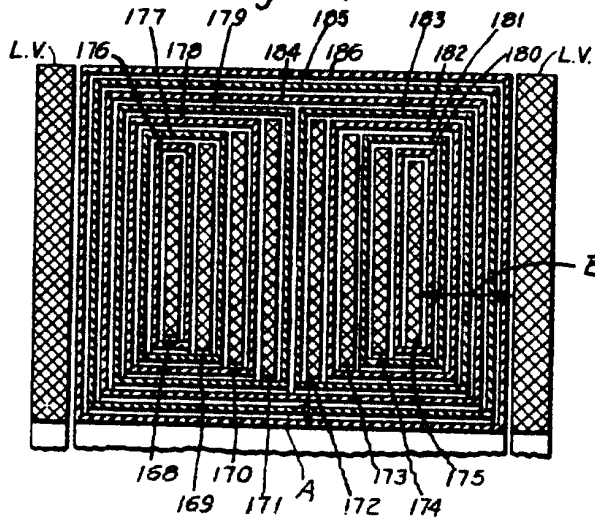


Fig. 20.



P.A.

*W. H. ...*

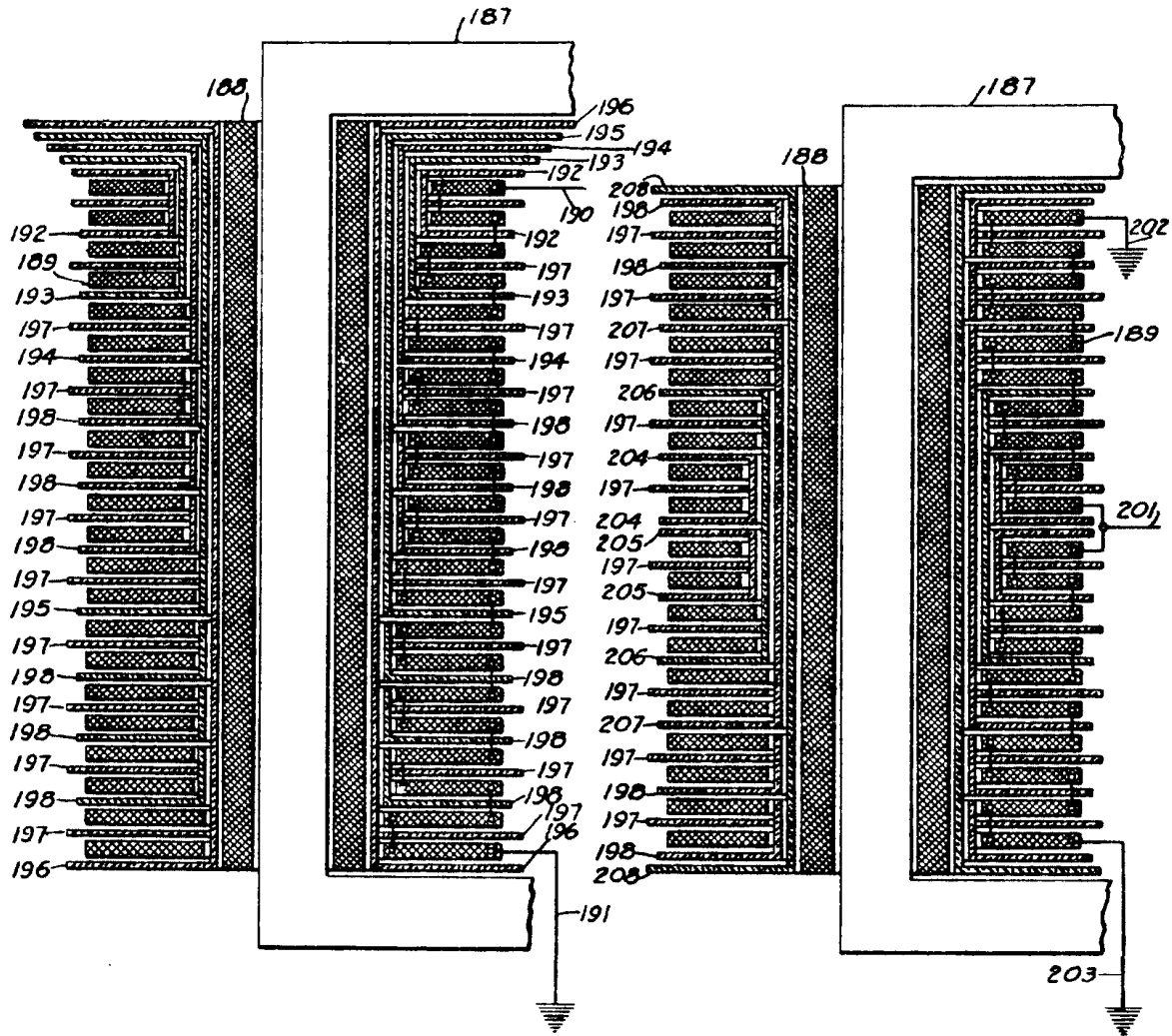
127938



1952

Fig. 21.

Fig. 22.



P.A.

AMERICAN PATENT OFFICE

*Handwritten signature*