

252

Int. Cl. <u>H02K</u>

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una
PATENTE DE INVENCION

Solicitante: WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION.

Domicilio: Westinghouse Building, Gateway Center,
PITTSBURGH, Pennsylvania 15222
ESTADOS UNIDOS.-

Enunciado: MAQUINA DINAMOELECTRICA.

Prioridad: de la solicitud de patente estadounidense
Nº 509.166 del 25 de septiembre de 1.974.

1 El invento se refiere a máquinas dinamoeléctricas de gran tamaño tales como turbogeneradores, y en particular a conductores de estator enfriados por líquidos destinados a dichas máquinas.

5 Generalmente los turbo generadores de gran tamaño son del tipo enfriado internamente o enfriado directamente, en el cual un fluido refrigerante circula a través de unos conductos formados en las ranuras del estator y del rotor en contacto térmico directo con los conductores de transporte de la corriente en el interior del aislamiento con relación a masa. Este tipo de construcción permite obtener un sistema de refrigeración muy eficaz y ha permitido aumentar mucho la capacidad máxima que puede ser obtenida en generadores de gran tamaño sin rebasar los límites permisibles del tamaño físico. Usualmente se emplea hidrógeno como fluido refrigerante en estas máquinas, pero en los modelos más importantes se emplea preferentemente un refrigerante más eficaz tal como agua, por lo menos en los devanados del estator. Para los devanados del estator enfriados por líquido se utiliza un sistema cerrado de recirculación de refrigerante en el cual se hace circular el líquido refrigerante a través de los conductos internos del devanado y a través de un refrigerador externo. En estas máquinas de gran tamaño se emplean normalmente torones de conductores, y cuando se emplea un refrigerante líquido en los devanados del estator, una parte o la totalidad de los conductores son huecos para servir como conductos para refrigerante. Los extremos de los conductores de devanado se terminan en unos colectores que comunican con los conductores huecos y que están conectados con el sistema de refrigerante para dirigir la circulación de agua hacia o a partir de los conductores huecos. Los colectores forman preferentemente parte de un dispositivo de conexión que sirve pa

10

15

20

25

30

1 ra establecer con los conductores las conexiones tanto hidráulicas como eléctricas.

5 En este tipo de construcción, el aislamiento de alta tensión con relación a masa del conductor se termina usualmente a una corta distancia del colector en cada extremidad del conductor. Esto hace que cualquier agua que pueda escaparse del colector, por ejemplo entre los conductores, pueda escaparse, e impide que siga todo el conductor y penetre en el aislamiento produciendo eventualmente un fallo. Sin embargo, se ha comprobado que esta región situada muy cerca del colector en cada extremo del conductor es la región sometida a mayores esfuerzos durante el funcionamiento, y se han producido averías debidas a la fatiga de los conductores en esta zona en razón de las elevadas tensiones y de las vibraciones anormalmente importantes que pueden producirse.

10 De acuerdo con el invento, una máquina dinamoeléctrica que incorpora un soporte mecánico para los conductores de un estator enfriado por líquido incluye un devanado de estator y un sistema de refrigeración que permite hacer circular un refrigerante líquido a través del estator, una pluralidad de conductores de devanado conectados conjuntamente para constituir dicho devanado, incluyendo cada uno de dichos conductores una pluralidad de elementos de conducción, siendo algunos por lo menos de dichos elementos de conducción huecos para servir como conductos para el refrigerante, un elemento de colector situado en cada extremidad de cada uno de dichos conductores y unido a dicho conductor con una junta estanca a los líquidos, formando dicho elemento de colector un espacio cerrado que comunica con dichos conductos de refrigerante y que tiene un dispositivo para conectar dicho espacio cerrado con dicho sistema de refrigerante, estando dichos elementos de conducción de cada uno de dichos conductores que están situados en una posición inmediatamente adyacente a dicho colector

1 soportados los unos con relación a los otros por un material resiu
 noso endurecido que llena el espacio entre dichos elementos de con
 ducción, teniendo cada uno de dichos conductores un revestimiento
 superficial de aislamiento con relación a masa constituído por una
5 cinta aislante enrollada en él que está impregnada de un material
 resinoso endurecido, terminándose dicho revestimiento superficial
 de aislamiento con relación a masa en cada uno de dichos conductor
 res, en un emplazamiento separado de dicho colector; un elemento
 de soporte aislante rígido dispuesto encima de cada uno de dichos
10 conductores en una posición adyacente a dicho colector, incluyendo
 dicho elemento de soporte aislante rígido una pluralidad de ca
 pas de material aislante, formando sustancialmente cada una de di
 chas capas un recubrimiento completo en forma de manguito de dicho
 conductor, desde dicho colector hasta dicho recubrimiento superfi
15 cial de aislamiento con relación a masa, estando dicho elemento de
 soporte aislante rígido impregnado con un material resinoso endu
 recido.

 De manera conveniente, los elementos de conducu
 ción adyacentes al colector están unidos rígidamente los unos con
20 los otros con una resina epoxi, de modo que los conductores vibren
 en conjunto en lugar de vibrar cada uno individualmente. Las fueru
 zas debidas a la vibración se distribuyen así de manera más unifor
 me y se reduce mucho la posibilidad de un fallo. Con el objeto
 de reforzar y aumentar la resistencia de esta zona, se situa un
25 recubrimiento aislante rígido en el conductor que se extiende des
 de el colector hasta el revestimiento superficial de aislamiento
 con relación a masa, y se une con este último para formar un re
 fuerzo mecánico rígido del conductor, que reduce todavía más la po
 sibilidad de un fallo.

30 Se describirá ahora el invento a título de ejemu

1 plo, con referencia a los dibujos adjuntos en los cuales:

La figura 1 es una vista, parcialmente en sección longitudinal y parcialmente en alzado, que representa un turbo-generador provisto de un sistema de refrigeración;

5 La figura 2 es una vista en alzado que representa una extremidad de un conductor del devanado de la máquina de la figura 1;

La figura 3 es una vista parcial ampliada de una parte del conductor aislado de la figura 2;

10 La figura 4 es una vista en planta, parcialmente en sección, de una extremidad del conductor; y

La figura 5 es una vista transversal tomada sustancialmente a lo largo de la línea V-V de la figura 4.

La figura 1 representa un turbogenerador de gran tamaño de un modo de construcción típico dotado de un sistema de refrigeración por líquido para el devanado del estator, del tipo descrito en la Memoria de Patente de los Estados Unidos No. 3.634.705.

El generador tiene un núcleo de estator 10 soportado por unos aros de armazón 12 en una carcasa externa 13 sustancialmente estanca a los gases. El núcleo de estator 10 es del tipo constituido por chapas apiladas que incluye un orificio cilíndrico y está constituido por chapas sujetas entre unas placas de extremidad 14. El núcleo 10 del estator está dotado de ranuras longitudinales en su periferia interna con el objeto de recibir el devanado del estator el cual consiste en una pluralidad de conductores de devanado 16 que constituyen unas medias bobinas conectadas en sus extremidades para formar un devanado de estator de cualquier tipo deseado. Un rotor 18 está situado en el orificio del núcleo 10 del estator y está soportado por unos conjuntos de

1 cojinetes en los extremos de la carcasa 13, que incluyen unos cas-
quillos de estanqueidad para impedir la salida del gas a lo largo
del eje del rotor. Los cojinetes y los casquillos de cierre hermé-
tico no han sido ilustrados ya que no forman parte del invento. El
5 rotor 18 está provisto de un devanado de campo. Se fabrica la car-
casa 13 para que sea lo más estanca a los gases como sea posible y
se llena con gas refrigerante, preferentemente hidrógeno, que en-
fria el devanado del rotor y el núcleo del estator.

El devanado del estator que consiste en los con-
10 ductores 16 es del tipo enfriado por dentro y, según se ilustra
más particularmente en las figuras 4 y 5, cada conductor 16 está
hecho de una pluralidad de elementos de conducción 20. Los ele-
mentos de conducción de cada conductor están dispuestos en cuatro
grupos. Los elementos de conducción 20 están aislados los unos de
15 los otros y están trenzados utilizando un tipo de trenzado que per-
mite conectar los elementos de conducción los unos con los otros
en las extremidades de cada conductor sin producir pérdidas exce-
sivas. Con el objeto de obtener la circulación de un refrigeran-
te líquido a través de los conductores del devanado, una parte o la
20 totalidad de los elementos de conducción 20 son huecos para servir
como conductos para el refrigerante. Como se ilustra en la figu-
ra 5, uno de cada tres elementos de conducción 21 en cada uno de
los cuatro grupos es hueco y los demás elementos de conducción son
macizos. Se entiende que en caso de necesidad o si se desea, es
25 posible hacer huecos todos los elementos de conducción o mezclar
en cualquier proporción deseada y con cualquier disposición dese-
da elementos de conducción huecos y macizos. Dos conductores de
devanado 16 se sitúan en cada ranura del núcleo 10 del estator, y
las porciones extremas de cada conductor más allá de la ranura se
30 forman de modo que pasen alrededor del núcleo en una posición tal

1 que puedan ser conectadas con la extremidad de otro conductor de
devanado situado en una ranura diferente para formar una bobina
completa.

5 El devanado de estator se enfria mediante cir-
culación de un líquido refrigerante, preferentemente agua, y los
conductores 16 forman parte de un sistema cerrado de recirculación
destinado a este efecto. Dicho sistema de refrigeración incluye
un colector de entrada 24 en una extremidad del núcleo 10 del es-
tator y un colector de salida 25 en la extremidad opuesta. Estos
10 colectores consisten en tubos o tuberías situadas circunferencial-
mente alrededor del núcleo y montadas en la carcasa. Los colecto-
res 24 y 25 están conectados por medio de una pluralidad de tubos
aislantes 26 con los extremos de los conductores individuales del
devanado según se describirá más adelante. El agua refrigerante
15 para el devanado del estator circula a través del devanado por me-
dio de una bomba externa 28. La bomba hace circular el agua que
sale de la máquina a través de un refrigerador 30 y a través de un
tubo de entrada 31 que pasa a través de la carcasa 13 y está conec-
tado con el colector de entrada 24. El agua que sale por la otra
20 extremidad de la máquina fluye a través del colector de descarga
25 y hasta un tubo de descarga 32 que atraviesa la carcasa 13 y
llega a la bomba 28. De este modo se obtiene un sistema cerrado
de recirculación, separado del sistema de refrigeración del rotor
y del núcleo del estator.

25 Cada extremidad de cada uno de los conductores
16 del devanado está conectada con el sistema de refrigeración por
un elemento de conexión 34 que puede también ser empleado para e-
fectuar la conexión eléctrica con el conductor. Cada conector 34
incluye un elemento de colector 36 que cierra la extremidad del
30 conductor. El elemento de colector 36 es un elemento generalmen-

1 te rectangular provisto de una superficie externa ahusada, según
se ilustra en las figuras 2 y 4, y forma un espacio cerrado que
comunica con los elementos de conducción huecos 21 del conductor.
El elemento de colector 36 se extiende más allá de la extremidad
5 del conductor para formar el espacio cerrado mencionado más arriba
y está cerrado por una caperuza 38 soldada con latón o sujeta
de otro modo en el colector con una junta estanca a los líquidos.
Un tubo 39 está soldado con latón en la caperuza 38 para su conexión
por medio de un codo 40 o de otro modo, con un tubo 42 que
10 está conectado a uno de los tubos aislantes 26 del sistema de refrigeración.
Un terminal 43 puede también situarse en la caperuza 38 para efectuar
la conexión eléctrica de la bobina 16 con una bobina adyacente o un terminal.
El colector 36 está sujeto en los elementos de conducción 20 del conductor
15 mediante soldadura con latón o de otro modo para formar una unión estanca a los
fluidos.

Como se ha mencionado ya, hasta la fecha se dejaba la porción extrema
del conductor inmediatamente adyacente al colector 36 sin aislar, y se
ha comprobado que esta región es particularmente susceptible a los fallos
20 producidos por las tensiones elevadas y a las vibraciones excesivas que
pueden formarse en esta región. De acuerdo con el invento, se eliminan
sustancialmente los fallos de este tipo uniendo conjuntamente los elementos
de conducción y proporcionando un refuerzo aislante del conductor
constituido por elementos múltiples en esta región. Como puede verse
25 en la figura 4, los elementos de conducción 20 están unidos conjuntamente
por una resina epoxi. Por ejemplo, la extremidad del conductor puede
cubrirse con un manguito encogible que se extiende sobre el colector y
la porción extrema del conductor con un tubo de cobre introducido en el
interior del manguito. A con-
30

1 tinuación el manguito puede ser encogido en su sitio mediante apli
cación de calor y se inyecta una resina adecuada a través del tubo
para llenar los espacios entre los elementos de conducción 20 so-
5 bre una distancia adecuada a partir del colector. Cuando la resi-
na está en su sitio, puede ser endurecida mediante aplicación de
calor y a continuación se retiran el manguito y el tubo de cobre.
Se obtiene así una unión rígida entre los elementos de conducción
y la extremidad de la bobina está obligada a vibrar en un solo blo
que en lugar de que los elementos de conducción separados vibren
10 cada uno por su cuenta. Esto reduce mucho las tensiones y la po-
sibilidad de fallos de los elementos de conducción individuales
producidos por la fatiga.

De acuerdo con otra característica del invento,
el conductor 16 está soportado mecánicamente y aislado en la re-
15 gión situada entre la extremidad del aislante superficial con re-
lación a masa y el colector 36. El conductor de elementos múlti-
ples 16 está naturalmente rodeado por la pared de aislamiento de
alta tensión con relación a masa 46, que se extiende sobre la por-
ción de la bobina situada en una ranura del núcleo 10 y sobre las
20 porciones extremas hasta algunos centímetros del colector. Este
aislamiento 46 consiste en el número necesario de capas de cinta
de mica impregnadas con resina. La porción extrema del conductor
16 entre el aislamiento superficial 46 con relación a masa y el
colector 36 está contenida en un soporte aislante rígido 47. Co-
25 mo se ve más particularmente en la figura 2, el soporte 47 puede
consistir en un cierto número de capas de material aislante en-
rolladas alrededor del conductor 16 e impregnadas con una resina.
En el modo de realización preferido, el soporte 47 consiste en
un material a base de vidrio no tejido constituido por fibras de
30 vidrio paralelas impregnadas con una resina epoxi. Este material

1 puede ser adquirido en el comercio bajo el nombre comercial de
SCOTCHPLY, aunque naturalmente pueda utilizarse otro material si-
milar. Este material a base de vidrio se aplica en forma de man-
ta en lugar de cinta. Es decir que el ancho del material es sus-
5 tancialmente igual a la distancia entre el colector y la extremi-
dad del aislante superficial 46 con relación a masa de tal forma
que cada capa que envuelve el conductor esté constituida por una
sola pieza de material y que no exista ningún punto débil desde
el punto de vista eléctrico, como puede ocurrir entre las espiras
10 adyacentes de una cinta.

Con el objeto de evitar cualquier punto débil desde el punto de vista eléctrico en la zona donde el soporte ais-
lante 47 se une al recubrimiento superficial de aislamiento con
relación a masa 46, es conveniente que el soporte esté unido al
15 aislamiento con relación a masa. Esto se hace preferentemente in-
tercalando las capas sucesivas de material de vidrio 48 y de cin-
ta de mica 49 según se ilustra en la figura 3, aplicándolas alter-
nativamente para formar una unión 50. De este modo se sitúa una
primera capa de material a base de vidrio 48 en cada extremidad
20 del conductor 16 en contacto con el colector 36 en esta extremidad,
y a continuación se aplica una capa de cinta de mica 49 sobre to-
da la longitud del conductor 16, superponiendo el material a base
de vidrio en cada extremidad sobre una longitud adecuada del or-
den de 12,7 mm (1/2 pulgada). A continuación se aplica otra ca-
pa de material a base de vidrio 48 en cada extremidad y sucesiva-
25 mente se aplica otra capa de cinta de mica 49 sobre toda la longi-
tud del conductor superponiendo de manera similar las capas de vi-
drio. Esta operación continua hasta que se haya formado un núme-
ro suficiente de capas de vidrio y de cinta de mica. Después de
30 aplicar las primeras capas de material de vidrio, las capas si-

1 guientes se extienden sobre el colector 36 según se representa en
la figura 2, extendiéndose cada capa un poco más lejos sobre la
parte cónica y extendiéndose las capas sucesivas de cinta de mica
de manera correspondiente más allá de las capas anteriores. Pre-
5 ferentemente, se impregna el material a base de vidrio con una re-
sina epoxi antes de aplicarlo al conductor, y cuando se ha aplica-
do un número suficiente de capas de vidrio y de mica, el material
a base de vidrio es comprimido o sujeto de tal manera que se aglo-
mere sobre el conductor 16 y se endurece aplicando calor para for-
10 mar un soporte aislante macizo rígido 47 que contiene el conduc-
tor 16 entre el colector y la extremidad de la capa superficial de
aislamiento con relación a masa. El aislamiento con relación a
masa 46 puede a continuación ser tratado de la manera usual impreg-
nándolo de una resina adecuada y endureciéndolo para completar la
15 operación de aislamiento del conductor 16.

Se ve ahora claramente que se proporciona un ti-
po de construcción para conductores enfriados por agua de grandes
turbogeneradores, y en el cual las porciones extremas de los con-
ductores se refuerzan mecánicamente para impedir la posibilidad
de fallos debidos a fatiga en estas regiones como consecuencia de
20 tensiones internas o vibraciones excesivas.

En resumen, la presente Patente de invención
que se solicita deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

25 1.) Máquina dinamoeléctrica, que incorpora un
soporte mecánico para los conductores de un estator enfriado por
líquido, que incluye un devanado de estator y un sistema de refri-
geración para hacer circular un refrigerante líquido a través de
este, una pluralidad de conductores de devanado conectados conjun-
30 tamente para constituir dicho devanado, estando cada uno de di-

1 chos conductores constituido por una pluralidad de elementos de
conducción, siendo por lo menos algunos de dichos elementos de con
ducción huecos para servir como conductos de refrigerante, un ele
5 mento de colector en cada extremidad de cada uno de dichos conduc
tores, estando dicho elemento de colector unido a dichos conducto
res por una unión estanca a los líquidos, proporcionando dicho
elemento de colector un espacio cerrado que comunica con dichos
conductos de refrigeración y estando dotado de un dispositivo pa
10 ra conectar dicho espacio cerrado con dicho sistema de refrigera
ción, estando dichos elementos de conducción de cada uno de dichos
conductores inmediatamente adyacentes a dicho colector soportados
los unos con relación a los otros por un material resinoso endu
recido que llena el espacio entre dichos elementos de conducción,
15 teniendo cada uno de dichos conductores un aislamiento superficial
con relación a masa que está constituido por una cinta aislan
te impregnada de material resinoso endurecido enrollada alrededor
de él, terminándose dicho aislamiento superficial con relación a
masa en cada uno de dichos conductores en un emplazamiento separa
do del colector, un elemento de soporte aislante rígido dispuesto
20 encima de cada uno de dichos conductores en una zona adyacente a
dicho colector, incluyendo cada elemento de soporte aislante rígi
do una pluralidad de capas de material aislante, formando cada una
de dichas capas sustancialmente un recubrimiento completo en for
ma de manguito sobre dicho conductor a partir de dicho colector
25 hasta dicho aislamiento superficial con relación a masa, estando
dicho elemento de soporte aislante rígido impregnado con un mate
rial resinoso endurecido.

2.) Máquina dinamoeléctrica según la reivindi
cación 1, caracterizada porque dichas capas de material aislante
30 de dicho elemento de soporte aislante rígido tienen unas extremi-

1 dades intercaladas con capas de dicha cinta de dicho aislante su-
perficial con relación a masa.

3.) Máquina dinamoeléctrica según la reivindi-
cación 1 o 2, caracterizada porque dicha cinta de dicho aislamien-
5 to superficial con relación a masa incluye mica y dichas capas de
material aislante de dicho elemento de soporte aislante rígido es-
tán constituidas por un material a base de fibras de vidrio, y di-
cho material resinoso endurecido entre dichos elementos de conduc-
ción adyacentes a dicho colector, dicho material resinoso endure-
10 cido con el cual está impregnada dicha cinta del aislamiento su-
perficial con relación a masa; y dicho material resinoso endureci-
do con el cual está impregnado el soporte aislante rígido, es en
cada caso una resina epoxi.

4.) Máquina dinamoeléctrica según una cualquie-
ra de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque el aisla-
15 miento superficial con relación a masa está constituido por una
pluralidad de capas de cinta aislante y porque el dispositivo de
aislamiento está constituido por una pluralidad de capas de envol-
turas aislantes, estando dichas capas de cinta y dichas capas de
20 envoltura intercaladas en cada extremidad para formar un solo blo-
que.

5.) Máquina dinamoeléctrica que incorpora un
soporte mecánico para los conductores de un estator enfriado por
líquido, construída y adaptada para ser utilizada sustancialmente
25 de la manera descrita e ilustrada más arriba con referencia a los
dibujos adjuntos.

6.) Se reivindica por último como objeto sobre
el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:

30 MAQUINA DINAMOELECTRICA.

1 Todo conforme queda descrito y reivindicado en la
presente memoria descriptiva que consta de catorce páginas
mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 24 septiembre 1.975
BERNARDO UNGRIA

5

P.P.



10

15

20

25

30

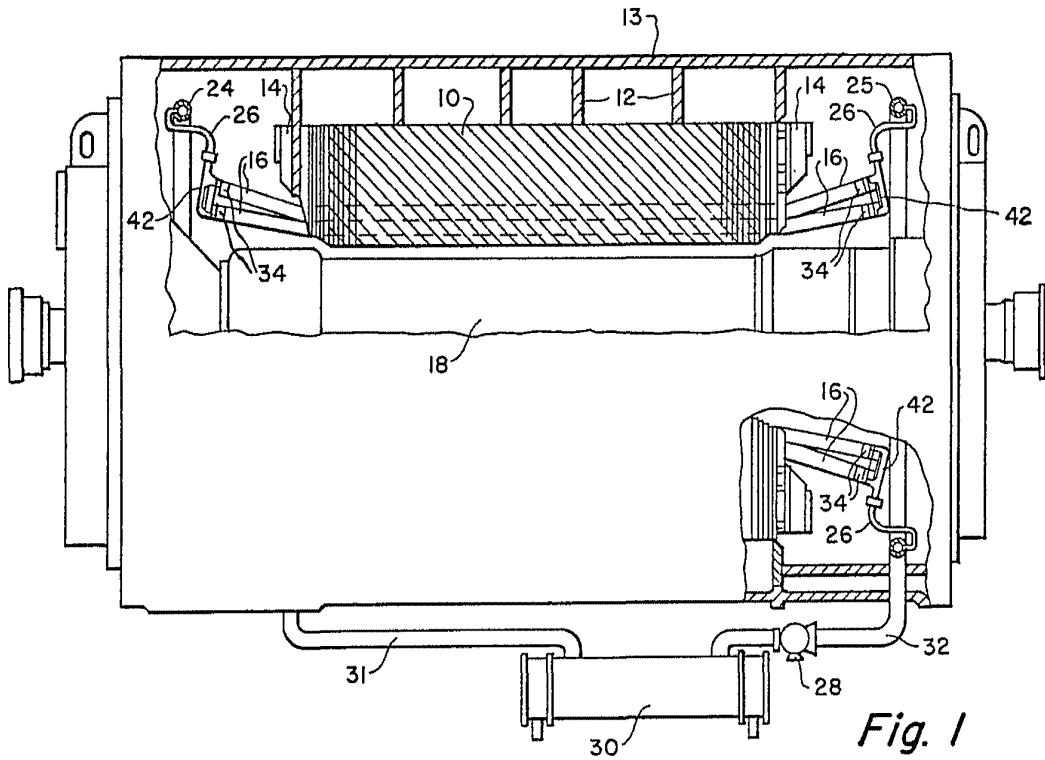


Fig. 1

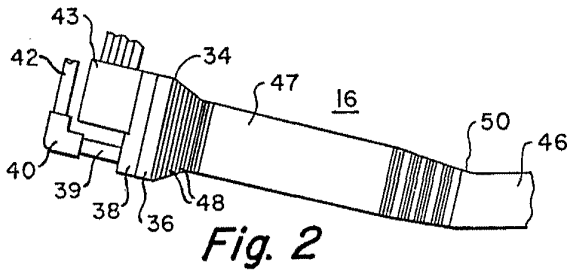


Fig. 2

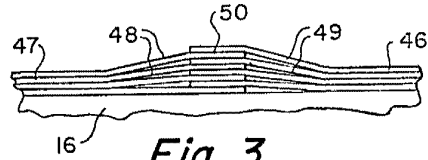


Fig. 3

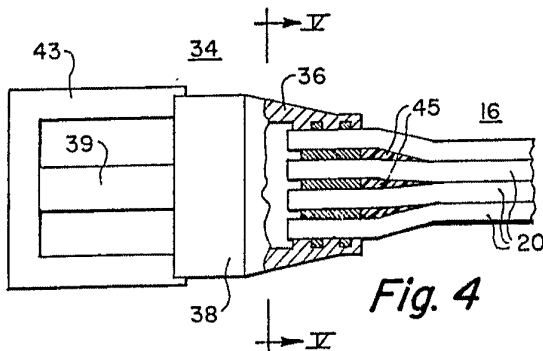


Fig. 4

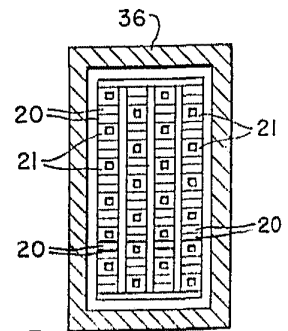


Fig. 5

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 24 septiembre 1.975
 BERNARDO UNGRIA

p.p.