

Resumen

Los sistemas de refrigeración por eyección activados por calor de origen renovable o fuentes de calor residual tienen el potencial de alcanzar ahorros energéticos significativos al sustituir o asistir a los sistemas de refrigeración tradicionales. Por tanto, no es de extrañar que el interés científico en torno a ellos haya experimentado un crecimiento en los últimos años. Su campo de aplicabilidad es muy amplio y el presente trabajo se ha centrado en un estudio detallado de dos aplicaciones con gran potencial siguiendo un enfoque computacional: (i) generación de aire acondicionado activado por energía solar térmica y (ii) refrigeración de la admisión de un motor de combustión reutilizando la energía térmica disponible en la línea de escape de este.

Las actividades de investigación han estado dirigidas a mitigar dos de los principales puntos débiles que caracterizan a los ciclos de refrigeración por eyección: su eficiencia relativamente baja y la incapacidad mostrada por la configuración base del ciclo de eyección para operar de forma robusta en condiciones de operación alejadas de las de diseño. La primera cuestión ha sido abordada principalmente diseñando geometrías de eyector altamente optimizadas usando técnicas de mecánica de fluidos computacional y optimizando la integración del eyector en el conjunto del sistema de refrigeración. La segunda cuestión se ha abordado caracterizando el comportamiento del sistema en condiciones de diseño y fuera de diseño. Se han propuesto dos estrategias avanzadas para hacer frente a la caída de prestaciones que sufre el sistema al operar en condiciones fuera de diseño, como son la utilización de eyectores de geometría ajustable o la implementación de tanques de almacenamiento térmico.

La respuesta del sistema se ha analizado en condiciones fuera de diseño con dos aproximaciones temporales complementarias. Los modelos estacionarios se han usado para optimizar las diferentes arquitecturas de eyector y la operación global del sistema en ciertas condiciones de operación representativas, mientras que el análisis transitorio representa un enfoque más realista y tiene en cuenta la naturaleza impredecible e inestable de los cambios en las condiciones climáticas.

El estudio se ha concluido con un análisis termoeconómico, el cual ha sido útil para discernir si los diseños altamente optimizados son competitivos al ser comparados con las soluciones de refrigeración que se encuentran actualmente consolidadas en el mercado.

Los principales hallazgos del trabajo de investigación demuestran que el proceso propuesto de optimización geométrica de eyectores permite maximizar las prestaciones

del eyector para unas condiciones determinadas de referencia. Asimismo, la geometría variable altamente optimizada permite mejoras significativas al operar en condiciones fuera de diseño.

La principal conclusión del análisis en condiciones estáticas para la aplicación termosolar es que la transformación de potencia térmica a potencia de refrigeración puede alcanzar un rendimiento (COP_{th}) del 37.7 %, mientras que el rendimiento global del sistema alcanza el 20.1 % con diseños altamente optimizados de eyector para unas condiciones de evaporación y condensación de $13^{\circ}C$ y $40^{\circ}C$, respectivamente. En condiciones dinámicas, la implementación de la geometría variable mejora en torno a un 40% el rendimiento del sistema de refrigeración (COP_{th}), además de incrementar su capacidad de permanecer en funcionamiento. El tanque de almacenamiento térmico juega un papel relevante en este aspecto y, para una envergadura de colector parabólico de 7.1 m, un consumo nominal de 13.3 kW de potencia térmica del tanque ha resultado ser una solución de compromiso para mantener en equilibrio los principales indicadores de prestaciones. El análisis termoeconómico de la arquitectura más prometedora sugiere que el ahorro de coste operativo está lejos de poder compensar la elevada inversión inicial en equipamiento (16.905 € para una capacidad de refrigeración aproximada de 5.6 kW), poniendo de manifiesto la dificultad del sistema para competir con las soluciones de refrigeración actualmente consolidadas en el mercado y resaltando la necesidad de considerar soluciones híbridas.

La principal conclusión de la aplicación en motor de combustión es que la reducción de temperaturas en la línea de admisión por debajo de $4^{\circ}C$ es factible, produciendo mejoras en el rendimiento volumétrico de en torno al 11%, no obstante, el sistema muestra vulnerabilidades al operar en puntos de motor diferentes al de diseño.