

371293



SECCION TECNICA	
CLASIFICACION I. P. C.	
CLASE <u>H-02</u>	_____
SUBCLASE <u>K</u>	_____

MEMORIA DESCRIPTIVA

=====

Correspondiente a la solicitud de registro de una Patente de Introducción que, por diez años se solicita para España, a favor de la entidad GENERAL ELECTRIC COMPANY, de nacionalidad jurídica estadounidense, domiciliada en Schenectady, N.Y. (EE.UU.) - - - - -

p o r

" SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS "

=====

La patente de introducción que solicitamos registrar en España se refiere a un sistema para mejorar la refrigeración de las máquinas dinamoeléctricas, y en especial para los grandes generadores del tipo de "conductor enfriado" que tiene pasos perforados en los grandes aislamientos de tierra que aíslan el cobre (u otro material conductor) del rotor y del estator y sus relativas estructuras. Aun perfeccionando sistema con enfriamiento de agua o de otro líquido apropiado en dichas máquinas dinamoeléctricas.

En los últimos años, los generadores empleados en las estaciones centrales han aumentado rápidamente en tamaño y asimismo en producción



de Kilovatios y de Kilovoltio-amperios. Como las temperaturas de estos conductores eléctricos y de sus materiales aislantes relacionados con ellos se ha visto que juegan en los generadores una importante función limitadora de la producción que se puede alcanzar en los generadores de grandes dimensiones y peso, ha crecido la atención dada al estudio de rebajar y de controlar tales temperaturas mediante el empleo de sistemas de enfriamiento. Desde el punto de vista económico es también muy deseable el tratar de limitar los pesos y dimensiones pues el aumentar la producción aumentándolas crea los problemas de necesitar mayores espacios, más profundas cimentaciones en las estaciones, y más costos de transportes de las mayores piezas desde el punto de fabricación al de colocación.

La técnica actual ha presentado varios sistemas de enfriamiento de las máquinas dinamoeléctricas. El hidrógeno es el elemento enfriador más frecuentemente utilizado en los grandes generadores de los últimos años y han sido varios los modos de utilizarlo. Uno de estos ha sido incrementando la densidad de hidrógeno elevando su presión para mejorar sus características térmicas, en particular su facilidad de absorber calor por unidad de volumen circulante. Recientemente se han propuesto otros sistemas con líquidos enfriadores, como el agua. Además, se ha sugerido que el sistema pueda establecerse de modo que el medio enfriador se evapore en los pasos, añadiendo así el calor de la evaporación a la capacidad normal térmica del líquido enfriador.

En la actual solicitud de patente de introducción se presenta el uso de líquidos como enfriadores, por ejemplo el agua, no solo para el estator, sino también para los enrollamientos del rotor. Ventajas notorias se pueden conseguir elevando el punto de ebullición de los líquidos que normalmente lo tienen bajo, con solo aumentándoles la presión. El punto de ebullición del agua, a cien grados centígra-



dos bajo la presión atmosférica de $1,035 \text{ Kg/cm}^2$ puede en la práctica elevarse, por ejemplo a los ciento ochenta con una presión realizable.

5 En los sistemas enfriadores para los mayores generadores eléctricos construidos hasta ahora sólo se ha empleado líquido enfriador en el enrollamiento del estátor. Además de los problemas encontrados en éste, otros más dificultosos se han hallado al tratar de emplear el agua para enfriar el enrollamiento del rotor. Muchos de estos problemas nacen de la presencia de las fuerzas centrífugas que actúan fuertemente cuando el líquido circula por ciertos lugares del rotor, comparativamente con las pequeñas fuerzas de gravitación presen-
10 tes en los enrollamientos del estátor. Dichas fuerzas centrífugas tienden a la creación de substanciales presiones diferenciales en los pasos de enfriamiento en los enrollamientos del rotor de las que pueden resultar presiones reducidas en ciertas localizaciones. En ellas puede nacer tendencia del líquido a evaporarse y que se produzcan "bolsas de vapor" en algunos lugares. Sometiendo a presión general la totalidad del circuito enfriador del rotor se reduce dicha ten-
15 dencia. Si la densidad del líquido varía en diversas posiciones de los pasos del rotor, y en particular el líquido se vaporiza en ciertos lugares, hay en el rotor peligro de que pierda su equilibrio mecánico. Aún más, el grado de transmisión de calor en esos lugares puede verse afectado al originarse "puntos calientes" que son indeseables y pueden contribuir al desequilibrio térmico del rotor.

25 De acuerdo con lo expuesto, un objetivo de las mejoras introducidas en esta patente es el utilizar un sistema de enfriamiento para máquinas eléctricas de alta capacidad, estudiado para que no sea limitativo en la temperatura de las piezas de la máquina y por tanto no limite la producción de la misma.

30 Otro objetivo de estas mejoras es realizar un sistema de enfria



miento específicamente adaptado a asegurar el estado del líquido enfriador en todos los lugares de su circuito y por tanto conseguir la evitación de bolsas de vapor.

5 Aun otro objetivo es conseguir un sistema de enfriamiento capaz de servir de modo efectivo tanto en los conductores del estátor como en los del rotor.

Otros objetivos y ventajas se podrán observar en la descripción que se desarrolla en la presente Memoria completada con el adjunto dibujo, donde sin carácter limitativo, se presentan dos ejemplos de
10 utilización de un sistema que emplea el agua, con dos figuras, de las cuales

La figura 1 es el esquema de un sistema de circulación de agua presionada para enfriar los dos circuitos de enrollamientos del estátor y del rotor de un gran modelo de máquina dinamoeléctrica, y

15 La figura 2 muestra el esquema de un sistema análogo al anterior, donde se han introducido algunas modificaciones.

De una manera general, las características de esta patente de introducción solicitada, practicadas sobre los medios de circulación del líquido enfriador en el rotor y el estátor de una máquina dinamoeléctrica, se refieren en primer lugar a mantener con un suficiente
20 punto "mínimo" de alta presión todas las porciones y pasos del rotor y del estátor por donde circula el líquido enfriador, de modo que no exista la menor probabilidad de que el agua en ellos comience a evaporarse. Así, el completo sistema enfriador está ocupado por un fluido
25 cuyas capacidades térmica y de densidad son conocidas, de modo que esté facilitado el diseño térmico y mecánico de la máquina.

El nuevo sistema está aplicado en la figura 1 a una máquina dinamoeléctrica de gran capacidad, donde están representados esquemáticamente el rotor -1- y el estátor -2-. El estátor presenta un conjunto
30 enfriador que puede estar de acuerdo con el empleado en la patente n^o



teamericana 2695368, donde el líquido enfriador circula por pasos de enfriamiento definidos por conductos tubulares, o por separados tubos colocados en una buena situación de paso de calor con conductores sólidos. Los detalles mecánicos de tales directos conductores son materia divulgada. El rotor -1- asimismo presenta varios directos enfriadores o los taladros enfriadores pueden estar formados en el cuerpo del rotor como también está divulgado en otras patentes como la 1448700 donde se describe una máquina dinamoeléctrica que tiene conductores directamente enfriados tanto en el rotor como en el estator.

10 Para simplificar la representación del ejemplo solo se muestra un bucle del circuito enfriador en el rotor y otro en el del estator. Sin embargo, se comprende que dichos circuitos tendrán los varios bucles que sean precisos dotados de enfriamiento. El circuito enfriador del rotor está señalado con -1- y el circuito enfriador del estator lo está con -2-. Los pasos del estator están conectados mediante empalmes de entrada -2b- y -2c- de salida. En el rotor están conectados con contactos anillados -1b- de entrada y con contactos anillados -1d- de salida.

20 Según indican las puntas de flecha en el dibujo, el agua de enfriamiento está suministrada por el depósito -3- a una bomba -4- de circulación, de donde pasa a un recipiente enfriador -5-, donde el calor tomado del generador es pasado a un adecuado enfriador externo y retirado del sistema. Del enfriador -5- el agua pasa, a través del desionizador -6-, del que continuamente son retirados "iones" minerales y metálicos, que han sido separados por el fluido enfriador, según un método que ha sido materia de una solicitud de patente norteamericana. El desionizado fluido enfriador atraviesa un medidor -7- de conductividad, que sirve para comprobar la operación de la desionización citada, y luego pasa a un filtro -8-. Como se ve en la figura, puede haber dos filtros en paralelo con adecuadas

25

30



válvulas de modo que cuando uno sea retirado para ser substituido o para su limpieza, el servicio de válvulas no se interrumpa. Del mismo modo, el desionizador -6- y el enfriador -5- pueden estar provistos de válvulas en uno y otro extremo del paso de la circulación, como se ve en la figura. Las válvulas de entrada y salida del enfriador -5- pueden utilizarse para cambiar el efecto de su interno cambiador, del modo que se comprende.

El fluido enfriador es enviado al empalme de entrada -2b- por un tramo -8a- y por el otro tramo -8b- al contacto anillado -16- del rotor. En el tramo -8b- existe una bomba -9- para un servicio que se expondrá luego. El usado fluido enfriador sale del rotor por el contacto anillado -1d-, el conducto -1e-, mientras que el usado saliente del estátor lo hacer por -2c- y lo descarga el conducto -2d-.

En este nuevo sistema la presión mantenida en el circuito enfriador es netamente superior a la empleada en el pasado. Especificamente, la presión a través del estátor y del rotor debe tener al menos un mínimo entre 2 y 3 Kilogramos por centímetro cuadrado o algo mayor. La importancia de mantener esos mínimos se comprenderá en lo que sigue.

Si como se ha sugerido antes, el agua circulase con una relativa baja presión la temperatura máxima de enfriamiento sería no más alta de los cien grados que es su temperatura de evaporación con la presión atmosférica. Esta comparativamente baja temperatura de trabajo resulta antieconómica, ya que el alto estado de desarrollo de los materiales aislantes empleados en esta clase de máquinas permite temperaturas del orden de los 120° C y 130° C y aún mayores. Así, un primer objetivo es mantener un elevado nivel de presión en el sistema enfriador para dar al fluido enfriador la presión que corresponda a la máxima temperatura que resistan los materiales aislantes, u



otros materiales que intervengan. Manteniendo altas presiones se consiguen temperaturas sin peligro de que se produzcan bolsas de vapor, con resultantes cambios en las propiedades térmicas del fluido enfriador y posibles desequilibrios mecánicos a causa de variar la densidad de éste en los pasos del rotor.

Los medios introducidos en la figura 1 para conseguir en el fluido enfriador las deseadas presiones se explican a continuación.

La mínima máxima presión que debe existir en el completo sistema puede ser determinada por varios caminos. El más sencillo es preparar un espacio sobre el líquido en el depósito -3-, espacio que está indicado con -3b-. Este espacio es mantenido a la conveniente presión, por ejemplo admitiendo un gas de un conveniente origen con una presión determinada por la válvula -3d-, a cuya presión se sujetará el espacio interno -3b-. Este gas puede ser un inerte como el nitrógeno o acaso el hidrógeno. El espacio -3b- ocupado por el gas constituye un resorte que sirve para absorber cualquier fluctuación que pueda ocurrir en la porción del circuito llena de líquido. Esto será notado mediante una adecuada regulación de la válvula -3d- y la presión del depósito -3- puede ajustarse a voluntad. Si hay razones por las que el gas utilizado para originar una determinada presión en el depósito -3- no puede tener contacto con el líquido enfriador, puede establecerse otra clase de medio presionable. Esto consiste en un miembro de positivo desplazamiento representado por un flexible fuelle -10- colocado en el depósito -3-. Es alimentado con aire, u otro gas, agua o aceite industrial u otro fluido, que viene por el conducto -10a-, donde hay una adecuada válvula -10b- reguladora de la presión. Se observará que el cambio de presión del fluido en el fuelle -10- tendrá por efecto el cambio de volumen y como consecuencia el aumento o disminución de la presión del líquido enfriador existente en el depósito -3- y en los intercomunicados



circuitos del líquido enfriador.

El agua enfriadora circula por efecto de la bomba -4-, que puede ser de tipo de presión baja, ya que solo debe proporcionar la necesaria para compensar las pérdidas por fricción en los pasos de enfriamiento; esto es, el sistema presionado -3c-, -3d- o el -10-,
5 -10a- y -10b- mantiene el mínimo de presión deseada en el funcionamiento, y la bomba -4- contribuye justamente a mantener el levantamiento exigido por las fricciones de circulación del líquido.

La función de la bomba complementaria -9- es la de proporcionar
10 la presión para el enfriamiento del rotor. Lo cual es necesario por el elevado efecto centrífugo que experimenta el líquido enfriador en su circulación dentro del rotor, donde se producen altas diferencias de presiones y pueden nacer tendencias en el fluido circulante de creación vapor en algunos puntos del circuito. Levantando un suplemento de presión en el rotor gracias a la bomba -9- es aumentada
15 en él la mínima presión y con ello se disminuye ahí la tendencia del líquido a evaporarse. La presión aumentada en el rotor puede ser, por ejemplo, varias veces mayor de la existente en el estátor.

El dibujo muestra varias válvulas reguladoras y varios conductos derivadores destinados al mantenimiento las deseadas presiones
20 en los circuitos de enfriamiento en el rotor y en el estátor. Así está incluida la válvula -8c- en el tramo derivado -8d- que comunica entre el conducto alimentador -8a- del estátor y el conducto -3a- de desagüe. La válvula -8c- puede utilizarse para crear un suplemento
25 de presión en el empalme -2b- de entrada. De modo similar, el suplemento de presión en el rotor está determinado por la válvula -8e- reguladora colocada en el conducto -8f- derivador que desde el conducto alimentador -1c- va al de desagüe -3a-.

Además de las válvulas -8e- y -8c- de control del suplemento
30 de presión, es deseable colocar otra válvula adicional -1f- de regu



lación en el conducto de desagüe -1e- que parte de la descarga anilla
da -1d- del rotor, y una análoga válvula adicional -2e- de regulación
en el conducto de desagüe -2d- saliente del empalme -2c- de salida
del estátor. Estas válvulas sirven para mantener un determinado valor
5 en las presiones de descarga del rotor y del estátor respectivamente
y, así, sirven para establecer un predeterminado mínimo de presión en
los correspondientes circuitos de enfriamiento en el rotor y en el
estátor.

Con estas disposiciones, las válvulas -1f- y -2e- aseguran que
10 las presiones de todas las porciones de los circuitos de enfriamien-
to del rotor y del estátor se hallan sobre un seleccionado mínimo va-
lor, y que las válvulas -8c- y -8e- de control de presión suplida ha-
cen que la presión de entrada en los respectivos circuitos de enfria-
miento sea lo bastante para mantener el grado de circulación neces-
15 rio para producir un efectivo enfriamiento. Con el asegurado control
de la presión así producida en las varias porciones del circuito enfria-
dor, el grado de circulación será el adecuado para mantener una tem-
peratura deseada y la presión suficiente que eviten la formación de
vapor en los pasos de enfriamiento.

20 Como se ha observado antes, el sistema de enfriamiento de la fi-
gura 1 tiene la ventaja de que la bomba de circulación -4- solo consu-
me la potencia requerida por las pérdidas de fricción en el circuito
de enfriamiento, mientras que el sistema presionador mantiene la míni-
ma presión deseada en el circuito enfriador. Pero este sistema tiene
25 el inconveniente de que el depósito -3- y todas las porciones de los
conductos suplementarios de enfriamiento y de desagüe tienen que es-
tar mantenidos sobre el mínimo de la preseleccionada presión. De
acuerdo con ello, en muchos casos puede resultar preferible el empleo
de la solución representada en la figura 2, similar en general con la
30 descrita, pero que tiene las diferencias que a continuación se ponen



de relieve.

En la figura 2, el depósito -3b-, el enfriador -5- el desionizador -6- y el filtro -8- solo están sometidos a la presión requerida para que el fluido enfriador circule por ellos, mientras que la bomba principal, presentada esquemáticamente en -11- provee la totalidad de la presión necesaria para realizar el equilibrio enfriador su circulación por los pasos del estátor. Aquí, también la bomba -9- tiene que crear la presión necesaria para la circulación por los pasos del rotor.

Se puede observar que la variante de la figura 2 tiene la ventaja de que solo los pasos de enfriamiento del generador se hallan sujetos a la elevada presión deseada, mientras que una gran parte del circuito trabaja a una presión reducida, escasamente un poco mayor que la atmosférica, o igual a ésta.

Una bomba -12- extractora de vapor puede estar dispuesta para sacar gases no condensables de la región superior del depósito -3b-. Así, este depósito -3b- sirve de separador de aire y de dichos gases, que extraerá la bomba, al propio tiempo que coopera a evitar la existencia de las bolsas de vapor en otros lugares de los pasos del rotor.

Aunque en los ejemplos descritos solo se ha empleado el agua como líquido enfriador, se comprende que otros líquidos pueden también utilizarse, por ejemplo los glicoles etileno, como el aceite "Ucon" o apropiados líquidos fluor-carbonos o silicones.

Debe asimismo observarse, como consecuencia de la descripción anterior, que la presión mínima que puede mantenerse en los circuitos enfriadores del rotor y del estátor depende de varios factores de la disposición de la máquina. En los pasos del estátor, debe ser lo suficientemente elevada para evitar los menores desprendimientos de vapor en las deseadas temperaturas de trabajo, y en el rotor, la colocación



de los pasos, la velocidad de rotación y la resultante fuerza del campo centrífugo deben estar muy estudiados para prevenir el que no se forme vapor en ningún lugar. Dicha presión puede resultar tres o cuatro veces mayor que la producida en los circuitos enfriadores del estátor.

Debe también tenerse en cuenta que no es preciso que ambos, rotor y estátor se hallen dotados con líquido de enfriamiento. Esto es, el estátor puede contener líquido enfriador, como se ha dicho, y el rotor puede estar enfriado con otros medios, como el conocido por hidrógeno. Inversamente, el rotor puede ser enfriado por circulación de líquido y el estátor mediante el conocido medio de ventilación con hidrógeno.

Por último debe tenerse en cuenta que la bomba -9- no es necesaria si los pasos del rotor son apropiadamente dispuestos de modo que la fuerza centrífuga por sí misma evita la formación del vapor en bolsas.

Otras variaciones o modificaciones caben en el desarrollo de este sistema enfriador para generadores eléctricos siempre que resulten incluidas en la base técnica de las siguientes especificaciones.

N O T A

EN RESUMEN: la patente de introducción que, por diez años, se solicita registrar en España deberá recaer en las siguientes reivindicaciones:

1ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, caracterizado por contener al menos un enrollamiento con pasos enfriadores dispuestos para extraer directamente calor del conductor eléctrico; un depósito de líquido enfriador a presión; medios para suministrar el líquido enfriador desde el depósito al enrollamiento con la presión de entrada adecuada para mantener el enfriador en estado líquido en todo lo largo del enrollamiento, y medios para mantener la presión de



enfriamiento en la salida del enrollamiento en un preseleccionado mínimo valor tal que el punto de evaporación del enfriador en dicho lugar de salida sea mayor que la que tiene el enfriador en la salida, de modo que el enfriador en ese lugar no tenga substancialmente tendencia a vaporizarse en ninguna porción del enrollamiento.

5 2ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizado por comprender: un circuito de líquido enfriador para retirar directamente calor de los enrollamientos eléctricos; un manantial de líquido enfriador; medios
10 para mandar el líquido enfriador con una presión adecuada para mantenerlo a través del enrollamiento con un flujo cuyo punto de ebullición permanezca substancialmente alto por encima de la local temperatura del líquido en todos los lugares del enrollamiento, medios de válvulas reguladores de presión para mantener en el enfriador a la salida del enrollamiento una preseleccionada mínima presión por encima
15 de la que correspondería al punto de ebullición del líquido de modo que no pueda producirse la más mínima cantidad de vapor en parte alguna del enrollamiento.

 3ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo
20 con las reivindicaciones precedentes, caracterizado por tener un primer circuito cerrado de líquido enfriador para retirar calor de los enrollamientos del estátor y un segundo circuito cerrado de líquido enfriador para retirar calor de los enrollamientos del rotor; la combinación de medios en el primer circuito para suministrar el líquido
25 enfriador a dichos circuitos enfriadores de dichos estátor y rotor y con inclusión de medios de cambio de calor para extraer calor del elemento enfriador; medios del segundo circuito para devolver el gastado enfriador en los circuitos del estátor y del rotor al cambiador de calor; medios de bomba para hacer circular el enfriador a través
30 del cambiador de calor y por los pasos del rotor y del estátor, y me-



dios para mantener una preseleccionada mínima presión substancialmente por encima del punto de ebullición del enfriador en todos los lugares de dichos circuitos cerrados y conductos.

5 4ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo con la reivindicación 3ª, caracterizado por comprender medios de presión en un depósito cerrado a la atmósfera y medios para incluir un gas en la región superior de dicho depósito sobre el líquido existente en él, para crear en el sistema el mínimo de presión deseada.

10 5ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo con la reivindicación 3ª, según una variante, caracterizado en que los medios de presionamiento en el depósito contienen un miembro de desplazamiento colocado en el circuito cerrado y medios para poder variar el volumen de dicho miembro y así poder alterar la mínima presión deseada en el circuito cerrado enfriador.

15 6ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo con la reivindicación 3ª, caracterizado por el empleo de una bomba suplementaria para elevar la presión del enfriador suministrado al rotor substancialmente sobre la presión empleada en el estátor para asegurar la ausencia de bolsas de vapor que podría originar la fuerza centrífuga.

20 7ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, según otra variante, caracterizado en comprender: un primer circuito cerrado de líquido enfriador para retirar calor de los enrollamientos; un depósito de líquido enfriador; medios primeros conductores de líquido enfriador desde dicho depósito a dichos enrollamientos; medios cambiadores de calor para retirar calor del líquido enfriador; segundos
25 medios conductores que devuelven líquido enfriador desde el enrollamiento al depósito; medios de bombeo para circular enfriador desde el depósito a través del cambiador de calor y el enrollamiento y detrás
30 del depósito con presión de entrada al enrollamiento adecuados para



mantener el enfriador en su estado líquido en todas las porciones de los enrollamientos, y medios reguladores de la presión en dichos segundos conductos para mantener la presión en el enfriador en la salida de los enrollamientos substancialmente por encima del punto de ebullición en la temperatura de descarga.

8ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo con la reivindicación 7ª, caracterizado por comprender medios para introducir un gas a presión en el espacio superior del líquido en el depósito para establecer una preseleccionada mínima presión efectiva y mantener el enfriador en estado líquido en la totalidad de su recorrido.

9ª.- SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS, de acuerdo con la reivindicación 8ª, caracterizado por contener medios de bombeo especial de extracción de vapor para retirar los gases no condensables del espacio superior del depósito del líquido enfriador; la bomba principal de circulación sirve para elevar la presión del enfriador a un valor requerido en la entrada del enrollamiento para mantener las locales presiones de dicho enfriador substancialmente por encima del punto de evaporación del líquido enfriador en todos los lugares del enrollamiento.

10ª.- Por último se reivindica como objeto sobre el que ha de recaer la presente Patente de Introducción que por diez años se solicita registrar para España,-----

p o r

" SISTEMA ENFRIADOR PARA GENERADORES ELECTRICOS "

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

Madrid, 6 SEP. 1969
P. A.
PEDRO FELIX MORA
P. P.

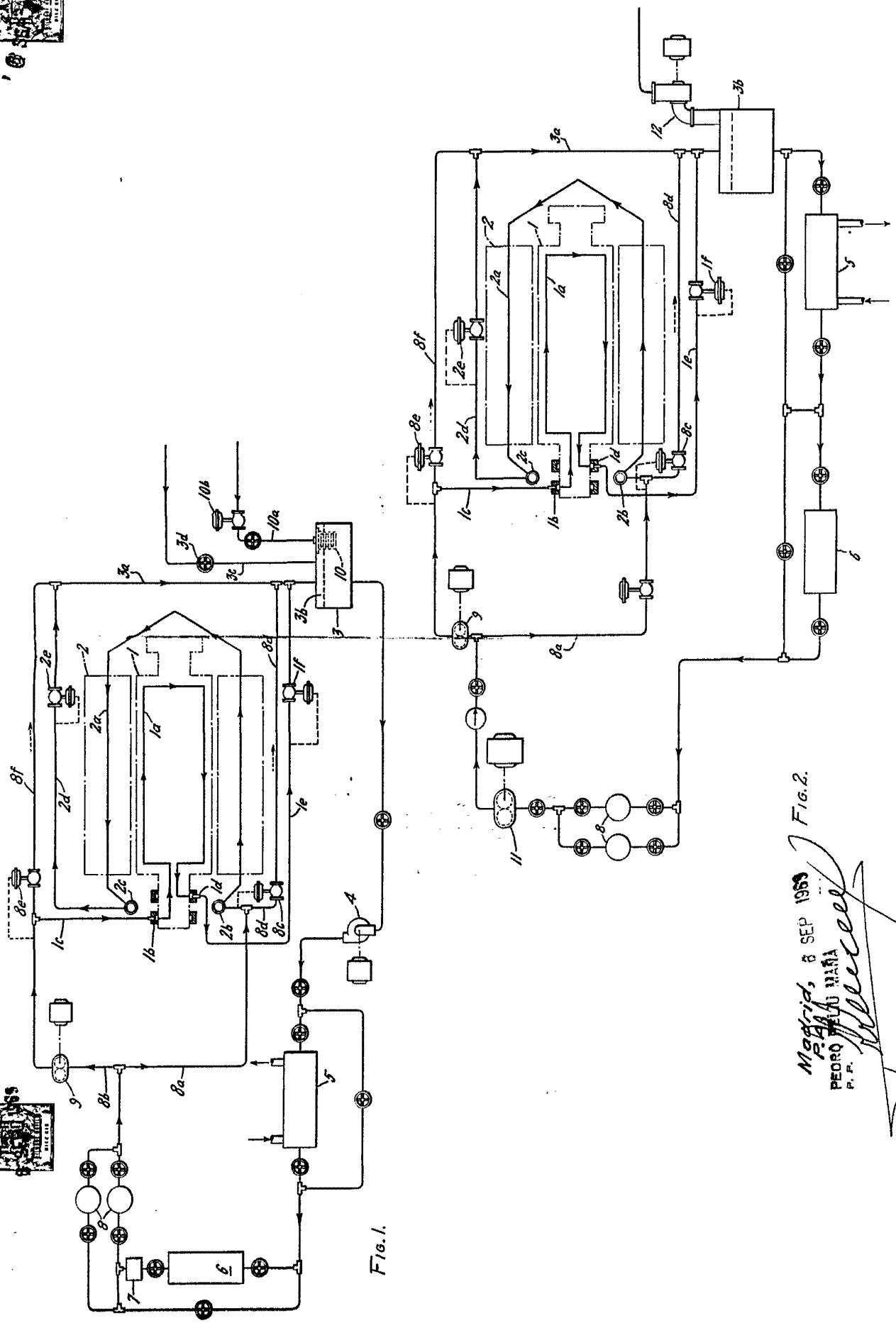


Fig. 1.

Fig. 2.

Madrid, 8 SEP 1969
 PEDRO DE LUJAN
 P. F.

GENERAL ELECTRIC COMPANY. 371294

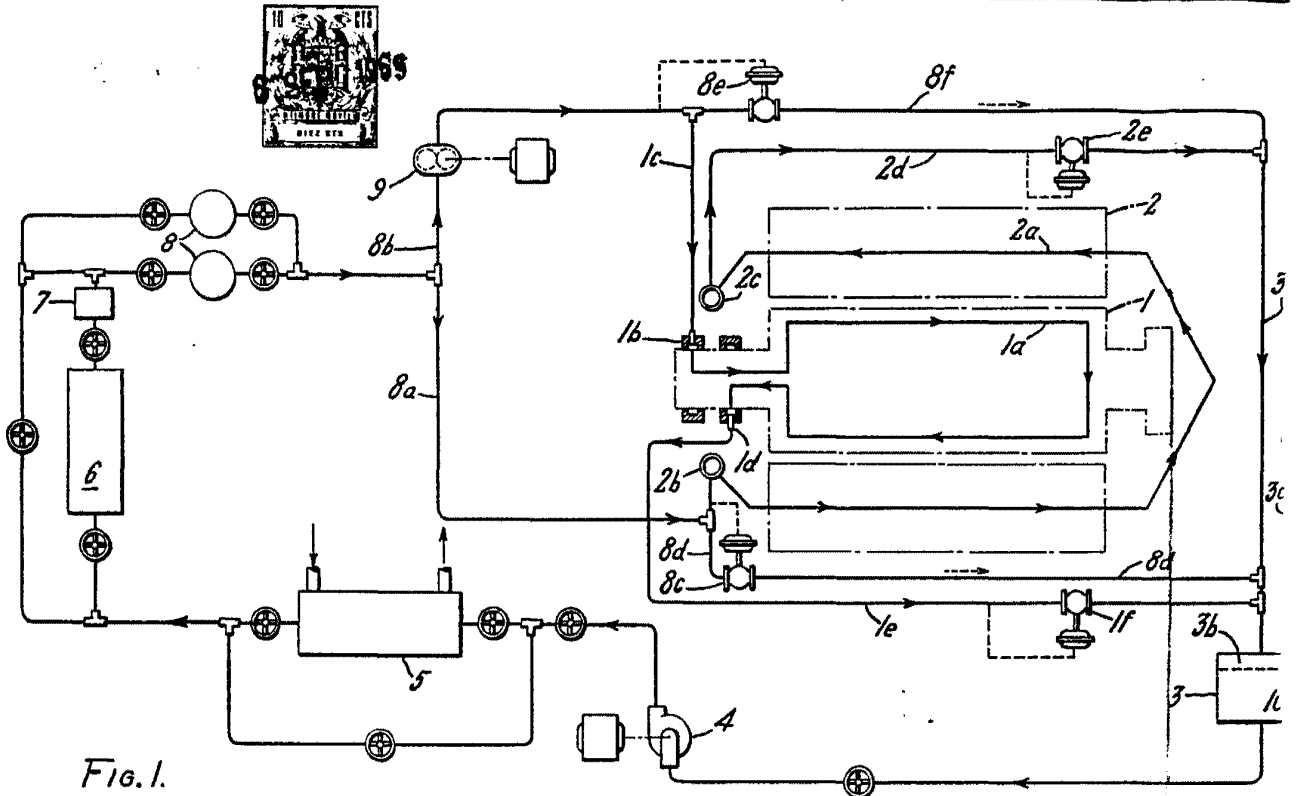


Fig. 1.

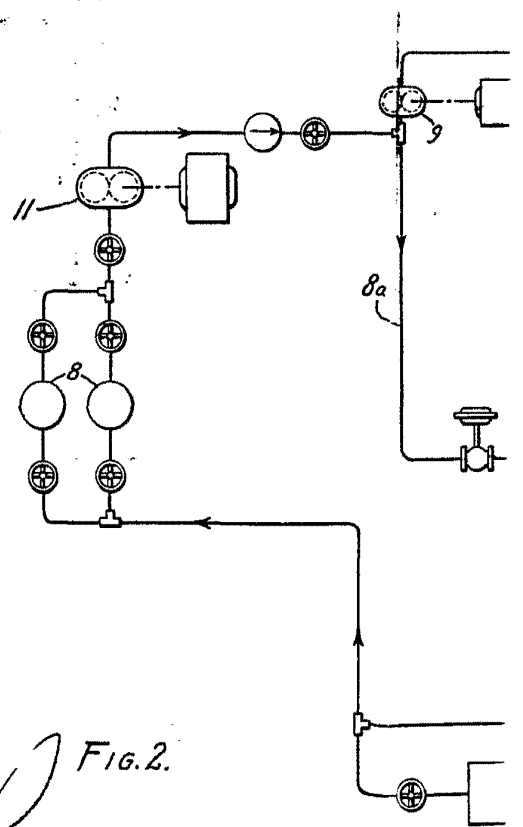


Fig. 2.

Madrid, 8 SEP. 1959
P. A.
PEDRO FELU MANA
P. P.

ESCALA VARIABLE.

