



411517

Incl. Cl. H 02 K

MEMORIA DESCRIPTIVA

=====

Correspondiente a la solicitud de registro de una Patente de Inven-
ción que, por veinte años se solicita para España, a favor de la
entidad GENERAL ELECTRIC COMPANY, de nacionalidad jurídica estadou-
nidense, domiciliada en SCHENECTADY, N.Y. (EE.UU.) - - - - -

p o r

" MAQUINA DINAMOELECTRICA REFRIGERADA POR UN TUBO DE CALOR ROTATIVO "

=====

El presente invento se refiere a una máquina dinamoeléctrica,
que tiene refrigeración de rotor mejorada y en particular a una má-
quina dinamoeléctrica, en que el calor se elimina del rotor por el
paso de refrigerante a través de un ciclo térmico, utilizando la
5 fuerza centrífuga del rotor, para transferir refrigerante entre el
condensador y el evaporador.

La refrigeración de máquinas dinamoeléctricas, estancas al go-
tejo o abiertas, se consigue típicamente haciendo pasar aire a través
de la máquina para absorber calor por convección desde los componen-
10 tes generadores de calor dentro de la máquina. Aunque una ventila-



411517

ción pasante, normalmente es adecuada para la mayoría de las acciones de las máquinas, según éstas van siendo más compactas, los pasos para el flujo del aire a través de la máquina resultan reducidos en área, disminuyendo el volumen de aire capaz de pasar a través de los mismos. Para conseguir ulterior refrigeración de máquinas dinamoeléctricas, la máquina también puede ser cerrada herméticamente y hacerse pasar refrigerante líquido a través de la máquina, en contacto directo con las regiones generadoras de calor de la máquina. Tales sistemas típicamente requieren bombas mecánicas para hacer pasar refrigerante a través de la máquina, y las pérdidas de derivación y fricción de la máquina se incrementan significativamente por la interacción del refrigerante líquido con el rotor rotativo.

También es conocido que el calor puede ser eliminado utilizando tubos de calor (es decir, sistemas refrigerantes, que no requieren medios bombeadores separados para el transporte del refrigerante) utilizándose típicamente fuerza gravitacional o mechas en tubos de calor estacionarios, para mover en ciclo el refrigerante a través del sistema, mientras que normalmente se emplea fuerza centrífuga para el transporte del refrigerante en tubos de calor rotativos. Por ejemplo, hasta ahora se había sugerido que el árbol del rotor de una máquina dinamoeléctrica se utilizase como tubo de calor estrechando el interior del árbol de rotor hueco para hacer retornar refrigerante condensado en un estado líquido fuera del alcance axial del rotor hacia el interior del rotor para nueva evaporación. Similarmente se ha propuesto que las barras de rotor de un rotor de jaula de ardilla sean huecas y sobresalgan por lo menos desde un extremo de las laminaciones del rotor, para permitir que se utilicen las barras como tubos de calor para refrigerar el interior del rotor. El flujo de líquido desde el extremo saliente de las barras de ro-

411517

12 FEB 1933



tor hacia el interior del rotor, sin embargo, tendria que conse-
guirse generalmente colocando mechas o estrechando el interior
de las barras del rotor usando procedimientos complicados de meca-
nización y las barras prolongadas tenían que soportarse por adecua-
5 das técnicas de refuerzo.

Por lo tanto, es un objeto de este invento procurar una máqui-
na dinamoeléctrica, teniendo refrigeración de rotor mejorada, pro-
ducida por tubos de calor.

Estos y otros objetos de este invento generalmente se consi-
10 guen por una máquina dinamoeléctrica, que tiene un evaporador, en
contacto térmico con la región generadora de calor del rotor, para
absorber calor del mismo por la evaporación de refrigerante dentro
de un evaporador. El refrigerante vaporizado entonces fluye radial-
mente hacia dentro (debido a la fuerza centrífuga, que actúa sobre
15 el líquido de más alta densidad) a través de adecuados medios de
conducción a un condensador, asegurado fijamente a lo largo del ro-
tor en un ambiente suficientemente frio para condensar el vapor re-
frigerante volviendo al estado líquido. Un medio de conducción ade-
cuado comunica el extremo exterior radial del condensador con el
20 evaporador y permite que la fuerza centrífuga, actuante sobre el re-
frigerante condensado, devuelva el refrigerante al evaporador para
repetir el ciclo térmico. En una ejecución particularmente preferi-
da del invento, el evaporador está situado en el centro del arrolla-
miento de polo de campo de una máquina sincrónica y el condensador
25 está situado axialmente fuera del arrollamiento de polo de campo pa-
ra ser enfriado por aire por una corriente de aire, que fluya a
través del mismo.

Aunque este invento se describe con particularidad en las rei-
vindicaciones adjuntas, un entendimiento más completo del invento
30 puede obtenerse de la siguiente descripción detallada de las varias

411517



ejecuciones específicas de este invento, cuando se toman en
conjunción con los dibujos anexos, en que:

5 La figura 1, es una vista en sección de una máquina di-
namoeléctrica de polo sincronizada, de acuerdo con este inven-
to,

La figura 2, es una vista seccional, practicada a través
del polo de campo del rotor de la máquina sincronizada de la
figura 1, para ilustrar una disposición preferida del evaporador
dentro del arrollamiento de polo de campo,

10 La figura 3, es una vista isométrica del tubo de calor, utili-
zado para refrigerar los arrollamientos de polo de campo de la
máquina ilustrada en la figura 1,

La figura 4, es una vista seccional del polo de campo del
rotor para mostrar una disposición alternativa del evaporador en
15 el arrollamiento del polo de campo y

La figura 5, es una ilustración de una disposición preferida
de los arrollamientos previamente enrollados, adyacentes al
evaporador, que forman los arrollamientos de rotor de una máqui-
na de inducción.

20 En la figura 3, el signo de referencia L significa refrigeran-
te líquido, mientras que el signo de referencia V significa re-
frigerante vaporizado.

Una máquina síncrona -10- refrigerada por un tubo -12- de ca-
lor rotativo, de acuerdo con este invento, se ilustra en la figura
25 1, en que el calor generador dentro del arrollamiento -14- del polo
de campo del motor síncrono se elimina por evaporación de refrige-
rante -16- dentro del evaporador -18-. El refrigerante gaseoso en
tonces fluye a un condensador -20-, situado fuera del arrollamien-
to de polo de campo para volverse a convertir al estado líquido,
30 después de lo cual la fuerza centrífuga, actuante sobre el refrige

411517

12



rante condensado, hace retornar el refrigerante al evaporador para repetir el ciclo térmico. A causa de que el refrigerante es hecho retornar al evaporador por la fuerza centrífuga producida por el funcionamiento del rotor, no se requieren medios bombeadores mecá
5 nicos separados para hacer circular el refrigerante a través del tubo de calor.

El motor síncrono -10- es generalmente de diseño convencional (excepto el sistema refrigerante utilizado aquí para elevar al má-
ximo el rendimiento de la máquina) y generalmente comprende un ro-
10 tor, formado de una pluralidad de laminaciones -22- magnéticas api-
ladas, montadas axilmente sobre el árbol -24-, apoyado dentro de cojinetes -26-, montados en extremos opuestos de la carcasa -28-
del motor. De manera síncrona convencional, las laminaciones mag-
néticas están punzadas para procurar polos -30- de campo (según se
15 ilustra en la figura 2), cuyos polos están enrollados envolviendo un conductor continuo aislado, en una pluralidad de espiras alrede-
dor de las laminaciones apiladas para formar el arrollamiento -14-
de polo de campo. El motor de la máquina síncrona está circunferen-
ciamente encerrado por un estator -34- (ilustrado en la figura 1)
20 teniendo arrollamientos -36-, asegurados dentro de hendiduras, ex-
tendidas axilmente (no ilustradas) en el estator para impulsar el rotor por la interacción del rotor con el campo magnético, produ-
cido durante la energización del estator, con una adecuada fuente de energía de corriente alterna.

25 Durante el enrollamiento del arrollamiento -14- de polo de campo, el evaporador -18- es colocado aproximadamente en el centro del arrollamiento y se retiene en posición por los arrollamientos del polo de campo subsiguientemente enrollados encima del mismo. Para facilitar el enrollamiento de los polos de campo a máquina, el evaporador -18- es separado del condensador durante el enrolla

411517



miento de los polos de campo en una situación a lo largo de los conductos -40- y -42- (interconectando el evaporador y el condensador) de tal modo que sólo extremos rectos, extendidos axilmente de los conductos, sobresalen del arrollamiento completado del polo de campo. Después de haberse enrollado completamente el polo de campo, el evaporador es unido al condensador, por ejemplo, por cualquier técnica de unión mecánica adecuada, tal como soldadura, para formar una unidad refrigerante cerrada. El condensador -20- entonces es asegurado al árbol del rotor por adecuados medios de sujeción, tales como los ilustrados en forma de soportes -44-, que se extienden radialmente desde el condensador al anillo -46- contraidos sobre el árbol -24- del rotor.

Para elevar al máximo la refrigeración del motor, los condensadores para evaporadores, situados en lados opuestos de un solo polo de campo, es decir los evaporadores -18a- y -18b- de la figura 2, preferentemente están situados en extremos axilmente opuestos del rotor dentro del camino de flujo del aire, que se hace pasar a través de las regiones terminales de la carcasa del motor. Sin embargo, se apreciará que las limitaciones de diseño en la longitud axil del motor y/o las razones de economía hacen deseable tener situados todos los condensadores en un extremo axil del motor. Los evaporadores preferentemente también deberían extenderse sustancialmente por toda la longitud del arrollamiento de polo de campo para eliminar calor del mismo.

El motor -10- típicamente puede ser refrigerado por ventiladores -48- extrayendo aire a través de los escudos terminales para impulsar el aire a través del condensador antes de que el aire calentado sea expulsado desde el extremo del motor a través del que había entrado el aire. El aire, expulsado de cavidades terminales, entonces puede ser dirigido a lo largo de la cara exterior axil-

411517



mente del bastidor de estator con aletas para mejorar la transferencia de calor desde el bastidor del estator al aire adyacente. Si se desea, un tubo -62- de calor estacionario de diseño convencional, puede extenderse axialmente a través del estator y puede sobresalir de uno (o ambos) de los extremos axiales del estator dentro de la corriente de flujo de aire para enfriar adicionalmente el estator. Aunque el flujo de aire es ilustrado en la figura 1 como pasando a lo largo del exterior del bastidor del motor cualquier camino de flujo de aire, por ejemplo, flujo de aire axialmente a través del entrehierro o de otros pasos axiales del motor (típicamente impulsados por un ventilador en un solo extremo del motor) también podría usarse para ventilar el motor.

Un evaporador, particularmente preferido para la utilización en este invento, se ilustra en la figura 3, y comprende generalmente un depósito -5- rectangular, estrecho circunferencialmente, alargado radialmente, que se extiende sustancialmente por toda la longitud axial del cuerpo del polo, es decir que el evaporador termina a menos de aproximadamente 2 pulgadas desde cada extremo axial del cuerpo del polo, para permitir el plegado del conductor del polo de campo alrededor. En general, el evaporador puede estar formado de cualquier material térmicamente conductor y con preferencia está formado de acero inoxidable o cobre estampado a la configuración rectangular deseada. Para inhibir la producción de cortocircuito del conductor de polo de campo al evaporador, los bordes -52- del evaporador, alejados de los cuerpos de polo de campo, preferentemente están redondeados, aunque pueden utilizarse bordes rectangulares cuando la presión del conductor contra los bordes es insuficiente para cortar a través del aislamiento sobre el conductor. Una capa delgada, es decir menor de un grosor de 10 milésimas de pulgada, de aislamiento eléctrico -54-, tal como Mylar también puede revestirse en

411517



cima del evaporador, si se desea, para inhibir el cortocircuito del arrollamiento de polo de campo. El evaporador tiene una altura radial H , a por lo menos 50% y preferentemente mayor que 70%, de la altura radial del arrollamiento de polo de campo, para aumentar al máximo el contacto térmico entre ellos, mientras que la anchura W del evaporador debería ser estrecha para elevar al máximo la cantidad de cobre en el arrollamiento de polo de campo. Preferentemente, la relación de altura a anchura del evaporador deberá ser por lo menos de 5 a 1. Aunque la anterior proporción de altura a anchura existe preferentemente en ^{un} solo evaporador, también podría apilarse un grupo de evaporadores para conseguir la deseada gran altura radial y anchura estrecha para una buena transferencia térmica.

El refrigerante utilizado en el evaporador deberá caracterizarse por una temperatura de saturación por encima de la temperatura del aire, que fluye a través de las regiones terminales del motor, para permitir la conversión de refrigerante vaporizado al estado líquido por el paso de aire a través del condensador -20-. Además, el refrigerante también debería evaporarse a una temperatura por debajo de la máxima temperatura de funcionamiento de los arrollamientos del polo de campo a la presión total, producida por la presión de carga inicial de refrigerante y la fuerza centrífuga sobre el refrigerante líquido a la velocidad normal de funcionamiento de la máquina para permitir evaporación del refrigerante en el evaporador -18- por intercambio térmico con los arrollamientos adyacentes. En general, la presión centrífuga sobre el refrigerante líquido producida por la velocidad de la máquina, es una función de la densidad del refrigerante, de la velocidad del rotor y de la distancia del evaporador desde el eje del rotor, mientras que la temperatura del arrollamiento del polo de campo es una función de la pérdida de cobre a una carga dada. Así, si tuviera que incrementar-

411517 12 FEB 1977



se el régimen de un generador síncrono por 50%, la diferencia entre la pérdida de arrollamientos de polo de campo, a la carga de régimen excesivo, y la pérdida de arrollamiento de polo de campo a la carga de régimen, tendría que disiparse por conducción térmica hacia el evaporador -18-. Para un generador de 1.800 revoluciones por minuto, teniendo un evaporador con un nivel de refrigerante medio de aproximadamente 7 pulgadas del árbol del rotor, sería adecuado Freon 21, teniendo una temperatura de saturación de 170° F, como un refrigerante para el generador, en un ambiente de funcionamiento de aproximadamente 132° F. A causa de que se transfiere calor al refrigerante líquido, principalmente por calor de vaporización, el refrigerante debería rellenar una mayoría, y preferentemente por lo menos 70%, de la altura radial del evaporador a la velocidad de régimen de la máquina.

El condensador -20- preferentemente es un serpentín helicoidal, situado dentro de la corriente de aire, producida por el ventilador -48- para condensar el refrigerante condensado en un líquido. Típicamente el condensador puede ser un serpentín de cobre, formado helicoidalmente, teniendo una pluralidad de aletas radiales -56- a lo largo del contorno exterior del serpentín para aumentar al máximo el intercambio térmico entre el refrigerante y la corriente de aire, que se hace pasar sobre la superficie exterior del serpentín. El serpentín del condensador también debería estrecharse radialmente alejándose del árbol, a lo largo de toda la longitud del serpentín para asegurar que el refrigerante líquido condensado fluya radialmente hacia fuera a través del serpentín para retornar al evaporador a través del orificio -58- de admisión del líquido en el extremo exterior radial del evaporador -18-.

Durante el funcionamiento del motor, el refrigerante líquido de alta densidad dentro del evaporador, es forzado por fuerza cen-

411517 12 FEB.



trífuga contra la superficie exterior radial del evaporador (como se ilustra en la figura 3) y el refrigerante fluye a través del conducto -42- dentro del condensador -20- a una altura idéntica. Según se absorbe calor por el evaporador desde el arrollamiento 5 -14- de polo de campo, una porción del refrigerante se vaporiza y tiende a pasar a través del orificio -60- interior radialmente y el conducto -40- hacia el condensador -20-. La corriente de aire frío, que fluye a través del condensador, entonces hace retornar una porción del refrigerante a un estado líquido después de 10 lo cual la fuerza centrífuga mueve el refrigerante líquido, de densidad relativamente más alta, en la dirección radialmente hacia fuera a lo largo del serpentín, para hacer retornar el refrigerante condensado a la región del refrigerante líquido del condensador. Puesto que el nivel del líquido dentro del condensador -20- y del 15 evaporador -18- necesariamente tiene que ser igual, el retorno de refrigerante líquido al nivel de refrigerante líquido en el condensador, produce un incremento en el nivel de líquido del evaporador -18-. El ciclo térmico entero del refrigerante así se completa sin la agitación de una fuerza bombeadora externa al sistema de transferencia de calor. 20

Por el anterior ciclo térmico resultará aparente que los orificios de admisión y salida de refrigerante no necesitan ser colocados en caras radialmente opuestas del evaporador, sino que pueden sobresalir de un solo lado del evaporador a condición de que el 25 orificio de salida de refrigerante desde el evaporador esté situado radialmente hacia dentro respecto a la superficie de refrigerante líquido durante la rotación del rotor, y el orificio de admisión de refrigerante, esté situado radialmente hacia fuera desde la superficie de refrigerante líquido para comunicar con el depósito 30 de refrigerante líquido en el condensador durante la rotación.

411517



En general, los orificios de admisión y escape sobre caras radialmente opuestas del evaporador aumentan al máximo la utilización del evaporador aunque tal diseño incrementa algo la presión mecánica sobre las juntas entre el evaporador y los conductos -40- y -42-.

5 Aunque el evaporador -18- preferentemente esté dispuesto en el centro del arrollamiento del polo de campo de una máquina síncrona, el evaporador también puede ser colocado a lo largo de un borde tendido radialmente del arrollamiento de polo de campo, como se ilustra en la figura 4. La colocación de los evaporadores -18c- y -18d-

10 adyacente a bordes radiales opuestos del arrollamiento de polo de campo, permite el enrollamiento continuo del polo de campo sin la necesidad de interrumpir el enrollamiento para colocar dentro el evaporador. Sin embargo, a no ser que un evaporador se coloque, tanto adyacente al polo de campo, como al contorno exterior del

15 arrollamiento de polo de campo, como se ilustra en la figura 4, el alcance requerido para la transferencia del calor al evaporador, se incrementa significativamente. El ciclo térmico del refrigerante, sin embargo, es idéntico a aquel de la estructura de tubo de calor, mostrada en la figura 1, con refrigerante evaporado en los

20 evaporadores, que se hace pasar a un serpentín condensador para la nueva reconversión a un estado líquido, después de lo cual el refrigerante líquido condensado se hace retornar al evaporador por la fuerza centrífuga actuante sobre refrigerante líquido, de densidad más alta dentro del serpentín.

25 Aunque el evaporador de este invento es particularmente adecuado para la utilización con máquinas síncronas, el evaporador también puede ser utilizado en rotores enrollados con bobinas previamente formadas, colocando el evaporador adyacente a las bobinas formadas previamente, como se ilustra en la figura 5. La altura

30 radial del evaporador -18e- de nuevo es sustancialmente mayor que

411517

12



la anchura del evaporador, para aumentar al máximo la cantidad de los arrollamientos, que puedan colocarse dentro de las hendiduras del rotor. El funcionamiento del sistema refrigerante, sin embargo, de otro modo es idéntico a aquel de las máquinas de polo síncrono, previamente descritas en la solicitud.

N O T A

EN RESUMEN: la presente Patente de Invención que por veinte años se solicita para España, ha de recaer sobre las siguientes reivindicaciones:

10 1ª.- Máquina dinamoeléctrica refrigerada por un tubo de calor rotativo, caracterizada por un rotor, un estator y por lo menos una bobina, formada de un conductor eléctrico enrollado múltiple-
15 evaporador radialmente alargado dispuesto dentro de dicha bobina para girar alrededor del eje de dicho rotor, conteniendo el citado evaporador, refrigerante fluido, vaporizable a una temperatura por debajo de la temperatura máxima de funcionamiento de dicha bobina a la presión total sobre dicho refrigerante en un estado líquido a
20 la velocidad normal de funcionamiento de dicha máquina, para separar calor de dicha bobina por conversión de dicho refrigerante desde un estado líquido a un estado gaseoso, un condensador, situado fuera de dicha bobina dentro de un ambiente, suficientemente frío para convertir refrigerante gaseoso a un estado líquido, medios pa
25 ra interconectar dicho evaporador y dicho condensador, para permitir que refrigerante gaseoso, formado por absorción de calor desde dicha bobina, salga desde un orificio radialmente hacia dentro de dicho evaporador hacia el citado condensador, y medios para hacer retornar refrigerante líquido condensado desde dicho condensador a
30 un orificio radialmente exterior de dicho evaporador por las fuer-

MG

411517



zas centrífugas actuantes sobre dicho refrigerante líquido.

2ª.- Máquina según la reivindicación 1ª, caracterizada porque dicho evaporador tiene una altura radial, que excede del 50% de la altura radial de la bobina, en que está alojado dicho evaporador, siendo la anchura de dicho evaporador, en la dirección de la rotación del rotor, menor del 20% de la altura del evaporador.

3ª.- Máquina según la reivindicación 2ª, caracterizada porque dicha máquina es una máquina síncrona, estando situado un evaporador en cada lado de los polos de campo de la máquina síncrona, y el condensador asociado con el evaporador, en lados opuestos de un polo de campo dado, están situados en extremos axialmente opuestos de la máquina.

4ª.- Máquina según la reivindicación 1ª, caracterizada porque dicho condensador es un serpentín formado de una pluralidad de vueltas helicoidales, teniendo dicho serpentín un estrechamiento radial, alejándose del eje del rotor a lo largo de la longitud del serpentín para mover refrigerante condensado por fuerza centrífuga desde el condensador hacia el orificio de retorno de refrigerante líquido de dicho evaporador.

5ª.- Máquina según la reivindicación 4ª, caracterizada porque dicho condensador está refrigerado por el flujo de aire a través del mismo, entrando dicho aire por el extremo de dicha máquina adyacente al citado condensador y haciéndose salir del mismo extremo de dicha máquina después de enfriar la citada bobina sin paso a través de dicha máquina.

6ª.- Máquina según las reivindicaciones precedentes, caracterizada porque para refrigerar el rotor de la misma se coloca un evaporador sobre dicho rotor en una posición no axial en contacto térmico con una región generadora de calor de dicho rotor, vaporizando una porción de dicho refrigerante al estado gaseoso para pa-

MGE



411517

sar a través de un orificio radialmente interno, a un condensador
 montado sobre dicho rotor, en una posición alejada de dicha región
 generadora de calor, convirtiendo dicho refrigerante gaseoso a un
 estado líquido en dicho condensador rotativo y haciendo retornar el
 5 citado refrigerante líquido por fuerzas centrífugas actuantes sobre
 el mismo desde el condensador a un orificio de admisión de refrige-
 rante radialmente exterior del evaporador.

7ª.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de
 recaer la presente Patente de Invención que por veinte años se so-
 10 licita registrar para España,-----

p o r

"MAQUINA DINAMOELECTRICA REFRIGERADA POR UN TUBO DE CALOR ROTATIVO"

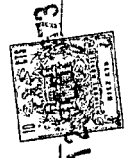
Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descripti-
 va que consta de catorce hojas foliadas y escritas a máquina por
 15 una sola cara y planos que se acompañan.

Madrid, 12 FEB. 1973

P.A.,

mlc

GENERAL ELECTRIC COMPANY
411517
12 FEB 1973
SPAIN



411517

HOJA UNICA

Fig. 1

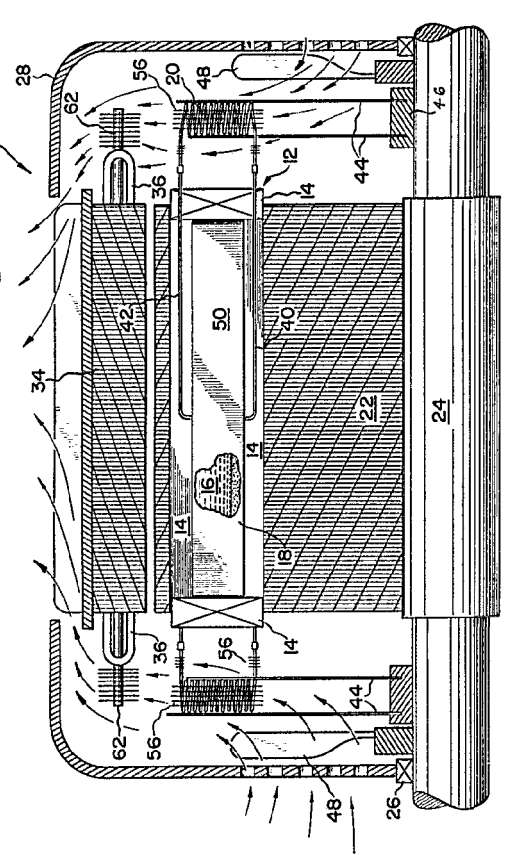


Fig. 2

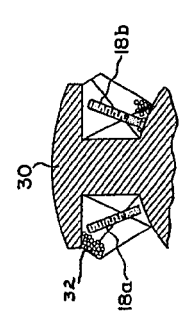


Fig. 4

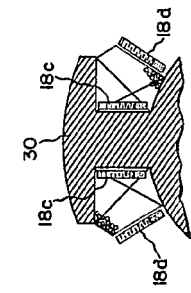


Fig. 5

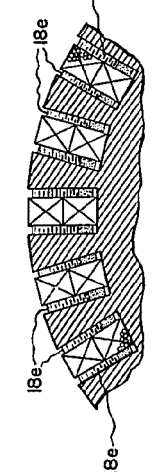
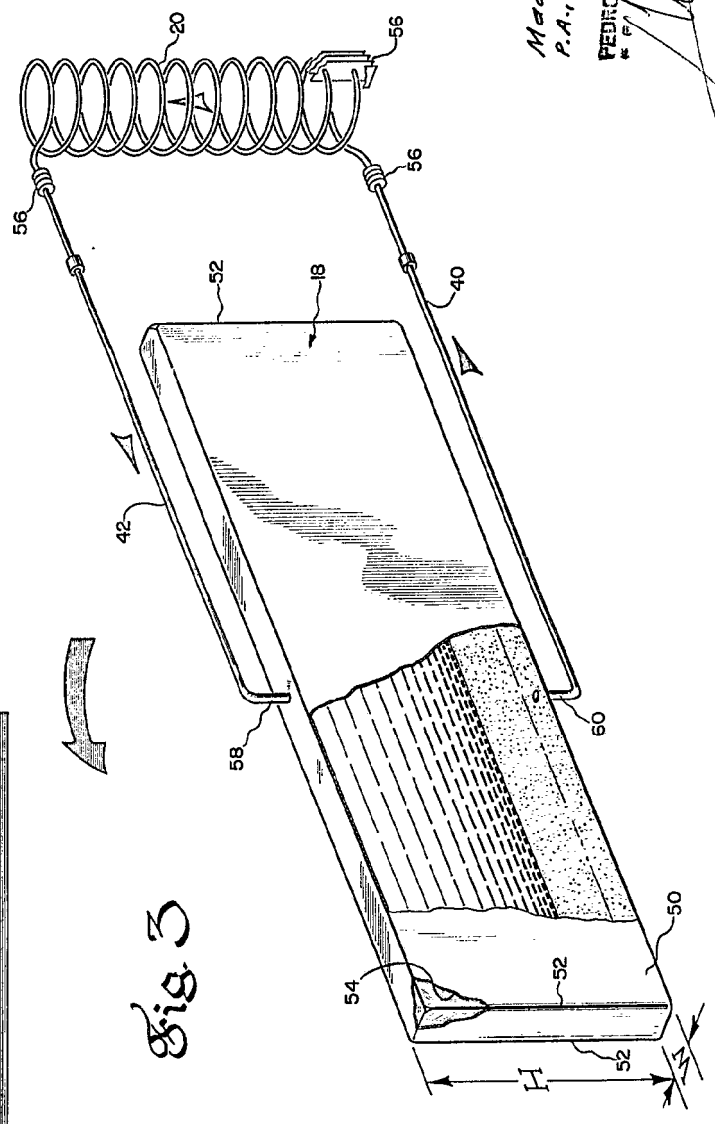


Fig. 3



Madrid, 12 FEB, 1973
P.A.
PEDRO PELLU NABA
F.F.
[Signature]

Escala variable



Fig. 1

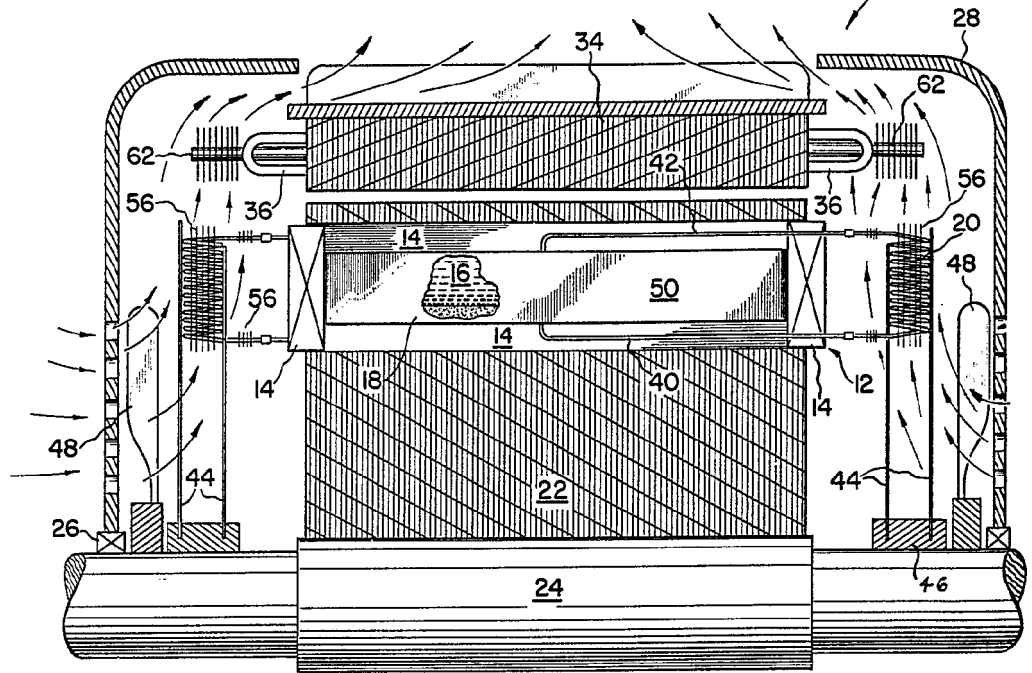
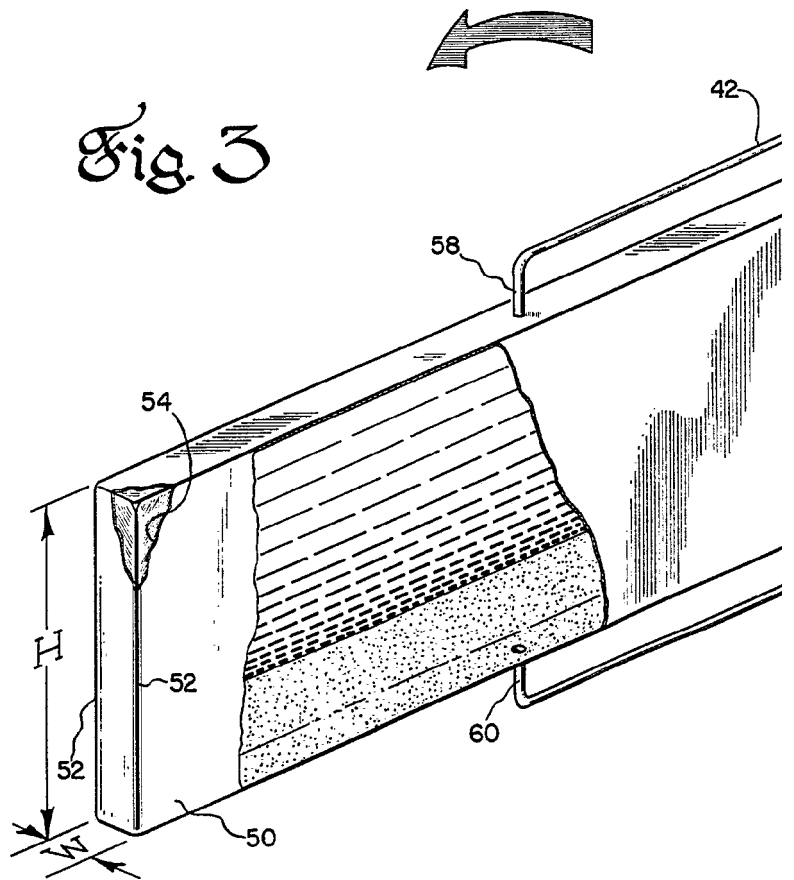
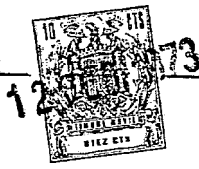


Fig. 3



Escala variable



411517

HOJA UNICA

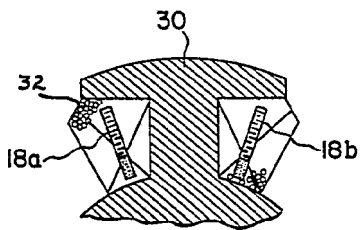
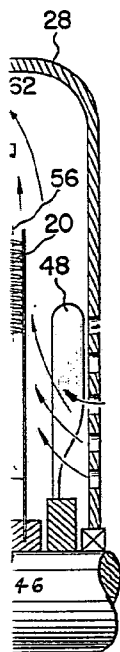


Fig. 2

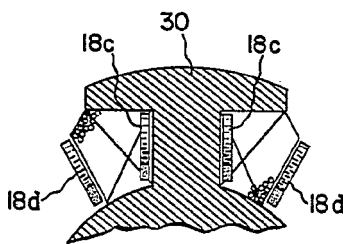


Fig. 4

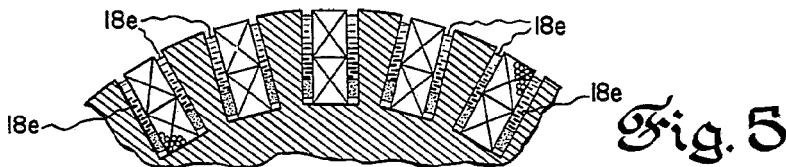
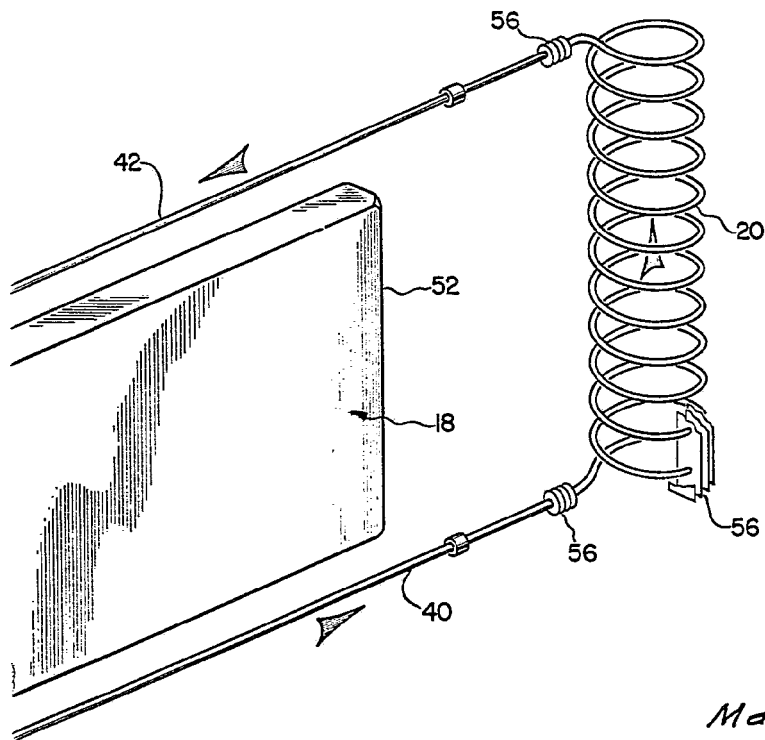


Fig. 5



Madrid, 12 FEB. 1973
P.A.-1

PEDRO FELIU MANA