

415860



F.P. 7-6-75

Inventor: Hork

MEMORIA DESCRIPTIVA

=====

Correspondiente a la solicitud de registro de una Patente de In-
vención que, por veinte años se solicita para España, a favor de
la firma GENERAL ELECTRIC COMPANY, de nacionalidad jurídica estadou
nidense, residente en Schenectady, N.Y. (EE.UU.) - - - - -

p o r

" MAQUINA ELECTRICA ROTATIVA, TENIENDO ROTOR Y ESTATOR REFRIGERA-
DOS POR TUBOS DE CALOR "

=====

El invento aquí descrito se efectuó en el curso de un contra-
to o subcontrato con el Departamento del Ejercito de los Estados
Unidos.

5 El invento pertenece en general a la refrigeración de máquina-
ria eléctrica rotativa y en particular a una máquina eléctrica te
niendo un rotor y un estator, teniendo cada uno, tubos de calor
incorporados en los mismos, conteniendo dichos tubos de calor un
fluido de dos fases para refrigerar dicho rotor y estator.

10 Aunque el invento a continuación se describe e ilustra en las
figuras de los dibujos adjuntos como incorporados en un motor de

415860 193



inducción polifásico teniendo tuberías de calor incorporadas en su rotor y en su estator, debe entenderse que el invento puede ser empleado en máquinas eléctricas rotativas, distintas a aquellas destinadas como motores de inducción. En efecto, el invento está adaptado
5 para el uso en una amplia variedad de aparatos rotativos o de otro modo móviles, de los que deba separarse el calor.

Se han propuesto varios métodos para refrigerar máquinas eléctricas rotativas. Algunos están ampliamente usados. Por ejemplo, en uno de los métodos más convencionales de refrigeración se emplea ai
10 re como refrigerante en un método de convección forzada para refrigerar motores eléctricos. Métodos menos convencionales de refrigeración emplean refrigerantes líquidos, que algunas veces se utilizan en forma de pulverización. Tales métodos de refrigeración no son enteramente satisfactorios para máquinas operadas con densidades mode
15 radas de potencia. Además, tales métodos de refrigeración resultan insatisfactorios para máquinas, que deban hacerse funcionar a densidades de potencia más elevadas que las moderadas. También, con dimensiones crecientes de estator y rotor, tales métodos de refrigeración últimamente resultan insatisfactorios.

20 En el método de convección forzada para la refrigeración de un motor convencional funcionando a una densidad moderada de potencia, se introduce aire en la carcasa del motor y se fuerza por encima del conorno exterior del estator y de los arrollamientos terminales del estator. Diseños más avanzados incluyen caminos de flujo de aire a
25 lo largo del entrehierro entre el rotor y el estator y a través de canales, previstos en el estator. Refrigeración eficaz de aire del estator por el método de refrigeración de convección forzada está expuesto, entre otras, a influencias frustradoras, tales como: la presencia necesaria de material dieléctrico en las hendiduras de es
30 tator; la conductibilidad térmica relativamente baja del estator en

415860



una dirección perpendicular a las laminaciones de hierro individuales, apiladas para formar el estator; la impedancia térmica relativamente alta de los caminos factibles de flujo de calor en el estator; y, la diferencia de temperatura, relativamente grande, existente entre la región de la hendidura de estator y el entrehierro entre el rotor y el estator. Las antes mencionadas influencias se hacen más frustradoras donde las dimensiones del estator y rotor se aumentan o en casos en que un motor particular se hace funcionar a una densidad de energía incrementada.

10 A causa de la necesaria presencia de aislamiento dieléctrico en las hendiduras del estator, la temperatura máxima, a la que puede aumentar la temperatura en la hendidura, tiene que ser limitada al diseñar el estator. De otro modo, ocurrirá derrumbamiento dieléctrico de aislamiento eléctrico.

15 La conductibilidad térmica del hierro del estator en una dirección perpendicular a las laminaciones individuales de hierro en la pila, que forma el estator, es tan baja que la conducción de calor axial a través de las laminaciones de hierro, hacia los terminales de la pila del estator, es despreciable. Otros caminos factibles existen para disipar el calor del estator. Por ejemplo, el calor puede ser disipado en un camino, que se extiende radialmente hacia fuera hasta el contorno exterior del estator. Otro camino se extiende en la dirección opuesta: radialmente hacia dentro hasta los dientes del estator a través del material de aislamiento dieléctrico (el forro de la hendidura) hacia la hendidura del estator y axialmente a lo largo de la hendidura del estator hacia los arrollamientos finales. Aunque factibles, ya que estos caminos son la disipación del calor del estator, resultan no obstante limitados por la alta resistencia de conducción o impedancia de estos caminos de flujo de calor, especialmente cuando

20

25

30

415860



aumentan las dimensiones del estator; por ejemplo, aumentos en el diámetro del estator e incrementos en la longitud de la pila de laminaciones, que forman el estator.

Una restricción en el aumento de temperatura en la hendidura del estator es la diferencia de temperatura del lado del aire. Es to se debe a: (a) la limitada área de superficie en contacto con el flujo de aire, y (b) el aumento de temperatura de conducción (eficacia de las aletas) que se encuentra al intentar incrementar el área de superficie efectiva. Además, con densidades de potencia crecientes y/o con dimensiones crecientes del estator, el problema se hace más agudo. Además, la antes mencionada diferencia de temperatura del lado de aire, se incrementa en esquemas, en que un dispositivo bombeador de aire (por ejemplo, un ventilador) está acoplado al árbol del rotor con el fin de forzar más aire a través del motor. Cuando el motor se hace marchar a baja velocidad ocurre por ello una significativa reducción en el flujo de aire incrementando la antes mencionada diferencia de temperatura del lado del aire.

Quando se emplea aire en un sistema de refrigeración de convección forzada, para refrigerar un rotor de un motor de inducción, por ejemplo, impedancias térmicas relativamente altas son asociadas con los mecanismos de transporte térmicos asociados con tal método refrigerador. Tales mecanismos de transporte térmico son: (1) conducción de calor en las barras conductoras del rotor; y (2) disipación de calor al ambiente circundante de aire. Las resistencias térmicas o impedancias, asociadas con los antes mencionados mecanismos de transporte térmico son bastante formidable, especialmente donde las pérdidas del rotor del motor de inducción se incrementan significativamente durante el funcionamiento "fuera de diseño" como por ejemplo funcionamiento de velocidad

415860



ajustable, empleando control de frecuencia variable con cantos
de estator no sinusoidales. Las pérdidas incrementadas de rotor
que ocurren, producen aumentos de temperatura excesivos en roto
res, que son refrigerados convencionalmente por el método de refri
5 geración de convección forzada.

Con métodos de refrigeración menos convencionales empleando
refrigerantes líquidos, tales métodos son complicados por la com
plejidad del sistema de suministro de líquidos. En tales sistemas
se requieren frecuentemente juntas o empaquetaduras dinámicas o ro
10 tativas y estas juntas introducen problemas adicionales de mante
nimiento y seguridad. Con el fin de evitar el usar empaquetaduras
dinámicas, el refrigerante líquido se introduce frecuentemente en
el rotor en forma de una pulverización líquida. Sin embargo, esto
tiene la desventaja de incrementar la fricción y las pérdidas de
15 arrollamiento. Además, se presentan problemas adicionales a causa
de que tiene que contenerse el líquido libre en la carcasa del mo
tor.

Un objeto del invento es procurar una máquina eléctrica ro
tativa que es refrigerada con ayuda de un refrigerante fluido de
20 dos fases.

De acuerdo con el invento, se procura una máquina eléctrica
rotativa, comprendiendo un estator y un rotor, teniendo cada uno
por lo menos un tubo de calor, en que está contenido un refrige
rante fluido de dos fases. Cada tubo de calor incluye una primera
25 sección del mismo, que está en contacto o está próxima a una por
ción productora de calor de la máquina y una segunda sección, que
está alejada de la máquina pero en comunicación con la primera
sección. Vaporización del fluido ocurre en dicha primera sección
y una condensación del fluido vaporizado ocurre en la segunda sec
30 ción.

415860



Otros objetos y características, así como las ventajas principales del invento aparecerán a continuación donde el invento se describe por medio de sus ejemplos ilustrativos y con referencia a las figuras de los dibujos adjuntos.

5 La figura 1, es una vista esquemática de una ejecución del invento; es decir de un motor de inducción, cuyos detalles y varias modificaciones se ilustran en las figuras 2 a 17 inclusive, que aparecerán a continuación.

10 La figura 2, es una vista transversal del motor de inducción mostrando su estator y rotor con tubos de calor colocados en hendiduras en el estator y en el rotor.

15 La figura 3, es una sección transversal del tamaño reducido tomada a lo largo de la sección 3-3 en la figura 2 y mostrando una vista en sección transversal longitudinal (vista axil) a lo largo del eje central del motor de inducción.

La figura 4, es una vista fragmentaria de una de las hendiduras del estator, teniendo dentro un tubo de calor y mostrando una forma alternativa de sección transversal (elíptica) que puede tener el tubo de calor.

20 La figura 5, es otra vista fragmentaria de una de las hendiduras del estator teniendo dentro un tubo de calor y mostrando otra forma alternativa de sección transversal (rectangular) que puede tener el tubo de calor.

25 La figura 6, es una vista, desarrollada horizontalmente mostrando esquemáticamente la hendidura y los dientes adyacentes del estator del motor de inducción de las figuras 2 y 3; estando situados los tubos de calor en los centros de las hendiduras del estator con arrollamientos conductores eléctricos separados, situados en las cimas y en los fondos de las hendiduras de estator
30 estando situados los tubos de calor entre dichos arrollamientos

415860



separados.

La figura 7, es otra vista desarrollada horizontalmente, mostrando las hendiduras y dientes adyacentes del estator del motor de inducción de las figuras 2 y 3; estando ilustradas las vueltas finales de los arrollamientos eléctricos conductores, como saliendo desde los fondos de las hendiduras del estator por debajo de tubos de calor, situados en dichas hendiduras.

La figura 8, es una vista terminal tomada a lo largo de la sección 8-8 en la figura 7.

La figura 9, es otra vista desarrollada horizontalmente, mostrando esquemáticamente las hendiduras y dientes adyacentes del estator del motor de inducción de las figuras 2 y 3; mostrándose las vueltas finales de los arrollamientos conductores eléctricos, como saliendo de las cimas de las hendiduras del estator por encima de tubos de calor, situados en cada hendidura de estator.

La figura 10, es una vista final tomada a lo largo de la línea de sección 10-10 en la figura 9.

La figura 11, es una vista fragmentaria de una vista terminal de algunos de los tubos de calor, situados en las hendiduras de estator y mostrando la clase de aislamiento eléctrico, bien sea por separación o por inclusión de material dieléctrico, que requiere la estructura de aletas refrigeradoras en situaciones, en que cada tubo de calor se extiende axialmente más allá de ambos extremos de la pila de las laminaciones del estator; impidiendo la construcción ilustrada, caminos continuos de conducción eléctrica para corrientes eléctricas que, de otro modo, fluirían debido a voltajes inducidos, ocasionados por el campo magnético cambiante en la región de los tubos de calor del estator.

La figura 12, es otra vista fragmentaria, mostrando una vista terminal de algunos de los tubos de calor, situados en hendidura

415860



5 ras de estator e ilustrando una estructura de aletas refrigerantes anulares, que puede usarse con dichos tubos de calor donde, como en la figura 3, el extremo de condensación de dichos tubos de calor se extiende desde un extremo solamente de la pila de laminaciones de estator; interconectando la construcción de aletas refrigerantes anulares, mostrada en la figura 12, los tubos de calor de estator sin el peligro de formar ningún cortocircuito en los caminos eléctricos, que entrelazan con el flujo magnético en el motor de inducción.

10 La figura 13, es una vista en sección transversal, tomada a lo largo de la línea de sección 13-13 en la figura 12.

15 La figura 14, es una sección transversal diagramática longitudinal o axil de un tubo de calor de estator, incluyendo en el mismo una mecha para promover el retorno de condensado de la fase líquida de refrigerante fluido de dos fases, contenido en dicho tubo de calor por medio de una acción capilar.

20 La figura 15, es otra sección transversal esquemática, longitudinal o axil de un tubo de calor de rotor, teniendo confinado en el mismo un refrigerante fluido de dos fases, no proveyéndose ninguna mecha en los tubos de calor empleados en el rotor.

En las figuras 14 y 15 significan: A sección de evaporador y B sección de condensador.

25 La figura 16, es una vista en sección transversal, tomada a lo largo de la línea de sección 16-16 en la figura 15, mostrando la posición del refrigerante líquido en la sección del condensador del tubo de calor cuando dicho rotor está girando y dicho tubo de calor está situado momentáneamente durante dicha rotación en la orientación más superior en el motor de inducción con el condensado también situado en la superficie de pared más superior del tubo de calor, debido a fuerzas centrífugas o fuerzas "g".

30

415860



La figura 17, es otra vista en sección transversal, tomada a lo largo de la línea de sección 17-17 en la figura 15 mostrando la posición del refrigerante líquido en la sección de condensador del tubo de calor del rotor, cuando dicho rotor está girando y dicho tubo de calor está situado momentáneamente en la orientación más baja del motor de inducción con el condensado también situado en la superficie de pared más inferior del tubo de calor, debido a fuerzas centrífugas o fuerzas "g".

La figura 18, es una vista diagramática mostrando una ejecución alternativa del invento, es decir un motor de inducción con tubos de calor situados en su estator y rotor extendiéndose desde extremos opuestos de la pila de laminaciones.

La figura 19, es otra vista diagramática de todavía otra ejecución del invento; es decir, otro motor de inducción con tubos de calor situados en el rotor y estator extendiéndose sólo desde un extremo de la pila de laminaciones, que forman dicho rotor y dicho estator.

La figura 20, es una sección transversal longitudinal o axil de un motor de inducción de acuerdo con la ejecución de la figura 19.

Una primera ejecución del invento está ilustrada diagramáticamente en la figura 1, en que un motor de inducción, designado generalmente por el número de referencia -30-, se ilustra. Detalles específicos de construcción del motor -30-, así como algunas modificaciones de los citados detalles, se ilustran en las figuras 2 a 10 y en las figuras 12 a 17. El motor de inducción -30- que está representado diagramáticamente en la figura 1, es un motor de inducción trifásico, teniendo un estator -32- y un rotor -34-. Un árbol -36- está enchavetado o fijado rígidamente de otro modo al rotor -34-. El árbol -36- está ilustrado en la figura 1 como exten

415860



diéndose axialmente desde extremos opuestos del rotor -34-. Sin embargo, el árbol -36- puede ser dispuesto para extenderse desde solamente un extremo del rotor -34-, si se desea. El estator -32- tiene un número de tubos de calor, tales como los tubos de calor
5 SP1 y SP14 incluidos en el mismo. Análogamente, el rotor -34- tiene un número de tubos de calor, tales como los tubos de calor RP1 y RP11, incluidos en el mismo. Como se ha indicado en la figura 1, cada tubo de calor del rotor análogamente a los tubos de calor RP1 y RP11 se extiende axialmente en direcciones opuestas más allá de
10 ambos extremos del rotor -34-. Sin embargo, la disposición de los tubos de calor del estator es diferente. Como se indica en la figura 1, algunos tubos de calor del estator, análogamente al tubo de calor SP1, se extienden axialmente más allá del estator -32- (y rotor -34-) desde solamente un extremo del motor mientras que
15 otros tubos de calor, a semejanza de los tubos de calor SP14, se extienden axialmente más allá del estator y del rotor desde un extremo opuesto del motor.

Los tubos de calor son dispositivos conocidos para efectuar la transferencia de calor por vaporización de un líquido contenido
20 dentro de una cámara cerrada o tubo, por la aplicación de calor a una sección de vaporización o evaporador de la cámara o tubo. El vapor, así generado, se mueve hacia una sección de condensación de la cámara o tubo, que puede ser una sección de superficie condensadora, donde se condensa el vapor, y el condensado retorna a la
25 sección evaporadora para ser vaporizado de nuevo y así repite el ciclo de transferencia de calor. Frecuentemente se usa una mecha para hacer retornar el condensado a la sección de vaporización o sección evaporadora del tubo de calor por medio de acción capilar.

Los tubos de calor y su funcionamiento se describen, entre otras
30 fuentes, en la revista Scientific American, número de mayo de 1968

415860



comenzando en la página 38. Los tubos de calor, tales como RP1 y RP11, mostrados en la figura 1, empleados en el rotor -34- del motor de inducción -30-, no emplean una mecha para hacer retornar el condensado por medio de acción capilar. La rotación del rotor -34- y consiguiente fuerza centrífuga actúan para promover el retorno del condensado, entre otras cosas, en los tubos de calor del rotor, empleados en el presente invento. Los tubos de calor, empleados en el estator, de acuerdo con el presente invento, se discutirán a continuación con referencia a la figura 14. Los tubos de calor empleados en el rotor, de acuerdo con el presente invento, se discutirán a continuación haciendo referencia a las figuras 15, 16 y 17.

Como se ha indicado en las figuras 2 y 3, el estator -32- del motor -30- consiste en una pila de adecuadas laminaciones de acero eléctrico -32a-...-32a-, cada una de las cuales ha sido punzada para formar un número de hendiduras -32b-...-32b- y dientes -32c-...-32c- separando las hendiduras -32b-. Las hendiduras -32b- y dientes vecinos -32c- están espaciados a intervalos regulares alrededor de su contorno interno, o lado de entrehierro del estator -32-. Aunque cada hendidura -32b- y cada diente -32c- tiene el tamaño y la configuración geométrica mostrada en la figura 2, debe entenderse que pueden emplearse diferentes tamaños de hendidura y configuraciones, así como diferentes tamaños y configuraciones de dientes.

Como queda indicado en las figuras 2 y 3, el rotor -34- del motor -30- se compone de una pila de adecuadas laminaciones de acero eléctrico -34a-...-34a-, cada una de las cuales es de forma generalmente anular, similar a las laminaciones de estator -32a-...-32a-. Las laminaciones del rotor -34a-...-34a- forman una pila, definiendo el rotor -34-, que está enclavado o asegurado de otro modo a un árbol -36- que, como se muestra en la figura 3, se extiende axialmente desde extremos opuestos del rotor -34-. Cada laminación de rotor

415860



5 -34a- está estampada para formar en la misma un número de hendiduras -34b-...-34b-, que están espaciadas a intervalos regulares alrededor del contorno exterior o lado del entrehierro del rotor -34-. Aunque cada hendidura -34b- del rotor tiene la configuración geométrica mostrada en la figura 2, debe entenderse que pueden emplearse diferentes tamaños y configuraciones de hendidura.

10 El estator -32- del motor de inducción -30- tiene 24 hendiduras -32a- y el rotor -34- tiene 20 hendiduras -34a-. Los números antes mencionados de hendiduras formadas en el estator -32- y en el rotor -34-, para el ejemplo específico, ilustrado en las figuras 1, 2 y 3, deben considerarse como ilustrativos y no limitativos. Más o menos que el número indicado de hendiduras de rotor y de hendiduras de estator puede emplearse, dependiendo de la especificación del diseño.

15 Como se ilustra en las figuras 2 y 3, cada una de las 24 hendiduras de estator -32b- tiene un tubo de calor individual, situado en la misma; los tubos de calor están señalados por las referencias SP1...SP24. También, cada una de las 20 hendiduras -34b- del rotor tiene situado en la misma un tubo de calor individual; los tubos de calor en las hendiduras de rotor están señaladas por las referencias EP1...RP20. Los tubos de calor del estator SP1, 20 SP3, SP5, SP7, SP9, SP11, SP13, SP15, SP17, SP19, SP21 y SP23 se extienden desde solamente un extremo del estator -32-; es decir, el extremo derecho en la orientación mostrada en la figura 3. Similarmente, los tubos de calor del estator, que llevan las referencias de número par (por ejemplo, SP2, SP4...SP24) se extienden 25 desde solamente el extremo opuesto del estator -32-; es decir, desde el extremo izquierdo en la orientación mostrada en la figura 3. Así, en hendiduras de estator vecinas -32b-, los tubos de calor se extienden axialmente a través y más allá de las hendiduras; pero se extienden más allá de las hendiduras en diferen- 30

415860



tes direcciones, desde extremos opuestos del estator -32-. Como se discute con mayor detalle a continuación, cada tubo de calor incluye una sección extendida axialmente, designada como sección de vaporización o evaporización y una sección adyacente extendida axialmente, designada como sección condensadora. La sección de vaporización, que recibe desde el aparato, que debe ser refrigerado, hace que la fase líquida de un refrigerante fluido de dos fases, se vaporice o evapore dentro del tubo de calor. El vapor calentado sometido a presión de vapor relativamente más alta, se traslada al área de presión inferior o sección condensadora del tubo de calor, donde el vapor se condensa formando condensado. La sección condensadora del tubo de calor en efecto es un condensador de superficie refrigerada con aire, funcionando para rechazar calor al aire ambiente. Así, aquella porción de cada tubo de calor, que está situada axialmente dentro de una hendidura de estator -32b-, puede considerarse como sección de vaporización o sección evaporadora del tubo de calor y aquella porción de cada tubo de calor, que se extiende axialmente desde la hendidura más allá del extremo del estator a una situación alejada, puede considerarse estando en la sección condensadora. Las mismas designaciones de sección de vaporización o evaporación y sección condensadora pueden aplicarse a cada tubo de calor del rotor. Además, de acuerdo con la ejecución del invento, ilustrada en las figuras 1, 2 y 3, cada tubo de calor del rotor se extiende axialmente más allá del rotor -34- desde sus dos extremos opuestos. Por consiguiente, cada tubo de calor de rotor tiene dos secciones de condensador y una sección de vaporización o sección evaporadora, situada entre las dos secciones condensadoras.

Como se ilustra en la figura 2, cada tubo de calor de estator SP1...SP24 está situado en su hendidura respectiva -32b- de

415860



tal modo que se encuentre aproximadamente en el centro de la hendidura. También alojados en cada hendidura de estator -24-, junto con un tubo de calor, están conductores eléctricos, que forman parte del arrollamiento eléctrico del estator. Para fines de claridad, los conductores eléctricos, que forman parte de los arrollamientos eléctricos del estator, no están ilustrados en la figura 2 como estando dentro de sus respectivas hendiduras -32b-. Sin embargo, en las figuras 3 y 6 hasta 10, los conductores eléctricos que forman el arrollamiento eléctrico del estator están ilustrados. Los conductores que forman el arrollamiento eléctrico del estator están designados generalmente en las figuras 3 y 6-10 por el número de referencia -38-. El arrollamiento -38- eléctrico de estator se compone de tres grupos de conductores -38a-, -38b- y -38c-, que forman un arrollamiento -38- eléctrico de tres fases. Como se ilustra en la figura 6, en una vista terminal fragmentaria, horizontalmente desarrollada, diagramática, del estator -32-, cada grupo de conductores -38a-, -38b- y -38c- se divide en dos mitades. Una mitad de cada grupo de conductores está situada en el fondo de cada hendidura -32b-, mientras que otra mitad de un grupo de conductores está situada en la parte superior o lado del entrehierro de la hendidura -32b-. Cada tubo de calor de estator está situado en el centro de una individual de las hendiduras de estator -32b- y está situado entre dos mitades de grupos de conductores ocupando dicha hendidura. Situando los tubos de calor de estator SP1...SP24 en hendiduras individuales entre mitades de grupos de conductores eléctricos, como se indica en la figura 6, los caminos de flujo de calor desde los conductores eléctricos a los tubos de calor del estator se reducen significativamente. Las figuras 6 a 10 ilustran el esquema empleado de arrollamiento eléctrico.

30 En muchos motores eléctricos convencionales el camino de flu

415860

10 55



jo de calor primario saliendo de las hendiduras del estator, está en una dirección axialmente a lo largo de las hendiduras del estator y axialmente a lo largo de los conductores de cobre en la misma hacia las vueltas finales de los arrollamientos eléctricos, si
5 tuados más allá del estator en un medio circundante de aire ambiente. Así, la alta conductibilidad térmica de los conductores de cobre se usa como ventaja en tales caminos de flujo de calor. En el presente invento, sin embargo los caminos de flujo de calor en las hendiduras de estator están en una dirección transversal a
10 los conductores eléctricos en la misma perpendicular a la dirección del flujo de corriente en los conductores individuales. La conductibilidad térmica en tal dirección es ampliamente una función de la conductibilidad térmica del medio no metálico que rodea los conductores de cobre. De acuerdo con el presente invento
15 la conductibilidad térmica en la dirección antes mencionada de flujo de calor se hace tan alta como sea posible, utilizando un compuesto implantador comercialmente disponible comprendiendo una resina epoxi rellena con partículas sólidas no metálicas de con
20 ductibilidad térmica moderada. Este compuesto implantador es empleado para "arrollarén húmedo" los conductores eléctricos en las hendiduras del estator. Uno de tales compuestos implantadores, en
tre otros, que pueden usarse para el fin antes mencionado, se designa como Stycast 2 762; siendo el nombre de Stycast una marca pa
ra el compuesto de implantación, que está disponible en Emerson and
25 Duming, Incorporated. El antes mencionado compuesto de implantación impregna los conductores eléctricos y conecta térmicamente, pero aísla eléctricamente los tubos de calor respecto a los conduc
tores. Cada uno de los conductores está aislado eléctricamente con aislamiento HML. HML está registrado como marca de E.I. Dupont de
30 Nemours and Company, Incorporated. Debe entenderse que puede em-

415860



5 plearse un aislamiento distinto al que acaba de mencionarse para
aislar eléctricamente los conductores eléctricos, que forman los
arrollamientos del estator. Además, a los fines de aislar eléctri-
camente los conductores eléctricos en las hendiduras de estator
10 respecto a las laminaciones de acero que forman el estator -32-,
está colocado un forro dieléctrico de hendidura (no ilustrado) en
cada una de las hendiduras de estator -32b- y está en contacto di-
recto con la superficie de pared de las hendiduras de pared del es-
tator, formando por ello una capa o forro de material aislante
15 eléctrico en la misma. Uno de estos materiales de forro de hendi-
dura, entre otros, que puede usarse, se designa por la marca de
comercio Kapton, que es una marca registrada de la casa E.I. DuPont
de Nemours Company, Incorporated.

Mostradas en las figuras 4 y 5 se encuentran otras configura-
15 ciones de sección transversal alternativas, que pueden tener los
tubos de calor del estator. En la figura 4, el tubo de calor si-
tuado dentro de la hendidura -32b- del estator, tiene una configu-
ración elíptica, como se ilustra. En la figura 5 el tubo de calor
de estator, situado en la hendidura -32b-, tiene una sección trans-
20 versal más o menos rectangular o cuadrada, como se ilustra. El tu-
bo de calor elíptico en la figura 4 está designado con la referen-
cia SP14a; el tubo de calor, teniendo la sección transversal rec-
tangular en la figura 5, se designa por la referencia SP14b. En ge-
25 neral, la configuración de sección transversal de los tubos de ca-
lor del estator puede ser de cualquier forma hueca, que pueda fa-
bricarse y de un material, que puede cerrarse herméticamente y al
que pueda conectarse una estructura de aletas refrigerantes, que
se discutirá posteriormente. Puede emplearse tubería de cobre. El
cobre tiene una conductibilidad térmica relativamente alta.

30 Como se ilustra en las figuras 1, 3, 12 y 13, una cantidad de

415860



aletas refrigeradoras -40- están conectadas a la sección condensadora de los tubos de calor del estator. Los tubos de calor del estator, dispuestos como se ilustra en las figuras 1 y 3, se extienden más allá del estator -32- en solo una dirección extendiéndose los tubos de calor vecinos en direcciones opuestas desde el estator -32- como se ha discutido anteriormente. Con la disposición mostrada, los tubos de calor de cada extremo del estator, pueden ser conectados con aletas anulares -40-, como se ilustra en la figura 12 sin el peligro de producir ninguna clase de lazos eléctricos de cortocircuito que producirían caminos de flujo de corriente indeseados, interenlazando con el flujo magnético del estator.

Similarmente, como se ilustra en las figuras 1 y 3, una cantidad de aletas -42- refrigeradoras de cobre anulares están conectadas a los tubos de calor del rotor en cada una de sus secciones condensadoras sobresaliente, en lados opuestos del rotor -34-. Cada una de las aletas refrigeradoras de tubo de calor del rotor, es un miembro de cobre anular, similar a la aleta -40- refrigeradora anular, cuya vista fragmentaria se ilustra en la figura 12.

Los tubos de calor del rotor RP1...RP20, que se extienden axialmente más allá de ambos extremos del rotor -34- también transportan corriente de rotor de acuerdo con este invento. Por lo tanto, los tubos de calor del rotor están hechos de un material, que tiene buena conductibilidad eléctrica, así como buena conductibilidad térmica. El cobre, entre otros materiales, es un material adecuado. Anillos terminales anulares -44- y -46-, mostrados en la figura 3, están situados en extremos opuestos del rotor -34-. Anillos terminales -44- y -46- están hechos de material eléctricamente conductor, tal como cobre, aluminio, etc. Cada uno de los anillos terminales -44- y -46-, tienen una pluralidad de aberturas a través de los mismos, estando las aberturas espaciadas regularmente

415860



te y dispuestas en un dibujo circular. Cada tubo de calor del rotor, RP1...RP20 está situado, respecto al par de anillos terminales -44- y -46-, en extremos opuestos del rotor -34-, pasando cada tubo de calor del rotor a través de un par alineado de aberturas en los respectivos anillos terminales -44- y -46-, según se ha sugerido en la figura 3. Anillos terminales -44- y -46- interconectan eléctricamente los tubos de calor del rotor y así sirven al mismo propósito que los anillos terminales del rotor sirven en el rotor de un motor convencional de inducción; es decir, los anillos terminales interconectan eléctricamente las barras conductoras del rotor en extremos opuestos del rotor.

La figura 14 es una ilustración diagramática mostrando un tubo de calor de estator representativo SP1, empleado en el motor de inducción -3-, mostrado en la figura 3. Como se ha indicado, el tubo de calor SP1 se compone de un tubo de cobre -48- relativamente largo, cuya superficie de pared interna está forrada con una estructura capilar o mecha -50-. El tubo de calor contiene un refrigerante fluido de dos fases. La figura 5 es una ilustración diagramática mostrando un tubo de calor RP11 de rotor representativo, usado en el rotor del motor de inducción -30- mostrado en la figura 3. Como se ha ilustrado el tubo de calor RP11 en la figura 15, se compone de un tubo de cobre alargado -48-. Sin embargo, puesto que el tubo de calor RP11 es empleado en un rotor móvil -34- la estructura capilar o mecha no se necesita. El tubo -48- formando el tubo de calor RP11 también contiene un refrigerante fluido de dos fases. En las figuras 14 y 15 las secciones de evaporador y condensador de los tubos de calor SP1 y RP11 están señalados.

El mecanismo refrigerante de estator es el siguiente: calor generado en los arrollamientos del estator y laminaciones del estator se conducen radialmente hacia los tubos de calor de estator,

415860



que están situados en las hendiduras del estator. El tubo de calor entonces transfiere calor a un alojamiento externo alejado del estator. En este alojamiento externo un cambiador de aire con aletas, conectado a las secciones condensadoras de los tubos de calor del estator, disipa el calor al aire ambiente. Así, un camino representativo de flujo de calor de acuerdo con el invento, es: (1) conduc
5 ción radial dentro del tubo de calor, (2) transporte axial de calor en el tubo de calor y (3) convección al aire ambiente a través de un cambiador de calor con aletas comprendiendo la sección condensa
10 dora de cada tubo de calor del estator, teniendo aletas refrigeradoras conectadas al mismo.

Similarmente, en el rotor se genera calor en las paredes laterales de cada uno de los tubos de calor del rotor (los tubos de calor del rotor también sirven como conductores eléctricos. Así, de acuerdo con el invento, un camino representativo de flujo de
15 calor en el rotor es como sigue: (1) calor fluye radialmente a través del tubo de calor del rotor (conductor eléctrico), (2) entonces, axialmente a lo largo del tubo de calor del rotor y (3) finalmente, radialmente a través del tubo de calor del rotor en la sección o las secciones de condensador del mismo hacia la corriente
20 de aire a través del cambiador de calor con aletas comprendiendo las secciones condensadoras del tubo de calor del rotor, teniendo conectada al mismo la estructura de aletas refrigeradoras. Se genera movimiento del aire por rotación de los tubos de calor del rotor con aletas, cuando gira el rotor.
25

Puesto que se establece una fuerza centrífuga relativamente alta en los tubos de calor del rotor, como resultado de la rotación del rotor, no se requieren estructuras de mecha en los tubos de calor del rotor, como se ha indicado en la figura 15. En funcionamiento rotativo, el refrigerante fluido de dos fases rellena una
30

415860



mitad exterior de los tubos de calor del rotor, debido a la elevada fuerza centrífuga. (Véanse figuras 16 y 17). Como se genera calor en la pared del tubo de calor, se evapora líquido, teniendo a reducir el nivel de líquido en la sección del evaporador. Vapor fluye hacia la sección condensadora o hacia las secciones condensadoras donde se condensa sobre la mitad que queda vacía de la superficie de pared interna del tubo de calor. Así, las gotitas de condensado son forzadas hacia la sección exterior del tubo de calor, incrementando así en el mismo el nivel de líquido. Con un campo "g" alto, una diferencia en la altura de líquido no puede existir a lo largo del tubo -48- y el líquido se hará retornar a la sección evaporadora para completar el ciclo.

En las figuras 16 y 17 dos tubos de calor de rotor RP1 y RP11 son mostrados en sección transversal. Estas vistas de sección transversal corresponden a la orientación mostrada en la figura 2. El tubo de calor RP1 del rotor, en un instante particular de la rotación del rotor está en la posición mostrada en la figura 2, mientras que el tubo de calor del rotor RP11 está en una posición diametralmente opuesta en el mismo instante. Los niveles de las fases de líquido del refrigerante están indicados en las figuras 16 y 17 por la designación L.

El motor de inducción mostrado en la figura 3 también se compone de: un yugo -52-; un par de miembros -54- cilíndricos con aberturas, dispuestos axialmente en extremos opuestos del yugo -52- y teniendo una pluralidad de pasos de flujo de aire -56-...-56 a través de los mismos; un par de placas terminales -58-, incluyendo estructuras de apoyo -60- para el árbol -36- de dos extremos del rotor -34-. También incluidas, al fin de reforzar rígidamente la disposición de tubos de calor del rotor, se encuentra un par de placas terminales -62-, que incluyen los pasos de aire -64-, según se ha

415860



5 indicado. Las placas terminales -62- están sujetas a los extremos de los tubos de calor del rotor como se ilustra en la figura 3, de modo que la disposición de tubos de calor del rotor se convierte en una estructura más rígida, capaz de resistir a las fuerzas dinámicas de la rotación del rotor.

10 La figura 18 muestra otra ejecución de un motor de inducción -30A- de acuerdo con el invento. El motor -30A- tiene la misma clase de rotor -34- y disposición de tubo de calor RP1...RP20 como se ilustra en la figura 1 para el motor de inducción -30-. Es decir, los tubos de calor del rotor se extienden desde dos extremos opuestos del rotor -34-. Sin embargo, el motor -30A- emplea un estator modificado -32X- teniendo el mismo número de hendiduras que el estator -32- (figura 1). Sin embargo, el estator -32X- tiene 15 24 tubos de calor alojados en sus 24 hendiduras; los tubos de calor de dicho estator están designados generalmente por los números de referencia SP1X...SP24X. En la figura 18 se ilustran dos de estos tubos de calor SP1X y SP14X. Estos tubos de calor de estator, como se ha indicado, son relativamente largos y se extienden desde 20 de ambos extremos opuestos del estator -32X-. Así, los tubos de calor del estator SP1X...SP24X tienen secciones de vaporización intermediarias, situadas entre dos secciones de condensación, similares al tubo de calor mostrado en la figura 15, excepto que los tubos de calor de estator, empleados en el motor -30A- de la figura 18, incluyen mechas, tales como las mechas -50-. Como se ilustra 25 en la figura 18, las secciones de condensador de los tubos de calor del estator y aquellos de los tubos de calor del rotor, están situados paralelos entre sí, en extremos opuestos de las pilas de estator y rotor. Las aletas refrigeradoras -42- sobre las secciones condensadoras de los tubos de calor de rotor, funcionan durante 30 te la rotación del rotor para actuar como un ventilador y así mue

415860



ve aire ambiente por encima de las secciones condensadoras, tanto de los tubos de calor del rotor, como del estator. Las secciones condensadoras de dobles extremos sobre los tubos de calor de estator SP1X...SP24X incluyen una pluralidad de aletas -66- refrigeradoras anulares, ilustrándose en el detalle de cada aleta refrigeradora -66- en la figura 11. En la figura 11, se ilustra una vista fragmentaria de una aleta -66- refrigerante generalmente anular. Sin embargo, cada aleta refrigerante -66- se compone de una pluralidad de segmentos -66a- de chapa de cobre o semejantes, que están dieléctricamente separados entre sí por un segmento menor -66b-, situado entre segmentos adyacentes -66a-. Puesto que los tubos de calor de estator se extienden más allá de la fila de estator en ambos extremos del estator, tiene que procurarse protección dieléctrica para impedir que fluyan corrientes circulantes entre los tubos de calor del estator. Esto se requiere, porque los tubos de calor de estator están en una región de flujo magnético relativamente alto y no deben establecerse cortocircuitos entre tubos de calor adyacentes.

Otra ejecución del invento se ilustra en la figura 19, donde está ilustrado otro motor de inducción -30B-. El motor -30B- incluye un rotor -34Y-, situado para rotación dentro de un estator -32Y-. El estator -32Y- tiene el mismo número de hendiduras de estator que en el estator del motor de inducción -30-, y el rotor -34Y- tiene el mismo número de hendiduras de rotor que en el rotor del motor de inducción -30-. En la ejecución mostrada en la figura 19, el estator -32Y- tiene incluidos en las hendiduras del mismo una pluralidad de tubos de calor de estator designados con SP1Y...SP24Y y el rotor -34Y- tiene una pluralidad de tubos de calor, situados en sus hendiduras. Los tubos de calor del rotor están designados por los números de referencia RP1Y...RP20Y. Como se ilustra, las seccio

415860



nes condensadoras, tanto de los tubos de calor del estator, como del rotor, sobresalen solamente desde un extremo, el mismo extremo de las pilas de laminaciones, que forman el rotor -32Y- y el estator -34Y-. Las secciones de condensador de cada tubo de calor de rotor, están provistas de una cantidad de aletas refrigeradoras -42-, mien-
5 tras que las secciones de condensador de cada tubo de calor de esta-
tor están provistas de una pluralidad de aletas refrigeradoras -40-. De nuevo, la rotación del rotor y de los tubos de calor de rotor teniendo las aletas refrigeradoras unidas a los mismos, crea una
10 acción de ventilador para refrigerar los tubos de calor del rotor y del estator.

El motor de inducción, ilustrado esquemáticamente en la figura 19, se ilustra con mayor detalle en la figura 20. Como se ilustra, las secciones condensadoras de los tubos de calor del rotor
15 y del estator están suspendidas en voladizo desde un extremo de las pilas de laminaciones formando el rotor -34Y- y el estator -32Y-. En la ejecución, mostrada en la figura 20, los anillos terminales -44Y- y -46Y- están hechos de material eléctricamente conductivo y sirven al mismo propósito que los anillos terminales -44- y -46-
20 en el motor de inducción -30-, discutido anteriormente con referencia a la figura 3. También, como se ilustra, está prevista una carcasa -66- para encerrar parcialmente las secciones condensadoras de los tubos de calor de estator y rotor. La carcasa -66- tiene una pluralidad de aberturas -68- en la misma, que sirven de pasos
25 de aire. Además, la carcasa -66- incluye una gran abertura central designada generalmente por el número de referencia -70-, que también sirve como paso de aire.

En las tres ejecuciones de motores de inducción -30-, -30A- y -30B-, la rotación de los tubos de calor de rotor, que incluyen
30 aletas refrigeradoras, procuran una acción de ventilador para for-

415860

10



zar aire por encima de las secciones condensadoras con aletas de los tubos de calor del rotor y del estator, refrigerándoles por ello.

5 El material de mecha -50-, mostrado en la figura 14, puede ser un material metálico o no metálico. Agua, entre otros refrigerantes, es un fluido de dos fases, que puede ser usado en los tubos de calor de rotor y estator.

10 El motor de inducción -30-, mostrado en la figura 3, es un motor de inducción trifásico de cuatro polos, conectado en Y, que puede funcionar con una fuente eléctrica de 250 voltios, 400 Hz y calculado con una potencia de 10 caballos.

15 Los tubos de calor del rotor y las hendiduras del rotor, que sirven también como conductores eléctricos, pueden estar sesgados como lo pueden estar las hendiduras de estator y los arrollamientos dispuestos en las mismas. Tal configuración sesgada es común para motores de inducción convencionales.

N O T A

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

25 1ª.- Máquina eléctrica rotativa, teniendo rotor y estator refrigerados por tubos de calor, caracterizada por comprender un estator, un rotor y primeras y segundas tuberías de calor conteniendo cada una un refrigerante fluido teniendo por lo menos una fase de vapor y una fase líquida, comprendiendo cada una de dichas tuberías de calor, por lo menos, una sección de evaporador y, por lo menos, una sección de condensador, estando dispuesta dicha primera tubería de calor, en relación a dicho estator, de modo que, por lo menos dicha sección de evaporador, citada de dicha primera tubería de calor, esté por lo menos relativamente próxima a dicho estator y

30

415860

10 SEP 1974



5 por lo menos dicha sección de condensador de dicha primera tubería de calor está relativamente alejada del citado estator, estando dicha segunda tubería de calor montada sobre dicho rotor, de modo que por lo menos la citada sección de evaporador de dicha segunda tubería de calor está relativamente próxima a dicho rotor y por lo menos dicha sección de condensador de la citada segunda tubería de calor está relativamente alejada de dicho rotor.

10 2ª.- Máquina según la reivindicación 1ª, caracterizada porque cada una de dichas tuberías de calor comprende por lo menos una sección de evaporador y por lo menos dos secciones de condensador estando por lo menos dichas dos secciones de condensador de la citada primera tubería de calor relativamente alejadas de dicho estator, y estando por lo menos dichas dos secciones de condensador de dicha segunda tubería de calor relativamente alejadas de dicho rotor.

15 3ª.- Máquina según la reivindicación 1ª, caracterizada porque dicha segunda tubería de calor está montada sobre dicho rotor, de modo que su sección de evaporador está por lo menos relativamente próxima a dicho rotor y sus dos secciones de condensador están relativamente alejadas de dicho rotor.

20 4ª.- Máquina según las reivindicaciones 1ª ó 2ª, caracterizada porque por lo menos dicha sección de condensador de cada una de dichas primera y segunda tuberías, incluye aletas.

25 5ª.- Máquina según las reivindicaciones 2ª ó 3ª, caracterizada porque por lo menos dichas dos secciones de condensador incluyen cada una, aletas.

30 6ª.- Máquina según las reivindicaciones 1ª-5ª, caracterizada porque está presente una cantidad de tuberías de calor de estator y están dispuestas sobre dicho estator, de modo que las secciones de condensador de tuberías de calor inmediatamente adyacentes, se extienden en direcciones opuestas más allá de dicho es-

415860



10

tator hacia posiciones alejadas del mismo.

5 7^a.- Máquina según las reivindicaciones 1^a-6^a, caracterizada porque está presente una cantidad de tuberías de calor de rotor, incluyendo cada una, una sección de evaporador y una sección de condensador estando dicha cantidad de tuberías de calor de rotor dispuestas distribuidamente sobre dicho rotor, de modo que sus secciones de evaporador puedan recibir calor desde la región de dicho rotor y transportar el calor a sus respectivas secciones de condensador, que están situadas alejadamente de dicho rotor.

10 8^a.- Máquina según la reivindicación 7^a, caracterizada porque dichas tuberías de calor de rotor son eléctricamente conductoras y porque dicha combinación también incluye medios de anillo terminal interconectando eléctricamente dichas tuberías de calor de rotor.

15 9^a.- Máquina según las reivindicaciones 6^a-8^a, caracterizada porque dicho estator incluye una cantidad de hendiduras incluidas distribuidamente en el mismo, incluyendo dicha pluralidad de tuberías de calor de estator cada una, una sección de evaporador y una sección de condensador, conteniendo cada hendidura una sección de evaporador de una ^{de} dichas tuberías de calor con una sección de condensador de la misma tubería de calor, situada al exterior de la hendidura y colocadas alejadamente de dicho estator.

20 10^a.- Máquina según la reivindicación 9^a, caracterizada por incluir además un arrollamiento de estator eléctrico comprendiendo una cantidad de conductores eléctricos, incluyendo dicha hendidura de estator algunos de dichos conductores, así como una sección de condensador de una tubería de calor de estator.

25 30 11^a.- Máquina según la reivindicación 10^a, caracterizada por incluir además un compuesto de alfarería en cada una de dichas hendiduras de estator poniendo en contacto dicha sección de

415860 10 3



5 evaporador y dichos conductores, comprendiendo dicho compuesto una resina epoxi incluyendo en la misma partículas no metálicas, por las que dicho compuesto tiene conductibilidad eléctrica relativamente baja y por lo menos conductibilidad térmica re-
lativamente moderada.

10 12ª.- Máquina según las reivindicaciones 6ª-8ª, caracterizada porque dicho rotor incluye una pluralidad de hendiduras distribuidas e incluidas en el mismo, incluyendo dicha pluralidad de tuberías de calor de rotor una sección de evaporador y una sección de condensador, conteniendo cada hendidura una sección de evaporador de una de dichas tuberías de calor, con una sección de condensador de la misma tubería de calor, situada fuera de la hendidura y colocada alejadamente de dicho rotor.

15 13ª.- Máquina según las reivindicaciones 9ª ó 12ª, caracterizada porque dichas hendiduras de estator y rotor están axialmente alineadas en relación paralela.

14ª.- Máquina según las reivindicaciones 9ª ó 12ª, caracterizada porque dichas hendiduras de estator y rotor están sesgadas unas relativamente a otras.

20 15ª.- Máquina según la reivindicación 5ª, caracterizada porque dicho medio de aletas refrigeradoras comprende una pluralidad de miembros anulares que contienen una pluralidad de segmentos de material de conductibilidad térmica relativamente alta, cada uno separado por un segmento dieléctrico, estando conectada cada una de dichas secciones de condensador a por lo menos
25 uno de dichos segmentos de alta conductibilidad térmica.

16ª.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de recaer la presente Patente de Invención que por veinte años se solicita registrar para España, - - - - -

30

p o r

415860 10 1973



" MAQUINA ELECTRICA ROTATIVA, TENIENDO ROTOR Y ESTATOR REFRIGERADOS POR TUBOS DE CALOR "

Todo conforme queda expresado en la presente Memoria Descriptiva que consta de veintiocho hojas foliadas y escritas a máquina por una sola cara y planos que se acompañan.

Madrid, 10 SEPT 1973

P.A.,

A large, stylized handwritten signature in black ink, written over the typed name "P.A.". The signature is highly cursive and loops around the text.

A small, simple handwritten mark or signature at the bottom left of the page, consisting of a few loops and a horizontal line.

SPAIN

GENERAL ELECTRIC COMPANY

6 HOJAS - Hoja 2

415860

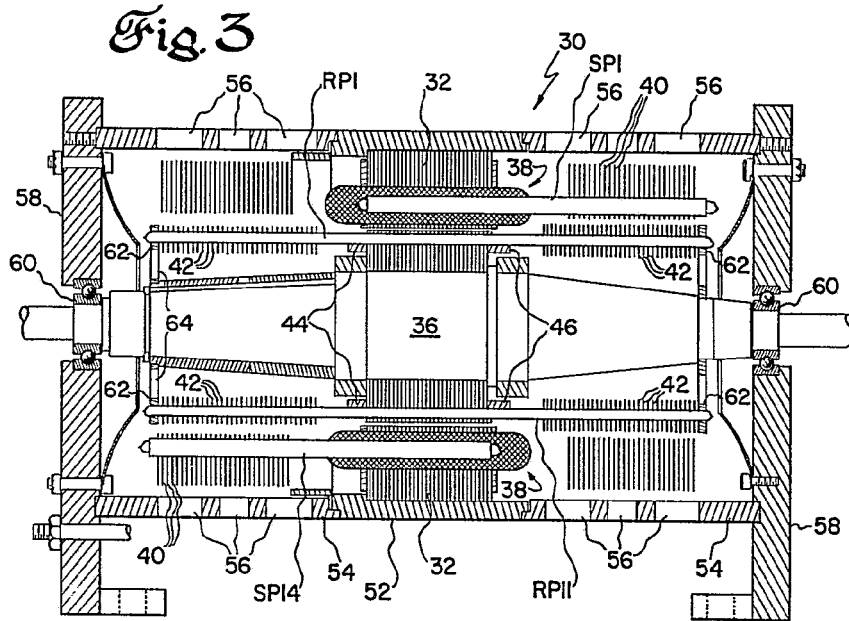


Fig. 4

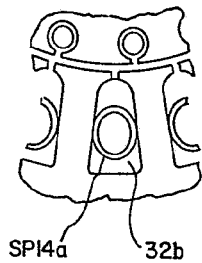
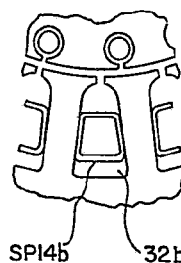


Fig. 5



Madrid, 10 SET. 1973
P. A.

FEDERICO...
ES 62

Escala variable

415860



10 73

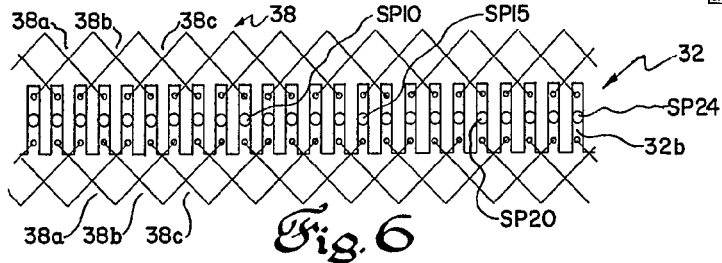


Fig. 6

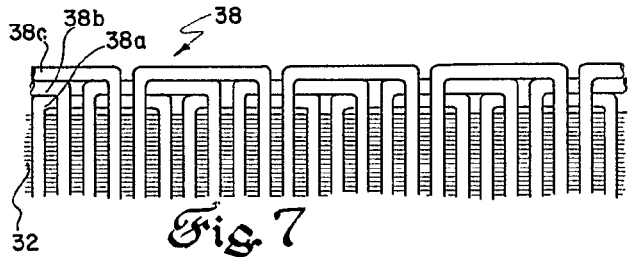


Fig. 7

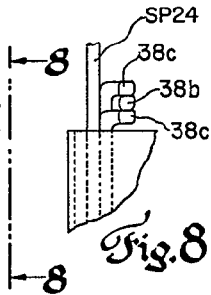


Fig. 8

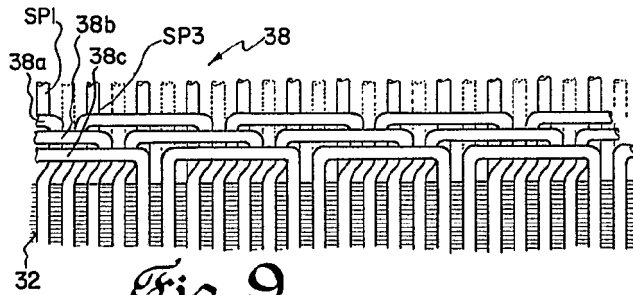


Fig. 9

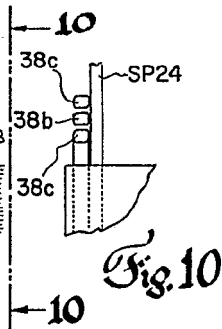


Fig. 10

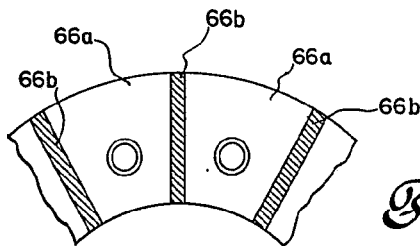


Fig. 11

Madrid, 10 SEP. 1973

P. A. PELAYO VELAZQUEZ

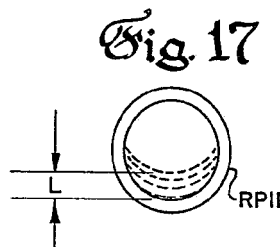
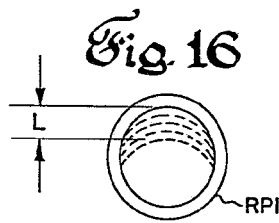
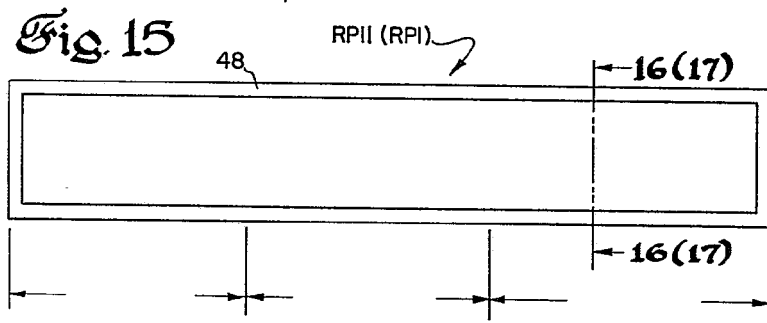
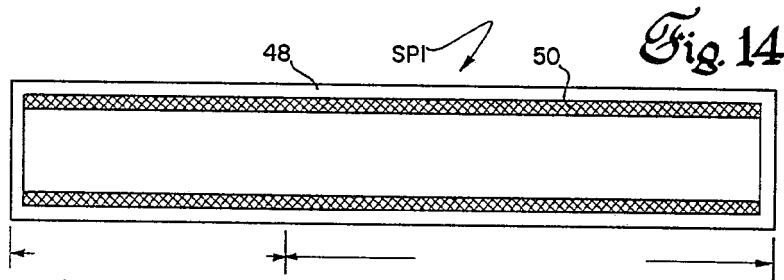
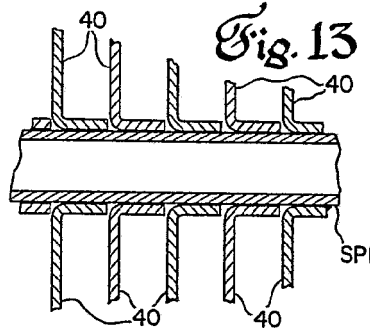
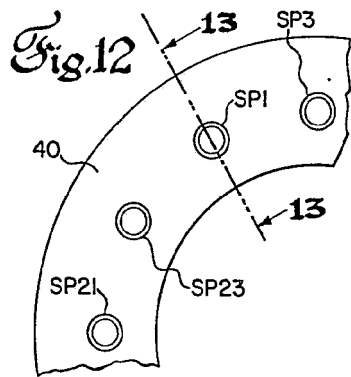
[Handwritten signature]

Escala variable

415860



1973



Madrid 10/5/73
P. A. PEREZ DE LA
* 3 *

Escala variable

415860

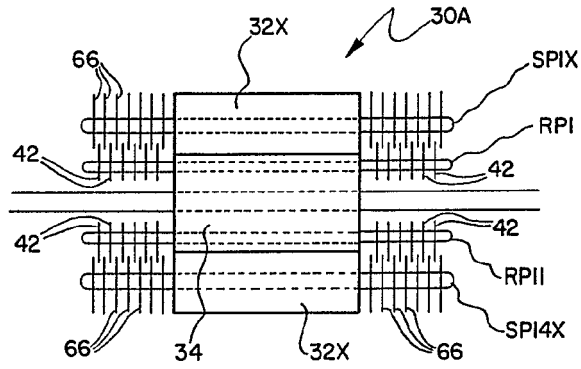


Fig. 18

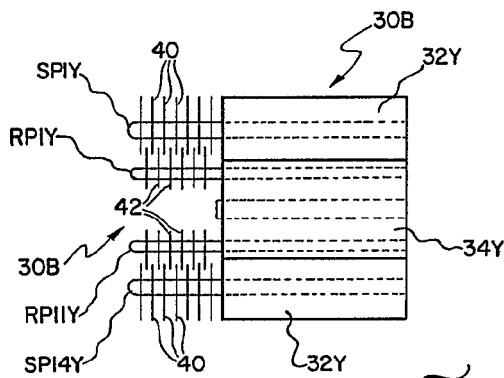


Fig. 19

Madrid, 10 SET. 1973

P.A.
* * *
[Handwritten signature]

Escala variable

SPAIN

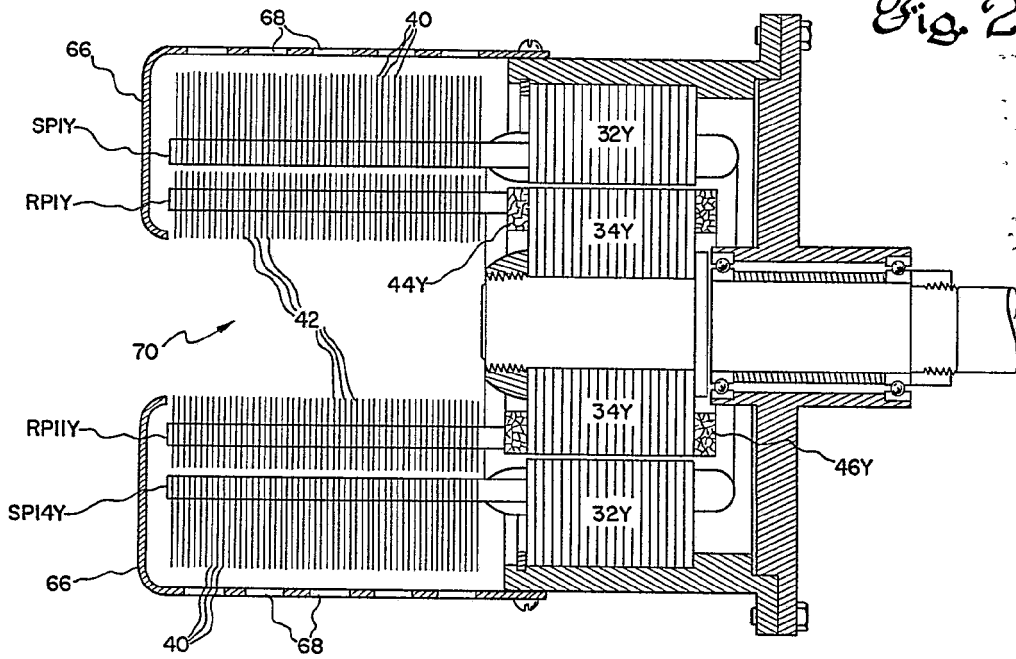
GENERAL ELECTRIC COMPANY

6 HOJAS - Hoja 6

415860



Fig. 20



Madrid, 10 SET. 1873

P. A.,

PEDRO PÉREZ GARCÍA

Arch.

Escala variable