



ESPAÑA

⑩ ES	⑪ NUMERO	⑫ A1
	⑪ 461.614	
	⑫ FECHA DE PRESENTACION	
	16-8-77	

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

PATENTE DE INVENCION

⑬ PRIORIDADES:		
⑬① NUMERO	⑬② FECHA	⑬③ PAIS
715.259	17-8-76	EE.UU.
⑭ FECHA DE PUBLICIDAD	⑮ CLASIFICACION INTERNACIONAL	⑯ PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H02K	
⑰ TITULO DE LA INVENCION		
"PERFECCIONAMIENTOS INTRODUCIDOS EN UNA MAQUINA DINAMOELECTRICA SUPERCONDUCTORA DEL TIPO DE GENERADOR O MOTOR SINCRONO"		
⑱ SOLICITANTE (S)		
WESTINGHOUSE ELECTRIC CORPORATION		W.E. Case No. 46.364
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
Westinghouse Building, Gateway Center, Pittsburgh, Pensilvania 15222, Estados Unidos de América		
⑲ INVENTOR (ES)		
Donald Chester Litz		
⑳ TITULAR (ES)		
㉑ REPRESENTANTE		
D. ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ		(P.- 66.564)

1 La presente invención se refiere a una máquina dinamoeléctrica superconductoras, y en particular a una pantalla/de amortiguamiento usada con los generadores o motores síncronos superconductores.

5 Los devanados de campo de las máquinas eléctricas superconductoras suelen ir montados en el rotor de la máquina, y van encerrados en una pantalla de radiación dispuesta concéntricamente, y además en una pantalla de amortiguamiento. Estos dos elementos de pantalla giratorios

10 están unidos formando parte de un sistema de Dewar que mantiene el devanado de campo en el vacío a 4,2 K (-268,8°C), lográndose unas características funcionales y un rendimiento de la máquina inusitadamente elevados. La pantalla de radiación, que incluye miembros tanto radiales como axiales, está colocada entre las porciones tibia y fría de la

15 máquina, reduciendo la radiación térmica directa desde el estator y otra estructura de soporte, que trabajan a la temperatura ambiente, hasta los componentes de baja temperatura del rotor. La pantalla de amortiguamiento, montada

20 concéntricamente por fuera de la pantalla de radiación, se mantiene normalmente a la temperatura ambiente o próxima a ella, y desempeña el doble propósito de proporcionar al rotor un par o momento de recuperación o restablecimiento, a consecuencia de las variaciones de carga, y de proteger

25 o apantallar el devanado de campo contra los campos de corriente alterna generados en el estator, impidiendo que -- penetren en la zona de baja temperatura de 4,2 K, durante las condiciones transitorias y de régimen permanente, con el fin de reducir al mínimo unas pérdidas nada deseables.

30 Como los costes de eliminación de estas pérdidas mediante

1 el recurso de hacer circular helio líquido a través de la
máquina son relativamente altos, la pantalla moderadora o
de amortiguamiento se hace de un material de gran conducti-
5 vidad eléctrica para obtener la protectora función de apantallado.

En circunstancias de un cortocircuito entre terminales en una máquina trifásica superconductor, la pantalla de amortiguamiento puede verse sometida a esfuerzos aplastantes en sentido radial, que provienen de la interacción del flujo de inducido y el flujo de apantallado generado por la corriente inducida en la pantalla. Estos esfuerzos que pueden actuar sobre la pantalla se ilustran en la figura 1 y representan los esfuerzos resultantes de un cortocircuito completo en tres fases. Las fuerzas P_1 y P_2 , para mayor sencillez, se representan como fuerzas concentradas aunque, como se comprenderá tales fuerzas son en realidad unas fuerzas distribuidas en torno al rotor que varían con $\text{sen}^2 \theta$. Tal como se indica, la fuerza P_1 permanece fija respecto a la superficie del rotor, en tanto que la fuerza P_2 se mueve en torno al rotor al doble de la velocidad de sincronismo. El efecto combinado de las fuerzas P_1 , P_2 crea unos esfuerzos aplastantes radialmente dirigidos que pueden alcanzar valores hasta de 350 kg/cm^2 y hacer que la pantalla de amortiguamiento y sus estructuras de soporte se desvíen y originen elevados esfuerzos de flexión, tanto en la estructura de soporte como en la estructura cilíndrica. La más importante desventaja resultante de la deformación estructural es que la desviación podría dar lugar a contacto entre la pantalla de radiación de baja temperatura y el devanado de campo,

1 - lo que introduciría unas pérdidas térmicas que podrían acarrear la pérdida de la superconductividad. Tal pérdida de superconductividad inutilizaría el generador, desde los puntos de vista tanto de rendimiento como de características funcionales. Los elevados esfuerzos presentes en la estructura de soporte son capaces de dar lugar también a una deformación plástica que podría acarrear un completo fallo estructural, con el consiguiente excesivo daño para la máquina.

5
10 Además de las fuerzas radiales de aplastamiento P_1 , P_2 arriba estudiadas, en la pantalla se desarrolla también un momento o par T que varía como una onda sinusoidal amortiguada tras la avería. Según la estabilidad de la máquina, tales pares de cresta que pueden desarrollarse son
15 capaces de llegar a alcanzar un valor de hasta 10 veces el par motor nominal de la máquina. Puesto que es posible -- llegar a tan elevados valores de par oscilante, se requiere que el árbol de accionamiento de la máquina sea más --
20 grueso y fuerte, para prevenir daños durante las condiciones de avería.

 Con arreglo a la presente invención, una máquina dinamoeléctrica superconductorá comprende un bastidor o armazón que encierra un estator en el que se tiene un arrollamiento o devanado, y un rotor que soporta un devanado
25 superconductor de campo de corriente continua dispuesto para girar en dicho estator, unos medios para soportar dicho rotor en unos cojinetes dispuestos en el citado bastidor, incluyendo dicho rotor un miembro cilíndrico que encierra completamente dicho devanado de campo, habiendo en dicho
30 miembro cilíndrico unos medios que sostienen el devanado

1 de campo, siendo estos medios de una resistencia estructu-
ral suficiente para absorber los esfuerzos de par aplica-
dos a dicho rotor durante el funcionamiento, habiendo en
dicho miembro cilíndrico también unos medios de pantalla
5 de radiación para absorber la radiación térmica proceden-
te de los miembros estructurales que operen a una tempera-
tura sustancialmente igual a la del ambiente, incluyendo
dicho miembro cilíndrico unos medios de pantalla de amor-
tiguamiento que contienen un líquido eléctricamente conduc-
10 tor, que tiene por efecto el de restablecer el par o mo-
mento en el rotor al variar el sistema de carga, y el de
apantallar el devanado superconductor de campo respecto de
los campos de corriente alterna engendrados en el estator
durante el funcionamiento, y habiendo en dicho árbol unos
15 medios para suministrar corriente eléctrica de excitación
a dicho devanado y unos medios de refrigeración asociados
a dicha máquina para suministrar un refrigerante fluido a
dicho rotor de tal modo que el devanado de campo se manten-
ga a aproximadamente 4,2 K.

20 Por conveniencia, se utiliza una pantalla de ---
amortiguamiento de metal líquido. Esta pantalla está con-
tenida en el espacio anular definido por un par de cilin-
dros concéntricamente dispuestos que encierran el devana-
do de campo del rotor. Los cilindros, por lo tanto, giran
25 con el devanado de campo, y el metal líquido, por consi-
guiente, alcanza la velocidad de sincronismo. A esta ve-
locidad, la función de apantallado del rotor es desempeña-
da por el metal líquido eléctricamente conductor, en el
cual se engendran corrientes eléctricas tanto durante la
30 marcha en régimen permanente como en condiciones de ave-

1 - ría. La reacción de estas corrientes con el flujo induc-
tor del campo produce la generación de un gradiente de pre-
sión en el metal líquido, que mueve el líquido circunfe-
rencialmente en el espacio anular de la pantalla igualán-
5 do o equilibrando la presión en su interior. Estos esfuer-
zos, igualmente, engendran unos esfuerzos tangenciales en
el cuerpo, que dan por resultado una circulación oscilan-
te del líquido circunferencialmente en el espacio anular
de pantalla de amortiguamiento.

10 Es objeto de la invención habilitar una pantalla
de amortiguamiento en la que se tiene contenido un metal
líquido, útil con una máquina eléctrica superconductora.

15 Otro objeto de la invención reside en una panta-
lla de amortiguamiento de metal líquido, en la que el me-
tal líquido en ella contenido responde a las fuerzas eléc-
tricas generadas en la máquina y ocasiona la generación de
gradientes de presión del metal líquido que producen una
distribución de presión por igual en el espacio anular de
pantalla de amortiguamiento.

20 Otro objeto más de la invención reside en una
pantalla de amortiguamiento para una máquina eléctrica su-
perconductora que contiene metal líquido en la pantalla de
amortiguamiento, que elimina los pares o momentos de reac-
ción en el árbol de accionamiento de la máquina cuando la
25 máquina se ve sometida a condiciones de avería por corto-
circuito en sus terminales.

La invención se describirá en lo que sigue, a
título de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos,
en los cuales:

30 - la figura 1 es una sección recta esquemática

1 - de una pantalla de amortiguamiento de una máquina, y muestra la distribución de fuerzas;

- la figura 2 es una vista en alzado, parcialmente en sección, que ilustra el diseño de un generador síncrono superconductor;

- la figura 3 es una vista en alzado, parcialmente en sección longitudinal, que ilustra el diseño de un rotor utilizado con el generador de la fig. 1; y

- la figura 4 es una vista en alzado, en sección transversal tomada por la línea IV-IV de la fig. 3.

Con referencia a los dibujos, en los cuales se designan con iguales números de referencia las partes que se corresponden, se ilustra en la fig. 2 un generador síncrono superconductor. La máquina incluye un bastidor 20 dispuesto para soportar un estator 22 y un rotor 24 axialmente dispuesto en éste. El estator incluye un soporte -- anular circunferencial 26 que contiene un núcleo 28 de chapas de hierro mantenido en compresión por medio de unos -- anillos de extremo 30. Un devanado de inducido 32 colocado en las ranuras del estator, de manera usual, se halla dispuesto para su conexión, por medio de unos terminales (no representados), a una carga conectada.

El rotor 24, que está dispuesto en posición centrada dentro del estator, incluye un árbol de accionamiento 34 y un acoplamiento de entrada 35 que transmite potencia mecánica al rotor de la máquina. El árbol de accionamiento está montado en unos cojinetes 36 situados en extremos opuestos del bastidor 20. A la superficie del rotor va directamente sujeto un devanado inductor o de campo 38, montado en la superficie periférica del árbol.

1 Con referencia a la fig. 3, los tramos o seccio-
nes 40 de árbol, dispuestos en lados o extremos opuestos
del rotor, giran en los cojinetes 36 soportados desde una
base, y terminan en unas bridas 42 que forman parte inte-
5 grante de los tramos de árbol. Estas bridas van emperna-
das o sujetas de otro modo a los extremos 44 de la porción
de cuerpo del rotor 24, por medio de unos pernos 46. Los
extremos de rotor 44 están hechos de una misma pieza con
una pantalla de amortiguamiento 48 de forma cilíndrica,
10 que constituye una pared para una cámara de Dewar y repre-
senta la superficie periférica exterior que gira dentro
del estator 22. El área completa de dentro de la estruc-
tura de rotor está ideada y proyectada para trabajar some-
tida a un vacío de aproximadamente 10^{-5} Torr. Un tubo ci-
15 líndrico 50 de par, radialmente distanciado de la pantalla
de amortiguamiento 48, se extiende en sentido axil hacia
dentro, a partir de la pared 44 del lado derecho del ro-
tor 24, dejando un espacio hueco o vacante 51. El tubo,
por su otro extremo, termina en un miembro de soporte 52
20 que se halla sujeto o mantenido en relación fija con el
tramo interno del rotor por una placa 54 de estructura de
soporte de campo. Hay un segundo espacio o hueco 55 deja-
do vacante por el tubo de par, dispuesto para dar acomodo
al devanado de campo 38. Como más arriba se describe, en
25 torno al devanado de campo 38 están dispuestas unas pana-
llas de radiación axil y radial, 56, 58; y la estructura
de pantalla formada está soportada por unos radios 59 de
soporte de pantalla de radiación, repartidos a todo lo lar-
go del elemento giratorio. Unos anillos rozantes 60 mon-
30 tados en la superficie del árbol de manera usual suminis-

1 tran energía eléctrica, por medio de unos conductores de
conexión pasantes 62, al devanado inductor o de campo del
rotor, con el fin de proveer la excitación de campo nece-
saria para el funcionamiento de la máquina.

5 La fig. 4 ilustra la pantalla de amortiguamien-
to, que está situada radialmente por fuera de la pantalla
de radiación 58 e incluye un par de cilindros (uno inte-
rior y otro exterior) 64, 66, concéntricamente dispuestos
10 uno respecto al otro y separados por cierto número de se-
paradores 68. El espacio 70 definido por los cilindros
concéntricos contiene un metal líquido destinado a fluir
o circular en él en respuesta a las fuerzas tanto centri-
fugas como electromagnéticas que actúen sobre el metal lí-
quido durante el funcionamiento de la máquina. Como es
15 importante que el metal líquido tenga una completa liber-
tad de circulación, los separadores 68 son de configura-
ción en forma de bloque y no se extienden en una distancia
sustancial ni en el sentido axial ni en el circunferencial
de las envolventes cilíndricas 64, 66.

20 Como se indica en la fig. 2, el devanado super-
conductor 38 de campo está refrigerado por un sistema de
trasiego o transferencia de helio representado en general
en el lado derecho de la fig. 2. Aunque pueden usarse di-
versas disposiciones distintas para obtener un trayecto de
25 circulación de refrigerante a través del rotor, una de es-
tas disposiciones usuales es la de suministrar helio, a --
través de una entrada de admisión 72 y de un equipo asocia-
do de trasiego de helio, que incluye bombas, válvulas y si-
milares (no representado), al devanado de campo supercon-
ductor colocado en el rotor. Después de que el helio ab-

30

1 sorba el calor engendrado en la máquina, se devuelve al
equipo de trasiego para su tratamiento cíclico en el sis-
tema, de manera ya conocida en la técnica del ramo.

5 Uno de los tipos de conductor adecuado para usc
en el devanado de campo superconductor es un conductor fi-
no filamentario, de niobiotitanio, retorcido en una matriz
de cobre. Este tipo de conductor presenta bajas pérdidas
por histéresis y corrientes parásitas cuando se halla so-
metido a campos alternos y rápidamente cambiantes, del gé-
10 nero producido en las máquinas eléctricas superconductoras.

Estos conductores que constituyen el devanado de
campo van montados en el rotor de manera que permite el pa-
so de helio por los mismos en sentido axil, antes de ser
devuelto a través de una lumbrera de salida o descarga de
15 helio para su devolución a la fuente. Como variante, el
devanado superconductor puede estar sumergido en un baño
del helio líquido que opera a presión próxima a la atmos-
férica, de modo que, al producirse la ebullición en las --
superficies del devanado, el calor es disipado por el ca-
20 lor latente de vaporización. Sea cual fuere el particular
sistema de refrigeración que se use, el devanado debe ali-
mentarse con refrigerante líquido a través de un sistema
de trasiego que conste de miembros estacionarios y miem-
bros rotatorios. Asimismo, los conductores eléctricos de
25 conexión que interconectan los anillos rozantes y el deva-
nado de campo consisten en unos conductores multifilamen-
tarios aislados respecto de un tubo que los sostiene y re-
frigerados por el gas helio de escape.

30 Como más arriba se ha indicado, las pantallas de
radiación axil y radial 56, 58 sirven para reducir la ra-

1 - diación térmica directa desde las estructuras de ambiente
a los componentes refrigerados y al sistema de baja tempe-
raturá. Estas pantallas están refrigeradas por el helio
de escape, a una temperatura óptima que suele estar com-
5 prendida entre 20 K y 100 K.

La pantalla de amortiguamiento desempeña la do-
ble función de proporcionar al rotor un par o momento de
restablecimiento cuando las variaciones del sistema de car-
ga ocasionan oscilaciones en el rotor, y apantallar o pro-
10 teger el devanado de campo superconductor contra el campo
de corriente alterna engendrado por los armónicos del de-
vanado de estator y los campos de secuencia negativos, du-
rante las condiciones de transitorios y de régimen perma-
nente. A causa de la gran conductividad del cobre y del
15 aluminio a bajas temperaturas, es posible usar pantallas
de muy poco espesor, y las pérdidas se mantendrán pequeñas.

A medida que el rotor se acelera hasta la velo-
cidad de sincronismo, u otra velocidad, la adherencia del
metal líquido a las paredes cilíndricas que constituyen el
20 anillo de pantalla de amortiguamiento dará lugar a que el
metal líquido alcance la velocidad de sincronismo. Como
esta velocidad representa el funcionamiento de régimen per-
manente, las corrientes engendradas en el metal líquido --
protegerán a modo de pantalla el devanado de campo super-
25 conductor, contra el flujo alterno engendrado en el esta-
tor por los armónicos y el desequilibrio de fases. Duran-
te las condiciones de avería más graves, tales como los --
cortocircuitos de terminales, la pantalla de amortiguamien-
to está normalmente sometida a las fuerzas radiales de --
30 aplastamiento debidas a la interacción del flujo de induci-

1 do y del flujo de apantallado engendrado por las corrientes inducidas en la pantalla. Ahora bien, las fuerzas correspondientes en la pantalla de metal líquido dan por resultado el movimiento de partículas de fluido. Por lo tanto, al reaccionar entre sí los flujos, en el metal líquido se generan unas corrientes eléctricas que actúan apantallando el devanado superconductor contra el fuerte flujo desmagnetizante del inducido. Estas corrientes presentes en el metal líquido reaccionan con el flujo de campo presente en el entrehierro, produciendo en el metal líquido unos esfuerzos físicos que dan por resultado el desplazamiento efectivo de metal líquido en el sentido circunferencial en el espacio anular de amortiguador. Al aplicarse las fuerzas electromagnéticas en sentido radial, ello produciría normalmente un aumento en la presión del metal líquido; pero como el metal líquido está libre para moverse, no es posible mantener el gradiente de presión, y se inducirán unas corrientes de circulación para equilibrar o -- igualar la presión en el espacio anular que contiene el metal líquido. Las fuerzas tangenciales del cuerpo que aplicaban un par oscilante en el amortiguador metálico del género usado en la técnica ya conocida, harán que el metal líquido fluya de manera oscilante y circunferencialmente en el espacio anular de metal líquido que hace de pantalla amortiguadora.

25 Los separadores previstos entre las envolventes cilíndricas interior y exterior proporcionan una estructura de sustentación o soporte suficiente para mantener la integridad del conjunto anular. Al desarrollarse o generarse presiones en el conjunto o espacio anular, aquellas

1 - tenderán a comprimir el cilindro interior y expandir el
cilindro exterior de contención. Esta estructura de apoyo
radial neutraliza el aumento de presión en el espacio
anular, desarrollando unos esfuerzos de tracción al ten-
5 der las estructuras interior y exterior a separarse.

Puesto que el metal líquido sólo puede transmi-
tir esfuerzos por presión y cizalladura, y puesto que no
es posible mantener amplios gradientes de presión en el
espacio anular, los esfuerzos ejercidos sobre los cilin-
10 dros de contención constituirán unas presiones externas e
internas, eliminándose así los esfuerzos de flexión con
que se tropieza en las pantallas metálicas de la técnica
ya conocida. Asimismo, puesto que los esfuerzos del cuer-
po circunferencial son capaces de transmitir la cizalladu-
15 ra sólo mediante fuerzas viscosas, la reacción de par se
reducirá apreciablemente.

En el conjunto o espacio anular puede usarse una
diversidad de metales líquidos, tales como mercurio, ga-
lio, indio, metal de Wood, sodio, potasio o aleaciones de
20 estos metales. Si la conductividad no es suficientemente
alta, pueden añadirse partículas metálicas, ya que esta
técnica se ha utilizado con éxito en "ferrofluidos" (flui-
dos con propiedades ferromagnéticas), en los cuales las
partículas magnéticas están molidas a muy pequeños diáme-
25 tros (del orden de los Ångstroms) y esencialmente disuel-
tas en un fluido.

30

REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se
presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente
de Invención en España, por VEINTE años, son los que se
recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Perfeccionamientos introducidos en una
máquina dinamoeléctrica superconductor del tipo de genera-
dor o motor síncrono, que comprende un bastidor o armazón
que encierra un estator en el que se tiene un devanado, y
un rotor que soporta un devanado superconductor de campo de
corriente continua dispuesto para girar en dicho estator,
unos medios para soportar dicho rotor en unos cojinetes dis-
15 puestos en dicho bastidor, incluyendo dicho rotor un miem-
bro cilíndrico que encierra por completo dicho devanado de
campo, habiendo en dicho miembro cilíndrico unos medios que
sostienen el devanado de campo, siendo estos medios de una
resistencia estructural suficiente para absorber los esfuer-
20 zos de par aplicados a dicho rotor durante el funciona-
miento, habiendo en dicho miembro cilíndrico también unos me-
dios de pantalla de radiación para absorber la radiación tér-
mica procedente de los miembros estructurales que operen a
una temperatura sustancialmente igual a la del ambiente,
25 incluyendo dicho miembro cilíndrico unos medios de pantalla
de amortiguamiento que contienen un líquido eléctricamente
conductor que tiene por efecto el de restablecer el par o
momento en el rotor al variar el sistema de carga, y el de
apantallar o proteger el devanado superconductor de campo
30 respecto de los campos de corriente alterna engendrados en

el estator durante el funcionamiento, y habiendo en dicho árbol unos medios para suministrar corriente eléctrica de excitación a dicho devanado y unos medios de refrigeración asociados a dicha máquina para suministrar un refrigerante fluido a dicho rotor de tal modo que el devanado de campo se mantenga aproximadamente a 4,2 K.

2ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 1ª, según los cuales los medios de pantalla de amortiguamiento comprenden un par de miembros cilíndricos mantenidos en la relación de separados uno de otro por medio de unos soportes separadores que determinan la distancia entre dichos miembros, y dicho líquido eléctricamente conductor llena el espacio comprendido entre dichos miembros cilíndricos.

3ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con la reivindicación 2ª, según los cuales dicho líquido eléctricamente conductor comprende un metal líquido que durante unas condiciones de avería en la máquina engendra en el metal líquido una corriente eléctrica que reacciona con el flujo del campo en el entrehierro produciendo en el metal líquido unas fuerzas que le hacen circular y equilibrar o igualar la presión del metal líquido entre los miembros cilíndricos.

4ª.- Perfeccionamientos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 3ª, según los cuales dichos medios de pantalla de amortiguamiento comprenden: un par de cilindros concéntricos mantenidos en la relación de separados a cierta distancia uno de otro, formando dichos cilindros espaciados un conjunto o espacio anular cerrado; un metal líquido en dicho espacio anular, teniendo dicho metal líquido por efecto el de desempeñar una función amor-

5 tiguadora mediante la generación en el mismo de unas corrientes eléctricas que impidan la transmisión de elevados esfuerzos de flujo desde el estator hasta dicho devanado superconductor, dando dichos esfuerzos por resultado el establecimiento de unas fluctuaciones de presión y unas corrientes de circulación en el metal líquido.

5ª.- Perfeccionamientos introducidos en una máquina dinamoeléctrica superconductor del tipo de generador o motor síncrono.

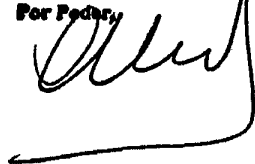
10 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara.

15

Madrid, 10.ENE.1970

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Fedat.

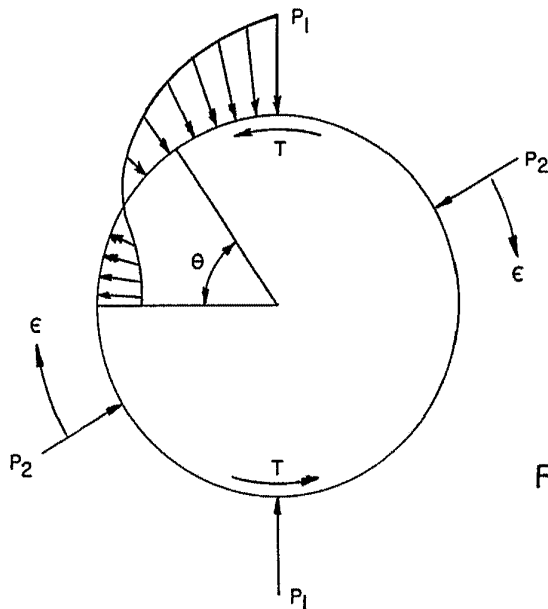


FIG. 1

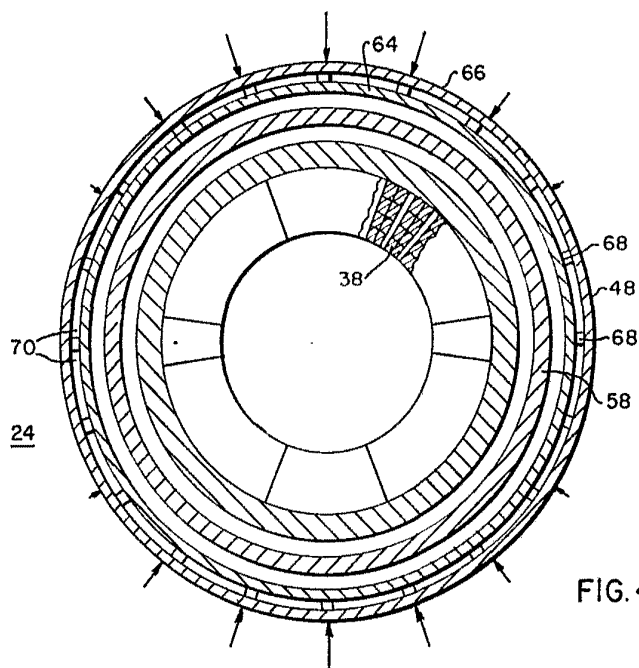


FIG. 4

Albino de Kozoborg
[Signature]

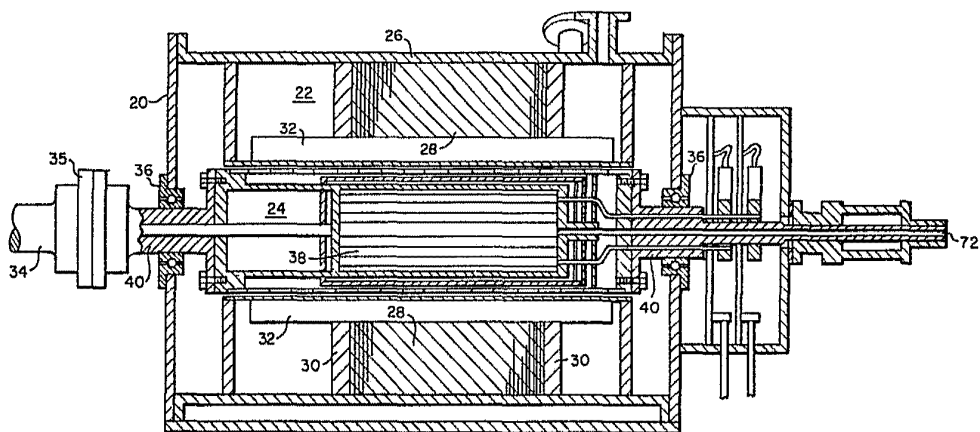
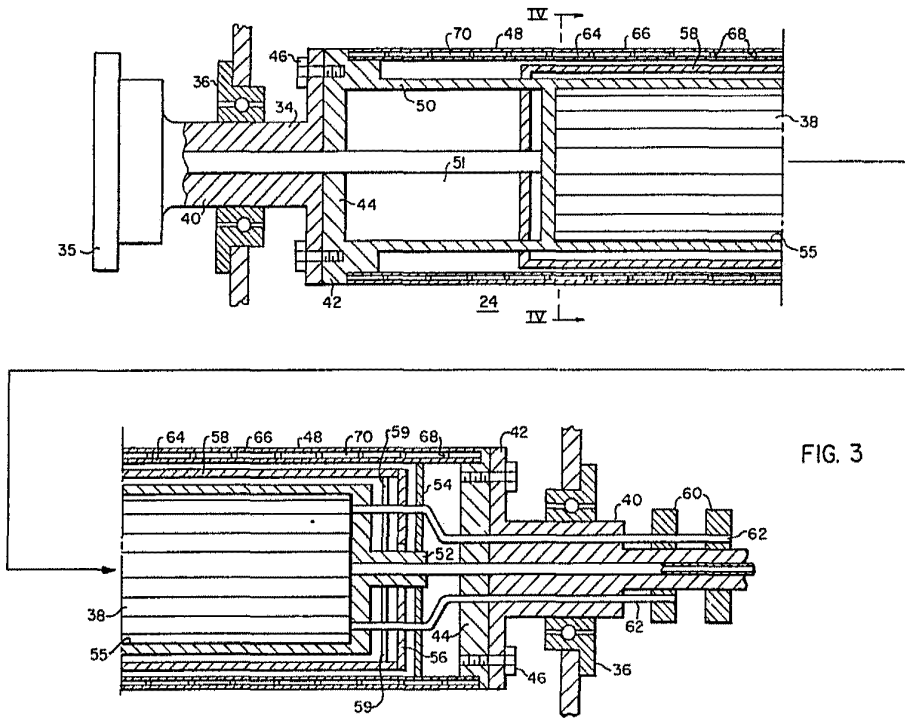


FIG. 2

Alt



Handwritten signature