

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA  
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

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**

10	ES	11	NUMERO	473745	12	A1
		21				
		22	FECHA DE PRESENTACION	28 SET. 1978		

20	PRICIDADES:	22	FECHA	23	PAIS
31	NUMERO				
	EN 77 29.149		28 de Septiembre de 1.977		Francia

47	FECHA DE PUBLICIDAD	61	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			F22B / G21D		

64	TITULO DE LA INVENCION
	PERFECCIONAMIENTOS EN GENERADORES DE VAPOR PARA CENTRALES DE AGUA PRESURIZADA.

71	SOLICITANTE (ES)
	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE.

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	31/33, rue de la Fédération, 75.015 PARIS (Francia)

72	INVENTOR (ES)
	Jean FORRESTIER, Ing., Bernard LEBLANC, Ing., Marcel MONTEIL, Ing., Pierre MONTEIL, Ing.

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO

La presente invención en la que ha colaborado los Sres. Jean FORESTIER, Bernard LEBLANC y Marcel MONTEIL de la COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE y de M. Pierre MONTEIL de ELECTRICITE DE FRANCE, se refiere a un aparato generador de vapor, en el que un fluido primario, constituido por agua pesada ó ligera a presión, recorre un haz de tubos intercambiando calorías con un fluido secundario, igualmente constituido por agua, a fin de transformar ésta en vapor saturado ó sobrecalentado. Preferentemente, dicho generador se adapta para funcionar asociándose a una instalación de producción de energía eléctrica por expansión del vapor proporcionado en unas turbinas, procediendo el fluido primario del circuito de enfriamiento de un reactor nuclear. Ventajosamente, el agua que constituye el fluido secundario es traída al menos en parte, de un puesto ó de una reserva de alimentación, y en parte también de un circuito de extracción a partir del propio generador, utilizándose en particular el agua extraída a la temperatura de vaporización para recalentar el vapor entre los cuerpos de alta presión y de baja presión de las turbinas.

Se conocen ya realizaciones diversas de generadores de vapor de este tipo, en particular tales como se describen y se reivindican en la solicitud de patente nº 77 14.888 del 16 de Mayo de 1.977 a nombre de Commissariat a l'Energie Atomique titulada "Generador de vapor de circulación forzada", en el que el aparato comprende principalmente una envolvente externa y una faldilla interna coaxiales, asociadas a dos placas con tubos horizontales separadas, una central y la otra anular y a un haz de tubos en U para la circulación del fluido primario, acoplándose estos tubos respectivamente a una y a otra de estas dos placas en la envolvente, pasando en su parte acodada bajo la extremidad de la faldilla.

La presente invención se refiere a unos perfeccionamientos aportados en la estructura de un generador de vapor del tipo mencionado, que permiten una utilización tanto como generador de vapor sobrecalentado como de generador de vapor saturado.

A este efecto, el generador considerado se caracteriza porque comprende en combinación, una envolvente externa formada por dos virolas cilíndricas, respectivamente interna y externa, de eje vertical común, cerradas en sus extremidades opuestas por fondos y encajadas entre sí, presentando estas virolas diámetros diferentes, una placa con tubos anular, horizontal dispuesta entre la extremidad superior de la virola externa y la virola interna, delimitando esta placa anular con las virolas de una pared paralela, un colector anular de admisión de agua primaria a presión, una placa con tubos central, montada en la virola interna cerca de su fondo de extremo inferior y que delimita con éste un colector de evacuación del agua primaria, un haz de tubos paralelos en la mayor parte de su longitud, recorridos por el agua primaria, extendiéndose estos tubos verticalmente a partir de la placa con tubos central y que comprenden en el extremo una parte acodada en forma de cruceta con concavidad dirigida hacia abajo para su acoplamiento con la placa de tubos anular, acoplándose los tubos regularmente en la totalidad de la placa de tubos anular, conductos de entrada en la envolvente del agua secundaria a vaporizar previstos en la virola interna cerca de la placa de tubos central, y conductos de salida del vapor producido, previstos en la virola externa ó en el fondo de ésta.

Merced en particular a la disposición adoptada para los tubos del haz y para las placas de tubos con respecto a los colectores de admisión y de evacuación, por una parte, y a los conductos de entrada y de salida del agua secundaria por otra, el agua primaria y el agua-vapor secundario circulan a contra-corriente, en la casi totalidad de la longitud de los tubos.

Ventajosamente, el generador comprende al menos un conducto de extracción de agua secundaria a la temperatura de vaporización utilizada para sobrecalentar el vapor producido entre los cuerpos de alta presión y de baja presión de las turbinas, siendo a continuación enviado de nuevo

el caudal de agua extraída al generador a una temperatura todavía superior a la del agua secundaria de alimentación.

Igualmente y con preferencia, los conductos de entrada de agua secundario en la virola interna de la envolvente se asocian a órganos de distribución circunferenciales montados en esta virola y que permiten repartir el caudal en ella. Según otra característica particular, finalmente, los tubos del haz están convenientemente atirantados, merced a rejillas provistas de orificios brocados atravesados por estos tubos.

Otras características de un generador de vapor establecido conforme a la invención, se pondrán de manifiesto a través de la descripción que sigue de dos ejemplos de realización, dados a título indicativo y no limitativo y con referencia a los dibujos anexos, en los que:

La figura 1 es una vista esquemática en sección axial de un generador de vapor según una primera forma de realización de la invención, adaptada al suministro de vapor saturado.

La figura 2 es una vista de detalle en sección vertical a mayor escala de otra variante de realización del generador considerado, limitada en su parte superior, para el suministro de vapor sobrecalentado.

En el ejemplo de realización ilustrado en la figura 1, la referencia 1 designa en su conjunto el generador según la invención, principalmente constituido por dos virolas cilíndricas respectivamente 2 y 3 de eje vertical común, siendo a continuación denominada la virola 2 "virola interna" y la virola 3 "virola externa". Estas dos virolas se acoplan entre sí por mediación de un colector 4 en forma de cajón tórico de sección rectangular y respectivamente cerradas en sus extremidades opuestas por fondos semi-esféricos 5 y 6. La pared superior del cajón 4 está constituida por una placa de tubos 7, horizontal, de forma anular, siendo respectivamente solidarizadas sus paredes verticales interior y exterior a las virolas 2 y 3 de las que constituyen sus prolongaciones, siendo su pared inferior una placa anular 8. Un conducto 10 desemboca a través de la pared

externa 3 de este colector 4, permitiendo la admisión en éste del agua -  
primaria a presión que sale del reactor nuclear.

En la extremidad inferior de la virola interna 2, se dispone g  
encima una placa de tubos central 11, igualmente horizontal, que agencia jun  
to con el fondo 6 que cierra esta virola 2, otro colector 12 ó colector de  
5 evacuación del agua primaria, reuniéndose el caudal de esta última en es-  
te colector antes de evacuarse fuera del aparato por conductos 13 y 14.

La travesía del generador de vapor por el agua primaria se efec  
túa, según la invención, a través de un haz de tubos 15, de los que se han  
10 representado algunos solo en la figura, comprendiendo cada uno de estos tu-  
bos en la mayor parte de su longitud una jamba vertical 16, cuya extremi-  
dad inferior se acopla a la placa de tubos central 11. En su extremidad -  
opuesta, más allá de la parte abierta superior de la virola 2, cada uno de  
los tubos 15 se prolonga por una parte acodada 17 en forma de cruceta cuya  
15 concavidad está dirigida hacia abajo, permitiendo acoplar estos tubos a la  
placa anular 7 que delimita el colector de admisión. Merced a estas dispo-  
siciones, el agua primaria a presión, introducida por el conducto 10 en el  
colector 4, atraviesa el conjunto de los tubos 15 para recogerse en el co-  
lector de evacuación 12 antes de escapar fuera del aparato por los conduc-  
20 tos 13 y 14. Preferentemente, los tubos 15 del haz se atirantan mutuamente  
por medio de una serie de rejillas 18 esquemáticamente representadas en el  
dibujo, comprendiendo estas rejillas en su travesía por los tubos y en par-  
ticular por las jambas verticales 16 de éstos, orificios brocados (no re-  
presentados) que aseguran el mantenimiento conveniente de estos tubos sin  
25 impedir la circulación del agua secundaria, a contra-corriente del agua -  
primaria, al exterior de los tubos.

La producción de vapor saturado se realiza merced a la admisión  
por un conducto lateral 19 de agua secundaria, que penetra en la virola in-  
terna 2, cerca de su extremidad inferior por encima de la placa de tubos -  
30 central 11, asociándose este conducto 19, en el interior de la virola, a

un deflector de forma cilíndrica 20 que permite asegurar una buena repartición del caudal. Igualmente se prevé en la pared opuesta de la virola interna 2, otro conducto de admisión 21 asociado de nuevo a un deflector 22, correspondiendo el agua secundaria introducida en la virola por este conducto 21, como se verá a continuación a un retorno de agua extraída en el generador para asegurar el recalentamiento del vapor entre los cuerpos de alta y de baja tensión de las turbinas (no representadas) asociadas a la instalación, estando el agua reenviada a la virola 2 a una temperatura sensiblemente superior a la del agua de alimentación introducida por el conducto 19 y destinada consecuentemente a asegurar un barrido eficaz y en las mejoras condiciones térmicas de la placa de tubos 11.

En la virola interna y en contacto con el haz de tubos 15, el agua secundaria se calienta progresivamente y después se vaporiza presentándose bajo la forma de una mezcla de gotitas de agua y de vapor por encima del haz de los tubos 15. La mezcla atraviesa entonces unos separadores 23 donde se enriquece de vapor y después unos secadores 24, siendo el vapor recogido en el colector 25 previsto bajo el fondo superior 5 de la virola externa 3, un vapor casi seco, extraído finalmente del aparato por los conductos 26 y 27. Bajo los separadores 23 está dispuesto ventajosamente el conducto 28 con deflector cilíndrico 29, que permite, como se ha indicado anteriormente, extraer una parte del agua secundaria a la temperatura de vaporización para la utilización en un circuito exterior, antes de reenviarse al aparato por el conducto 21. Esta disposición presenta la ventaja suplementaria de favorecer el funcionamiento de los separadores 23.

Así pues se realiza un generador de vapor saturado que presenta ventajas considerables tanto desde el punto de vista de sus rendimientos como de su funcionamiento, frente a generadores de vapor de tubos en U clásicos. En el plano de los rendimientos, el hecho de tener un generador de circulación metódica con excelente homogeneización y a velocidad elevada del fluido secundario permite aumentar intercambios térmicos de forma

muy notable. Así resulta que la presión en el generador puede aumentarse, de donde proviene una mejora del rendimiento de la instalación tomada globalmente, en particular cuando se utiliza preferentemente un sistema de sobrecalentamiento entre los cuerpos de alta y de baja presión de las turbinas por extracción de agua secundaria en el propio generador. En cuanto al plano del funcionamiento, fuera de una excelente estabilidad, el generador se adapta perfectamente para seguir todas las variaciones de carga, dado el excelente acoplamiento existente intrínsecamente entre el generador de vapor el reactor nuclear que proporciona el agua primaria a presión. Además, la separación de las placas tubulares y la forma de los tubos que así resulta permite reducir considerablemente los esfuerzos térmicos en estas placas; además, merced a su forma en cruceta, los tubos de circulación conservan una flexibilidad suficiente para hacer frente al problema de las dilataciones diferenciales.

Además, las disposiciones tomadas permiten evitar las zonas de estancación del agua secundaria ó que presentan particularidades hidrodinámicas desfavorables.

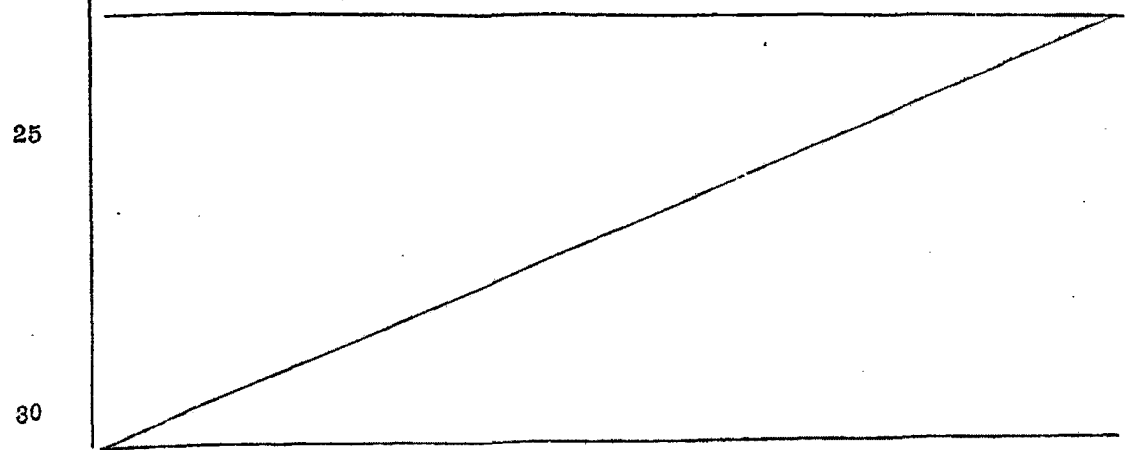
En una segunda variante de realización ilustrada en la figura 2, se vé la mayor parte de las disposiciones tomadas en la primera variante, estando en esta ocasión destinado el generador a procurar vapor sobrecalentado. En particular, se observa aquí con su placa tubular anular 7, el colector de admisión tórico 4 que une la virola interna 2 y la virola externa 3, el haz de tubos 15 con sus jambas verticales 16 y su parte acodada 17 en forma de cruceta, así como la parte superior de la virola externa, cerrando el fondo 5 a esta última.

En esta variante, sin embargo, la región dispuesta en el interior de la virola externa 3 por encima de la extremidad del haz de tubos 15 comprende un deflector transversal 30 tal que el vapor sobrecalentado de la región 41 barra convenientemente la parte superior de los tubos antes de recogerse por encima de este deflector 30 en el colector 32 de don-

de es evacuado por los conductos 33 y 34. En esta variante, la extracción de agua a la temperatura de vaporización se efectúa ventajosamente por una conducción lateral 35 asociada a un deflector cilíndrico interno 36, estando prevista esta conducción 35 en una zona correspondiente al principio de la vaporización del agua secundaria en contacto con los tubos recorridos por el agua primaria. Al igual que en el ejemplo anterior, el agua secundaria extraída, después del recalentamiento del vapor entre los cuerpos de alta y de baja presión de las turbinas, es enviada de nuevo a la base del generador para mezclarse con el agua de alimentación después del barrido de la placa tubular 11.

El generador de vapor sobrecalentado así concebido presenta rendimientos y características de funcionamiento que realizan una mejora sensible con respecto a los rendimientos de los generadores de tubos rectos generalmente utilizados para la producción de vapor sobrecalentado. Además, habida cuenta de la estructura del generador, los tubos están repartidos de forma regular en la virola interna y en la placa de tubos anular. Consecuentemente, se evita al máximo la creación de gradientes térmicos en un plano perpendicular al eje del generador.

A continuación se dá, en un cuadro recapitulativo, ejemplos de características termodinámicas de generadores de vapor según una y otra de las dos variantes mencionadas, procediendo el agua primaria de un reactor nuclear de agua ligera presurizada.



VAPOR SATURADO (figura 1)	VAPOR SOBRECALENTADO (Figura 2)
Potencia térmica: 1.387 MW Potencia eléctrica: 512 MW Diámetro interior: 2,80m/4,50m Altura: 19 m Número de tubos: 12.000 Diámetro exterior de los tubos 16 mm Superficie de intercambio 7,500 m <sup>2</sup>	Potencia térmica: 1.387 MW Potencia eléctrica: 511 MW Diámetro interior: 2,80m/4,50m Altura: 20 m Número de tubos: 12.000 Diámetro exterior de los tubos 16mm Superficie de intercambio 10.200m <sup>2</sup>
FLUIDO PRIMARIO	FLUIDO PRIMARIO
Temperatura de entrada: 330°C Temperatura de salida: 292°C Caudal: 5.900 kg/s	Temperatura de entrada: 329°C Temperatura de salida: 293°C Caudal: 6.238 kg/s.
FLUIDO SECUNDARIO	FLUIDO SECUNDARIO
a) <u>agua alimenticia</u> Temperatura de entrada: 243,3°C Caudal: 746 kg/s <u>Vapor</u> Salida del generador Presión: 79b Temperatura: 294°C Caudal: 746 kg/s <u>Admisión a la turbina</u> Presión: 75 b Temperatura: 291°C Caudal: 746 kg/s	a) <u>agua alimenticia</u> Temperatura de entrada: 232,5°C Caudal: 686,6 kg/s. <u>Vapor</u> Salida del generador Presión: 74b Temperatura: 310°C Caudal: 686,6 kg/s. <u>Admisión a la turbina</u> Presión: 75b temperatura 308°C Caudal: 686,6 kg/s  (Continúa en la hoja 9)

(Continuación)

	FLUIDO SECUNDARIO (Figura 1)	FLUIDO SECUNDARIO (Figura 2)
5	<p>b) <u>Agua de Sobrecalentamiento</u> Temperatura de entrada: 260°C Temperatura de salida: 295°C Caudal 622 kg/s Caudal total de agua secundaria 1.368 kg/s</p>	<p>b) <u>Agua de Sobrecalentamiento</u> Temperatura de entrada: 250,6°C Temperatura de salida: 290°C Caudal: 536,5 kg/s Caudal total de agua secundaria 1.222 kg/s.</p>
10	<p>Velocidad media del agua en la parte de economizador <math>\neq</math> 0,82 m/s</p>	<p>Velocidad media del agua en la parte de economizador <math>\neq</math> 0,71 m/s</p>

15

Quede bien entendido que la invención no se limita a los únicos ejemplos de realización más especialmente descritos y reivindicados, sino que por el contrario cubre todas las variantes.

20

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

5 1.- Perfeccionamientos en generadores de vapor para centrales de agua presurizada, caracterizados porque comprenden en combinación una envolvente externa formada por dos virolas cilíndricas, respectivamente in-  
terna inferior y externa superior de eje vertical común, cerradas en sus  
10 extremidades opuestas por fondos y encajadas entre sí en una longitud de encaje paralela al eje dado, presentando estas virolas diámetros diferen-  
tes, una placa de tubos anular, horizontal, dispuesta entre la extremidad superior de la virola interna y la virola externa, delimitando esta placa  
15 anular con las virolas y una pared paralela un colector anular de admisión de agua primaria a presión cuya altura es igual a la longitud de encaje, una placa de tubos central, montada en la virola interna cerca de su fondo de extremo inferior y que delimita con éste un colector de evacuación del  
agua primaria, un haz de tubos paralelos en la mayor parte de su longitud,  
20 recorridos por agua primaria, extendiéndose estos tubos verticalmente a partir de la placa de tubos central y que comprenden en el extremo una parte acodada en forma de cruceta con concavidad dirigida hacia abajo para su  
acoplamiento con la placa de tubos anular, acoplándose los tubos menciona-  
dos de forma regular en la totalidad de la placa de tubos anular, conduc-  
25 tos de entrada en la envolvente del agua secundaria a vaporizar previstos en la virola interna cerca de la placa de tubos central, finalmente conduc-  
tos de salida del vapor producido, previstos en la virola externa ó en el fondo de ésta.

25 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracteri-  
zados porque comprenden al menos un conducto de extracción de agua secun-  
daria a la temperatura de vaporización utilizada para sobrecalentar ó re-  
calentar el vapor producido entre los cuerpos de alta y de baja presión de  
las turbinas, siendo a continuación el caudal de agua extraído enviado de  
30 nuevo al generador a una temperatura todavía superior al agua secundaria de alimentación.

3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque los conductos de entrada del agua secundaria en la virola interna de la envolvente se asocian a órganos de distribución circunferenciales, montados en esta virola y que permiten repartir el caudal en ésta.

5 4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque los tubos del haz están convenientemente atirantados, merced a rejillas provistas de orificios brocados átravesados por estos tubos.

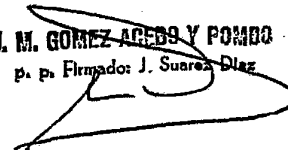
10 5.- Perfeccionamientos en generadores de vapor para centrales de agua presurizada; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria, e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de 11 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 28 SET. 1978

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE

J. M. GOMEZ ACEBS Y POMBO  
p. p. Firmador: J. Suarez Diaz



15



