

TURBINAS DE GAS COMO INTEGRANTES DE INSTALACIONES PROPULSORAS ELÉCTRICAS

Indalecio SEIJO JORDÁN



Ningún conocimiento humano puede ir más allá de su experiencia.

John Locke.

Introducción



OS sistemas eléctricos de propulsión están actualmente revolucionando los métodos de construcción de los astilleros y cambiando algunos conceptos que desde hace años se tenían por invariables. La exponencial aplicación de estos nuevos sistemas es la mayor innovación desde la aparición de las plantas de propulsión nuclear y las turbinas de gas, hace ya 50 años. Este artículo pretende mostrar que, dejando aparte la propulsión nuclear para submarinos, los sistemas híbridos de propulsión eléctrica con turbinas de gas y motores diésel constituirán las soluciones más exitosas para las próximas décadas.

Antecedentes

Tradicionalmente las turbinas de gas (e incluso las de vapor) han ofrecido unas posibilidades muy constreñidas. Estas muestran su mayor eficiencia a miles de revoluciones, mientras que las hélices lo hacen uno o dos órdenes de magnitud por debajo. Este escenario motivó la necesidad de instalar grandes y pesadas cajas reductoras. Y aunque las hélices de paso controlable paliaron en parte este problema, se siguieron manteniendo estas máquinas con una sola función: la propulsión.

El uso de motores eléctricos acoplados a las hélices, los *waterjets* y los PODS han aportado flexibilidad y multiplicado las opciones de diseño. Los avances en superconductores, almacenamiento de energía, las tecnologías de distribución eléctrica y los motores de imanes permanentes van a encontrar pronto su aplicación a bordo.

Los actuales sistemas híbridos de propulsión tienen como principal ventaja la sencilla obtención de energía para los servicios del buque, radares, comunicaciones, armamento de alta energía e incluso para suministrar corriente a tierra en casos de catástrofes humanitarias.

Los inconvenientes del uso de las turbinas de gas a bordo han superado normalmente sus ventajas. Básicamente su alto consumo específico de combustible, así como su elevado coste inicial han sido factores decisivos a favor de los motores diésel; sin embargo, los recientes desarrollos tecnológicos y la «parada» en la escalada de los precios del crudo están haciendo reconsiderar su uso a bordo, sobre todo como generadores de energía eléctrica.

Desarrollos tecnológicos

La turbina de gas es una máquina simple, con un movimiento «natural» de giro, comparada con el «antinatural» movimiento alternativo de un motor diésel. Solo es necesario cotejar el estado de las turbinas de gas y los motores diésel de los buques que se van «jubilando» para darse cuenta de su durabilidad.

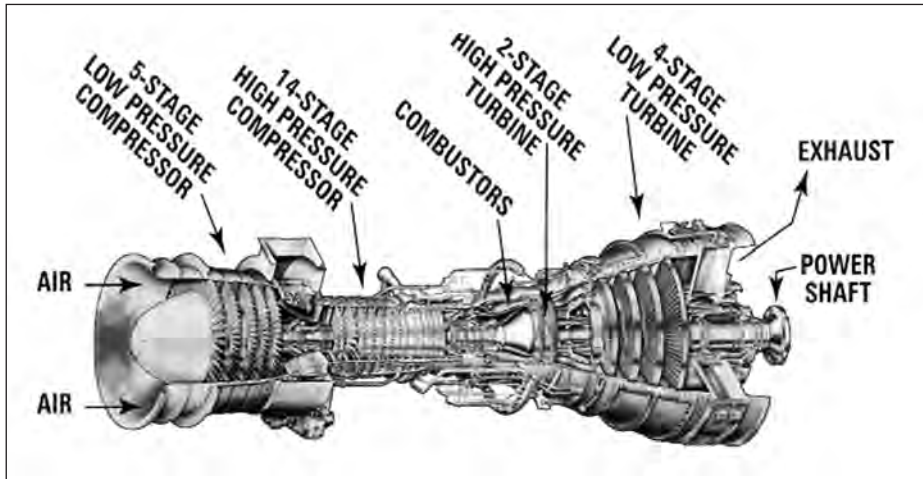
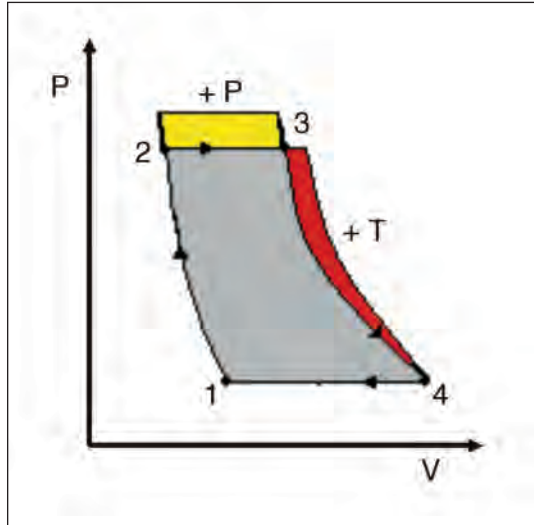


Figura 1. Este gráfico de una LM2500 explica tan bien el principio de trabajo de una turbina de gas que no son necesarias más explicaciones.

El compresor aumenta la presión atmosférica, multiplicándola por un factor entre 5 y 25. De ahí el aire pasa a la cámara de combustión donde se mezcla con el combustible en una proporción aproximada de aire: combustible de 60:1 en peso, produciendo unos gases a una temperatura de entre 850 y 1.100 °C. Posteriormente estos gases se expanden en las turbinas.



Tampoco resulta difícil comprender, a la vista de la fórmula del rendimiento de estas máquinas, que hay dos formas de aumentarlo: trabaja-

jando a mayores presiones y/o temperaturas. En cualquier caso el objetivo es aumentar el área del ciclo que significa el trabajo útil que se extrae.

Los nuevos diseños de turbinas de gas ya están contemplando relaciones de presión en el compresor de 1:30 en compresores simples y de 1:50 en multicompresores. Esto, combinado con mayores temperaturas, produce un aumento en la eficiencia, como hemos dicho antes.

Para poder soportar estas presiones y temperaturas la clave es la mejora de los materiales. En este sentido se están investigando compuestos de matriz cerámica, piezas elaboradas con metal en polvo y diversos recubrimientos refractarios que actúen como barrera térmica.

También se investiga en el uso de nuevos ciclos, como el ciclo Humprey modificado, que pasa de la combustión a presión constante a una a volumen constante, y que se estima estarán disponibles sobre el año 2030.

Propulsión eléctrica

La propulsión eléctrica es, sin duda, la elegida por numerosas marinas de todo el mundo para la propulsión de sus nuevos buques. En Estados Unidos el primero de estos es el *DDG-1000* (clase *Zumwalt*), con motores eléctricos desarrollados por Alstom (habiendo descartado en su día la disposición en PODS), y una generación eléctrica de la que se encargan dos turbinas de gas Rolls-Royce de 36 MW, además de los correspondientes diésel generadores.

Una propulsión similar será la que lleve el portaaviones inglés *Queen Elizabeth*, con una generación eléctrica de la que se encargarán dos turbinas



Motor eléctrico del *Queen Elizabeth*.

de gas exactamente iguales a las anteriores y cuatro diésel generadores Wartsila (dos de 9 MW y dos de 11 MW). Las turbinas podrán colocarse en las islas del buque, eliminando así los voluminosos conductos de aspiración y exhaustación, un cambio que sin duda traerá de cabeza a los diseñadores, pero que permitirá aprovechar el espacio al máximo. De la propulsión se encargarán dos motores eléctricos de inducción permanente (ver foto-

grafía) Converteam de 20 MW.

Los destructores ingleses de la *Clase 45* ya navegan con su sistema de propulsión eléctrica integrada. Dos alternadores de turbina de gas Rolls-Royce WR-21 y dos generadores diésel Wartsila 12V200 proporcionan energía eléctrica de 4.160 voltios a un sistema de alta tensión. El suministro de alto voltaje se utiliza para proporcionar alimentación a dos motores de inducción avanzados Converteam, con una potencia de 20 MW cada uno.

La Armada española también ha dado sus primeros pasos con el LHD *Juan Carlos I*, con su planta motriz formada por dos PODS de 11 MW y una generación eléctrica confiada a una turbina de gas General Electric LM-2500 de 20 MW y dos generadores diésel Bazán-Man de 7,8 MW.

La Armada de Sudáfrica ha implementado una novedosa solución, evitando la propulsión eléctrica en sus corbetas de la clase *Valour* (MEKO) con dos motores diésel de 5.920 kW conectados a dos hélices y una turbina de gas de 20.000 kW moviendo la bomba de un *waterjet*.

También conviene hacer un seguimiento de instalaciones propulsoras de cruceros, como la del *Brilliance of the Seas*, un buque de casi 300 metros de eslora, con una velocidad de crucero de 25 nudos y una capacidad para 2.100 pasajeros. Su instalación COGES cuenta para la producción eléctrica con dos turbinas de gas LM-2500+ y una turbina generadora movida por vapor (conseguido gracias a la alta temperatura de los gases de exhaustación de las turbinas de gas), sumando una capacidad de producción de casi 60 MW.

Turbinas de gas más vendidas

Los requisitos de mercado para las turbinas de gas no deberían cambiar demasiado en los próximos años. El énfasis continuará poniéndose en la obtención de una alta relación potencia/peso, en reducir las dimensiones de la instalación y en un fácil mantenimiento. El sector militar continuará siendo el que absorba la mayor parte de la producción.

Los motores LM-1600, LM-2500+, SPEY y el WR21 son los más exitosos, no solo para nuevas construcciones, sino también para remotorizaciones de antiguos buques. Los fabricantes más populares continuarán siendo General Electric y Rolls Royce, quienes están recibiendo más encargos de los previstos debido al uso de estas máquinas en las nuevas instalaciones propulsoras eléctricas.

Otros fabricantes seguirán teniendo sus pequeñas cuotas de mercado debido a factores como la defensa de la producción nacional, acuerdos económicos con otros países o bien en aplicaciones de pequeñas potencias.

Lo que sí está claro es que todos ellos deberán afanarse en los próximos años en tratar de reducir el coste inicial de las máquinas y su consumo específico.

Conclusiones

Las disposiciones propulsoras de mayor éxito en los próximos años serán las CODAG (*Combinated Diesel and Gas*), CODAG-WARP (*Combinated Diesel and Gas-Waterjet and Refined Propeller*) y COGES (*Combinated Gas Turbine and Steam Turbine*).

La principal necesidad en cuanto a plataforma en los futuros buques militares será una mayor disposición de energía eléctrica. Además, con la llegada de catapultas y cañones electromagnéticos la demanda de instalaciones propulsoras eléctricas seguirá aumentando.

Asistiremos a una gran variedad de opciones propulsoras en buques de entre 3.000 y 8.000 toneladas.

General Electric y Rolls Royce coparán la mayor parte del mercado de turbinas de gas para las armadas de Occidente. En menor escala, otros fabricantes serán Vericor y Pratt & Whitney Power Systems. En países como Rusia, Ucrania, India y Vietnam seguirá teniendo éxito Zorya-Mashproekt.

Como acompañantes de las turbinas de gas existe un campo a ocupar por nuevos motores diésel en el rango de 10.000 a 20.000 CV.

La cooperación entre empresas será más necesaria que nunca para poder desarrollar programas conjuntos, uniendo fabricantes de motores eléctricos, turbinas, motores diésel y alternadores.