

REVISTA EXTRANJERA

Turbina radial de doble rotación (Conclusión).

La turbina radial, de doble rotación, de 2.000 kilovatios, tiene un rendimiento propio del orden de 78 por 100. La diferencia, 22 por 100 que comprende el conjunto de las pérdidas de la turbina: estrechamiento del obturador, frotamiento en los canales, choques á la entrada de los álabes, frotamiento de los discos y coronas con el vapor, fugas en las juntas y guarniciones, velocidad residual en la última rueda, radiación y conductibilidad, frotamientos mecánicos y energía absorbida por los aparatos accesorios, regulador y bomba de aceite, no es susceptible de reducirse mucho.

Por esta parte no parece, por lo tanto, que se pueda mejorar en una gran proporción, los resultados actuales, aun suponiendo la aparición de una nueva máquina fundada sobre nuevos principios; no se concibe, en efecto, que el rendimiento de una máquina térmica de vapor, cualquiera que sea, pueda jamás ser del orden de los que se obtienen, por ejemplo, con las máquinas eléctricas.

Por otra parte, la mejora que se puede esperar ensanchando los límites entre los cuales evoluciona el vapor, es también bastante limitada.

Resulta, del cuadro precedente, que con vapor á 13 kilogramos absolutos, á 370°, dilatándose hasta un vacío de 96, por 100, el rendimiento del ciclo es de 0,316.

Ahora bien, hacia abajo, se puede considerar que con un vacío de 96 por 100 se llega casi al límite de lo que se puede realizar industrialmente.

Menos limitado está en verdad por el lado hacia arriba, pero la simple inspección de un diagrama entrópico muestra que si la mejora que se realiza aumentando los vacíos es considerable, la que resulta del aumento de presiones no procura más que una ganancia relativamente mínima. Así es que con vapor á la presión absoluta de 25 kilogramos y á la temperatura de 400°, haciéndose el escape bajo un vacío de 98 por 100, cada kilogramo de vapor libera, por dilatación adiabática, 265 calorías susceptibles de transformarse en trabajo mecánico, lo que corresponde á un rendimiento de ciclo de:

$$\frac{265}{763} = 0,347.$$

La ganancia realizada con relación al ejemplo precedente es, pues, de

$$\frac{347 - 316}{316} = 9,8 \text{ por } 100 \text{ solamente,}$$

mientras que casi se ha doblado la presión y que la temperatura se ha llevado á un límite que parece difícil rebasar.

Como, por otra parte, siendo todas las demás cosas iguales, el rendimiento baja un poco á medida que se ensanchan los límites entre los cuales evoluciona el vapor, no hay casi que esperar que la progresión desarrollada durante los últimos quince años pueda aumentar mucho.

La aparición de la turbina radial, de doble rotación, ha permitido realizar inopinadamente una ganancia considerable de 15 á 20 por 100 en el gasto de vapor, y si hay lugar para mejoras interesantes, no parece que de aquí á mucho tiempo pueda de nuevo salvarse una etapa parecida.

Después de estas consideraciones preliminares pasa M. Foillard á hacer una descripción sumaria de la turbina radial de doble rotación sistema Ljungström.

Se compone esencialmente de dos platillos montados en los extremos de dos árboles independientes colocados en prolongación uno del otro. Estos platillos llevan unas coronas de álabes montados concéntricamente y que se encajan los unos en los otros.

El vapor que llega por el centro atraviesa sucesivamente las diferentes coronas de álabes, que pertenecen alternativamente á los dos platillos, para llegar á la última corona que está, por la envolvente exterior de la turbina, en comunicación con el condensador.

Como no hay álabes fijos, resulta:

- 1.º Que la turbina es necesariamente del tipo de reacción.
- 2.º Que los dos platillos giran en sentido contrario el uno del otro, puesto que las reacciones no se ejercen más que entre órganos móviles.

Desde el punto de vista termodinámico, una disposición de esta naturaleza presenta una ventaja considerable por el hecho de que la velocidad relativa, entre las dos series de álabes, es el doble de la que corresponde á la velocidad real de rotación. Así, con una turbina de este sistema girando á razón de 3.000 vueltas por minuto, se está, desde el punto de vista del rendimiento termodinámico, todas las demás cosas siendo iguales, en las mismas condiciones que una turbina ordinaria girando á 6.000 vueltas por minuto.

Además, la disposición concéntrica de los álabes suprime los remolinos de vapor que se producen, en detrimento del rendimiento, en las grandes álabes radiales de las turbinas axiales, por el hecho de que la velocidad periférica varía, en límites bastante grandes, según la distancia del punto considerado al centro de rotación.

En fin, los frotamientos de las partes móviles con el vapor son muy pequeños, puesto que no hay más que dos platillos que giren y que estos platillos no están en contacto con el vapor denso más que en su parte media en que las velocidades son muy pequeñas.

La construcción de esta turbina presentaba, desde el punto de vista mecánico, cierto número de dificultades que han recibido soluciones completamente satisfactorias y que han sido sancionadas por la práctica.

La equilibración longitudinal se obtuvo automáticamente, con la ayuda de discos de laberintos, sin empleo de cojinetes. Por otra parte, gracias al empleo de juntas de dilatación especiales, montadas en las partes sometidas al contacto del vapor, se pueden emplear los altos recalentamientos y los cambios bruscos de temperatura, correspondientes á las variaciones de carga, no tienen efectos dañosos sobre las partes mecánicas.

Hay dispuesto un juego importante entre las partes móviles, estando asegurada la junta entre las coronas de álabes por laminillas delgadas de níquel puro.

Las juntas sobre los árboles, por el lado de la turbina, se aseguran por unas guarniciones de laberinto.

Los cojinetes están provistos de una disposición particular de regulación, que es á la vez sencilla, precisa y permanente. Una vez efectuada la regulación, puede la turbina desmontarse y volverse á montar sin ninguna alteración apreciable en la alineación de los árboles.

En general, todas las partes de esta turbina son de una fuerte construcción, los álabes en particular, soldados con soldadura autógena en las coronas, que las unen por sus dos extremos, presentan una gran solidez.

La doble rotación lleva consigo el empleo de dos alternadores de potencia igual en un mismo grupo. Estos alternadores,

que no presentan nada de particular, son de inducido fijo, de inductor móvil y de ventilación artificial.

La excitatriz, común á los dos alternadores, está montada en el árbol de uno de ellos.

Eléctricamente los dos rotores están acoplados en serie y los

entre los dos árboles, bajo el efecto de la frecuencia de la corriente, se obtiene desde que se produce la excitación, ó sea un poco más allá del tercio de la velocidad normal.

El aspecto exterior del grupo es el de un cilindro alargado formado por varios anillos: el anillo central corresponde á la turbina, los dos laterales á los alternadores y los casquetes de los extremos llevan los cojinetes y la excitatriz.

Para evitar toda deformación, debida á la dilatación, el grupo descansa directamente sobre la brida del condensador y los extremos están sencillamente sostenidos por unas cajas de resortes.

El regulador centrífugo, montado sobre uno de los árboles, mueve al obturador automático por el intermedio de un servomotor de aceite. Cada árbol está, además, provisto de un limitador de velocidad de seguridad que detiene al grupo si la velocidad de rotación sobrepasa en una cierta cantidad á su tasa normal.

El engrase de los cojinetes se consigue por una circulación de aceite bajo presión con filtro y refrigerante. Los cojinetes están, además, provistos de un órgano térmico en conexión con el obturador de vapor, dispuesto para detener el grupo, en caso de un recalentamiento anormal.

La figura 2.^a, plano; la 1.^a, elevación y corte, según *AB*, y la 3.^a, perfil y corte, según *CD* de la figura 2.^a, representan un grupo electrógeno de turbina radial de doble rotación, sistema Ljungström.

Concluye el autor del artículo que extractamos manifestando que el empleo de estos grupos está muy indicado en las centrales eléctricas en que el gasto de combustible es primordial.

Aunque esta turbina sea de creación reciente, las aplicaciones en la actualidad, en servicio ó en montaje, son ya numerosas y representan más de 100.000 kilovatios, en unidades de 350 á 7.000 kilovatios.

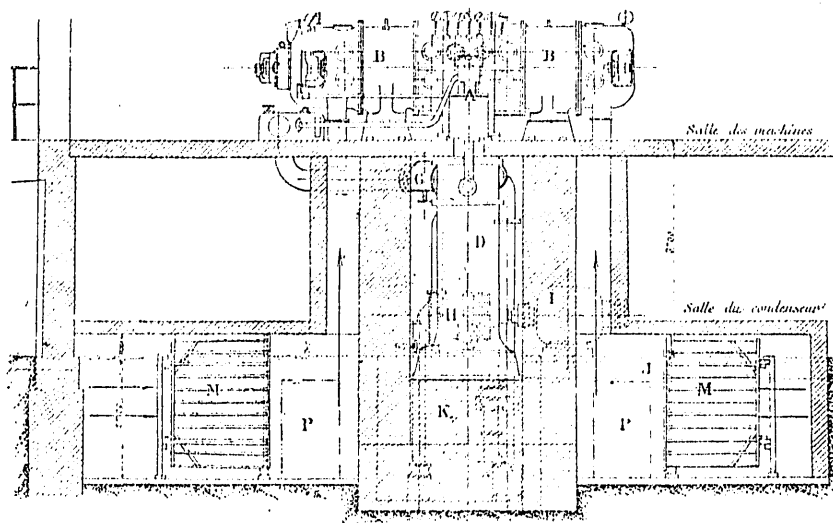
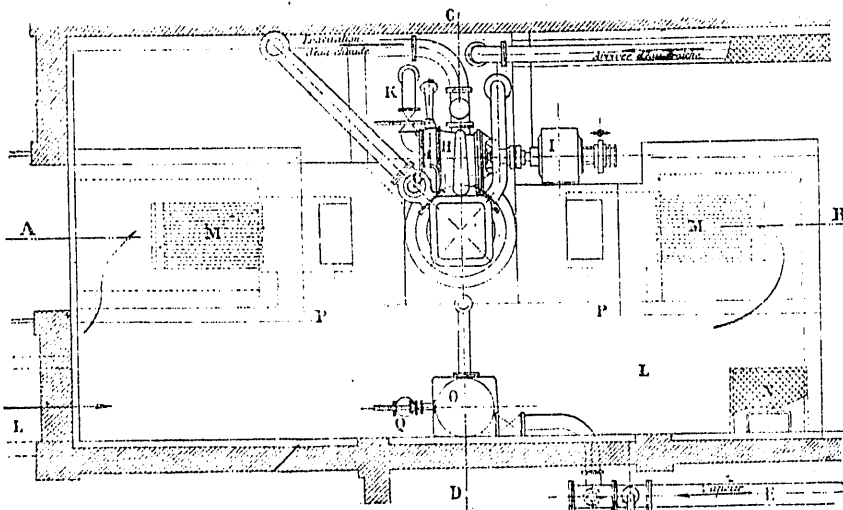
Monsieur Banchère, Director general de la Sociedad de Cementos franceses y M. Coiffu, Ingeniero principal de esta Sociedad, impresionados, desde el primer momento, por las ventajas que presentaba esta máquina, de la que un sólo ejemplar estaba entonces en vías de montaje en una fábrica del Metropolitano de Londres, obtuvieron del Presidente del Consejo de Administración de su Sociedad, M. Appert, autorización para encargar á los Establecimientos Santter-Harlé la instalación de un grupo Ljungström de 1.000 kilovatios en su fábrica de Guerville, cerca de Mantes. Este grupo, que asegura un servicio de veinticuatro horas por día, es el que está representado en las figuras citadas anteriormente.

A consecuencia de los buenos resultados obtenidos, esta Sociedad acaba de decidir la instalación de otro grupo de 2.000 kilovatios á 3.000 revoluciones, con condensador por superficie para agua salada, en su fábrica de Boulogne-sur-Mer.

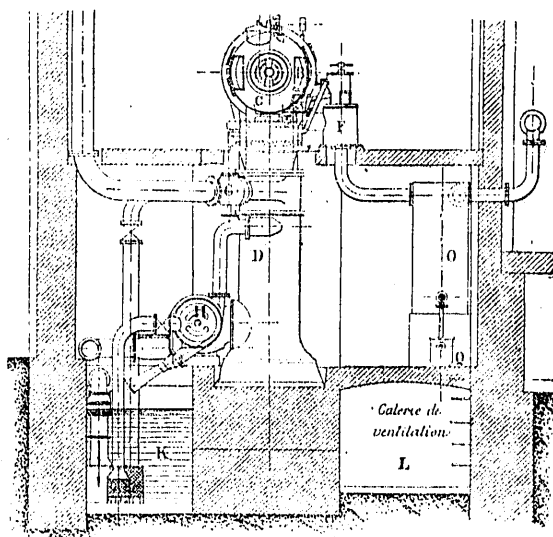
Otra aplicación, particularmente interesante, es la relativa á la propulsión de los buques, pasando por el ciclo eléctrico. Esta combinación permite hacer funcionar á la turbina á su velocidad normal, que es rápida, y á la hélice á una marcha lenta correspondiente al rendimiento máximo.

La primera instalación se ha realizado por la Compañía marítima Svea, de Estocolmo, en el buque *Mjölnar*. El autor expone con detalles las características de este buque, describe los dos grupos electrógenos instalados y manifiesta los resultados de la explotación.

En vista de estos resultados otras Compañías se han decidido á hacer aplicación de este sistema á sus buques, y, en la actualidad, hay en construcción aparatos para el equipo de ocho barcos, cinco suecos, uno noruego, un inglés y un ruso.

Fig. 1.^aFig. 2.^a

- A.—Turbina de vapor.
- B.—Alternadores.
- C.—Excitatriz.
- D.—Condensador por mezcla W. L.
- E.—Cáñeria de llegada de vapor.
- F.—Obturador.
- G.—Válvula de escape á la atmósfera.
- H.—Bomba del condensador.
- I.—Motor de las bombas.
- J.—Llegada de agua fresca de cisterna con llave de flotador.
- K.—Estanque de aspiración de las bombas.
- L.—Galerías de aspiración de aire para la ventilación de los alternadores.
- M.—Filtros de aire.
- N.—Trampas de acceso á las galerías de ventilación.
- O.—Botella de purga.
- P.—Puertas de acceso á los filtros de aire.
- Q.—Purgador automático.

Fig. 3.^a

dos estatores en cantidad, y esto sobre el mismo grupo, sin interposición de ningún aparato, de modo que exteriormente las conexiones corresponden exactamente á las de un conjunto que formase un sólo alternador.

A la puesta en marcha del grupo, el sincronismo de velocidad