

Sistema intercambiador de calor por compresión de vapor con disminución de consumo de energía en sistemas de refrigeración

1. Descripción

1.1 Sector tecnológico

La presente invención se relaciona con el sector de la Ingeniería Mecánica, específicamente con el desarrollo de equipos para disminuir el consumo de energía en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

La presente invención tiene aplicación específicamente en el sector industrial y en el de la construcción, hotelero, comercial y residencial y en la implementación de tecnologías que permitan el ahorro de energía mediante alternativas como paneles solares y /o donde se requiera el enfriamiento de dispositivos electrónicos y recuperación de calores residuales para ambientes humanos y/o conservación de productos.

1.2 Estado del Arte Previo

En un sistema de aire acondicionado se controlan las propiedades del aire como la temperatura, humedad, circulación y limpieza al interior de un espacio aplicando un ciclo de refrigeración, lo que implica un consumo energético alto (Baniyounes, Ghadi, Rasul, & Khan, 2013).

Según la Agencia Internacional de Energía, el sector de los edificios es actualmente el mayor consumidor de energía a nivel mundial, con un consumo de energía del 32%, en donde los sistemas de aire acondicionado representan entre el 10 - 20% de la energía final consumida en países desarrollados (Wrobel, Walter, & Schmitz,

2013).

La demanda de aire acondicionado está en aumento debido al cambio climático y al calentamiento global, los cuales en su mayoría basan su operación en el consumo de energía eléctrica generada a través de combustibles fósiles. El incremento en la demanda de los sistemas de aire acondicionado aumenta las emisiones de gases de efecto invernadero, empeorando de manera continua el calentamiento global (Fong, Chow, Lee, Lin, & Chan, 2010).

Existen varios métodos para reducir el consumo de energía en sistemas de aire acondicionado tipo *split* condensados por aire, entre los que se tienen la implementación de variadores de velocidad en los compresores como la patente concedida AU569766 (B2), la cual permite variar las presiones de succión y descarga reduciendo así el consumo de energía eléctrica. Sin embargo, este tipo de sistemas comprenden problemas de lubricación que se presentan cuando se reducen las frecuencias de operación por debajo de los 50 Hz.

Otros sistemas que reducen el consumo energético son los sistemas de volumen de aire variable (VAV) los cuales permiten variar la frecuencia de operación de la unidad manejadora en sistemas *split* centrales, como es el caso de la patente concedida US6698219 (B2). No obstante, presentan como desventaja la congelación del serpentín de evaporación debido a la reducción en el caudal de aire de enfriamiento. Asimismo, son sistemas que requieren de equipos tecnológicos robustos lo cual puede limitar su aplicación en diferentes sectores y países.

Por otro lado, los intercambiadores de calor son dispositivos de transferencia de calor los cuales permiten disminuir la temperatura del aire de condensación a través de la zona de evaporación del intercambiador y de esta forma disminuir la presión

en el condensador, reduciendo su consumo específico de energía.

Patentes como CO92 175074 divulgan un intercambiador de calor integral para sistemas de refrigeración y sistemas de acondicionamiento de aire para transferir calor entre diferentes medio fluidos. El sistema comprende un número de serpentines o sistemas tubulares independientes que están conectados entre sí y al aire ambiente mediante una serie de aletas o paletas distanciadas conductoras de calor. El desarrollo mejora la eficiencia y por lo tanto reduce el costo de operación de refrigeración y de calentamiento; sin embargo, no comprende celdas Peltier, las cuales permiten un mayor enfriamiento del agua de condensación, lo que incide directamente en la sustracción de los sistemas tubulares independientes y la bomba térmica. En este sentido, persiste la necesidad de sistemas que puedan configurarse de manera más sencilla, aún manteniendo la eficiencia y el ahorro del consumo energético.

Asimismo, la patente US20060196225 se refiere a un sistema de eficiencia energética que se acopla a un sistema de refrigeración y el cual comprende una unidad auxiliar de intercambio de calor entre el líquido refrigerante que tiene alta presión y el vapor refrigerante de baja presión, un armario que aloja el vapor y un intercambiador externo. Aunque el desarrollo mejora del rendimiento energético para el ciclo de refrigeración y disminuye el consumo de energía eléctrica en un acondicionador de aire, tampoco comprende las celdas Peltier ni disminuye el consumo energético.

La patente US2234753 (A) describe un aparato de intercambio de calor que comprende un mecanismo de refrigeración que incluye unidades de evaporación y de condensación, y medios para hacer circular aire dentro de una habitación u otro recinto alrededor del evaporador o unidad de enfriamiento para efectuar la reducción de la temperatura del aire. El desarrollo proporciona una construcción en

donde el agua de condensación que se acumula y gotea desde la unidad de evaporación está dirigida sobre la unidad de condensación de dicho mecanismo para ayudar a enfriar esta última unidad. No obstante, este mecanismo no mejora la eficiencia energética. Asimismo, este desarrollo no es un sistema independiente que se acople a cualquier otro sistema de refrigeración o aire acondicionado, sino que ya está incluido en el mismo Dispositivo, lo cual reduce sus aplicaciones y su facilidad para ser portable.

Ante los vacíos identificados en el estado del arte y la necesidad persistente de eficiencia energética, la presente invención logra reducir la temperatura del aire de condensación en sistemas de refrigeración y aire acondicionado en los cuales la condensación del refrigerante ocurre al paso de una corriente de aire, empleando intercambiadores de calor con cambio de fase, para disminuir eficientemente el consumo de energía eléctrica, lo cual maximiza el coeficiente de operación del sistema de aire acondicionado y así mismo minimiza el costo y el impacto ambiental generado por tales sistemas.

1.3 Descripción de la Invención

La presente invención se refiere a un sistema que comprende un intercambiador de calor de cambio de fase para disminuir el consumo de energía eléctrica en sistemas de refrigeración y aire acondicionado, mediante la combinación de varias tecnologías como las celdas Peltier, paneles solares y un sistema intercambiador de calor de tubos de cambio de fase.

En su aspecto más general, la presente invención combina las celdas Peltier, los paneles solares y un sistema intercambiador de calor de tubos de cambio de fase y maximiza el coeficiente de operación del sistema de aire acondicionado (COP), lo que mejora la eficiencia del sistema, por el hecho de no consumir un alto porcentaje de energía eléctrica.

Asimismo, en la configuración de la presente invención el panel solar junto con la celda de Peltier, permiten refrigerar el agua para que ésta luego sea empleada en el proceso de condensación del intercambiador, lo que logra rendimiento y ahorro energético.

El sistema intercambiador de calor de la presente invención, comprende un Intercambiador de calor de cambio de fase (I), el cual puede ser de tipo plato, que consiste en placas que separan a dos fluidos, en donde los líquidos fríos y calientes se intercalan entre las placas y los baffles dirigen el flujo del líquido entre las placas. Asimismo, el intercambiador puede ser de tubos contenidos en una carcasa con cambio de fase con una configuración geométrica de tipo escalonada, cuadrada o triangular, lo que permite en su operación configurar flujos paralelos, en contraflujo y en flujo cruzado.

En ese mismo aspecto de la presente invención, los tubos de calor del intercambiador de calor (I) pueden ser de tipo termosifón para trabajar a temperaturas superiores a los 600 °C. Por tal motivo, el fluido de operación utilizado en los termosifones se selecciona de acuerdo con el rango de temperatura de operación de interés. En este sentido, para termosifones de alta temperatura, los fluidos generalmente utilizados se evaporan a bajas temperaturas como el agua en vacío o refrigerantes como “refrigerantes verdes”, refrigerantes de bajo Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) como el R-407C, el R-134A y el R-410A, o “refrigerantes naturales” como el amoníaco; pues son excelentes para la transferencia de calor, debido a que tienen una alta conductividad, altos valores de vaporización, y un buen coeficiente de tensión superficial.

En este mismo aspecto de la invención, uno o varios tanques para almacenamiento de agua de condensación (II) se encuentran ubicados en la parte posterior del intercambiador de calor (I). Asimismo, los tanques contienen el agua que permite condensar el vapor que se encuentra en los tubos de cambio de fase, y remueve el calor del flujo de aire empleado en el proceso de condensación de un sistema de

refrigeración por compresión de vapor al que se acopla el sistema intercambiador de calor de la presente invención.

En el mismo aspecto general de la invención, las celdas Peltier (III) se ubican sobre el condensador para facilitar el enfriamiento del agua de condensación y se conectan al panel solar (IV) para su alimentación.

En el mismo aspecto general de la invención, el panel solar (IV) se ubica en la parte exterior de todo el Sistema intercambiador de calor, y se conecta específicamente a las celdas Peltier (III) con lo que se transfiere energía eléctrica generada a través de la conversión de la radiación solar y permitir el funcionamiento del sistema.

En ese mismo aspecto general de la invención, la bomba de agua de condensación (V), la cual comprende la bomba propiamente y una unidad de sensores o bien integrada en el cuerpo de la bomba o bien suministrada por separado, y la cual se ubica sobre el condensador para extraer o succionar el agua de condensación en caso de que ésta no pueda salir por el desnivel natural.

En su aspecto general, el agua que se produce en la unidad evaporadora es enviada por la bomba (V) hacia las celdas de Peltier (III), las cuales funcionan con la energía eléctrica que produce el panel solar (IV) y en donde la temperatura del agua se reduce hasta 1-2 °C. En ese mismo aspecto, el agua es enviada hacia el tanque de agua (II) con el objetivo de condensar el fluido que contienen los tubos del intercambiador de calor (I) de cambio de fase, y cuando el fluido retorna a la parte baja del intercambiador (I) para reducir la temperatura de la corriente de aire caliente que está en el ambiente, ésta se pasa a través de la unidad condensadora reduciendo así la presión de descarga del compresor y reduce el consumo de energía del compresor; con esto se ahorra energía eléctrica durante todo el tiempo de operación del sistema.

1.4 Descripción de los Dibujos

Figura 1: Configuración del sistema intercambiador de calor de la presente invención.

Figura 2. Recuperación de agua de condensación en el sistema de la presente invención.

1.5 Descripción detallada

La presente invención se relaciona con sistema intercambiador de calor por compresión de vapor con disminución de consumo de energía en sistemas de refrigeración que comprende intercambiadores de calor de cambio de fase (I), tanques para almacenamiento de agua de condensación (II), celdas Peltier (III), paneles solares (IV) y bomba de agua de condensación (V).

Preferentemente, el dispositivo comprende intercambiadores de calor de cambio de fase (I), los cuales pueden ser de tipo plato, en donde las placas separan dos fluidos, intercalándose los líquidos fríos y calientes entre las placas y donde los baffles dirigen el flujo del líquido entre las placas. Los intercambiadores puede ser igualmente de tubos contenidos en una carcasa con cambio de fase con una configuración geométrica de tipo escalonada, cuadrada o triangular. Asimismo, están conectados a la unidad condensadora a la que se acopla uno o varios tanques de almacenamiento de agua de condensación (II). Luego de que el vapor de agua contenido en el aire es condensado, el líquido que sale se deposita en estos tanques de almacenamiento de agua de condensación (II), los cuales pueden ser de forma rectangular y superficie de soporte plana, para facilitar su ubicación, con paredes internas en lámina materiales no oxidantes y comprenden un material aislante como espuma para mantener el líquido a baja temperatura, y están ubicados sobre la unidad de condensación en equipos *minisplit* preferiblemente y de tal manera que

no obstruyan el ventilador con equipos de mayor capacidad. Los tanques no deben ocupar un volumen mayor al 35 % del tamaño de la unidad condensadora.

En ese mismo aspecto de la presente invención, los tubos de calor del intercambiador de calor (I) pueden ser de tipo termosifón para trabajar a temperaturas superiores a los 600 °C. Dichos tubos de calor están compuestos de una primera sección evaporadora que se encuentra cerca de la fuente de calor, una sección condensadora que se encuentra cerca del disipador de calor y una sección adiabática en el medio del calor de termosifón.

En ese aspecto anterior de la invención, los fluidos de operación de los intercambiadores de calor (I) aplicados para termosifones de alta temperatura, pueden ser agua en vacío y refrigerantes como los “refrigerantes verdes”, refrigerantes de bajo Potencial de Calentamiento Atmosférico (PCA) o “refrigerantes naturales” como el amoníaco, pues tienen alta conductividad, altos valores de vaporización y un buen coeficiente de tensión superficial.

En este mismo aspecto de la presente invención, las celdas Peltier (III), se encuentran de diferentes tamaños y configuraciones, y se incluyen una o varias en serie, dependiendo de la potencia que se quiera lograr, para el caso de un aire acondicionado tipo *minisplit* se utiliza una celda con disipador de calor acoplado de tal modo que alcance 5°C. Asimismo, en la presente invención la electricidad necesaria para la utilización de la celda es suministrada por uno o varios paneles solares (IV), la cantidad de estos es proporcional a la potencia necesaria entre mayor sea la potencia de la celda de Peltier más potencia se requiere en el panel solar, o en el arreglo de paneles equivalente para dicha potencia.

De manera preferible, la bomba de agua de condensación (V) de la presente invención, comprende una bomba sumergible de baja potencia y consumo, con una unidad de sensores integrada en el cuerpo de la bomba o bien suministrada por separado, y la cual se ubica sobre el condensador para extraer o succionar el agua de condensación en caso de que ésta no pueda salir por el desnivel natural.

1.1 Modalidades preferidas

En la modalidad preferida de la presente invención, el sistema intercambiador de calor de la presente invención, comprende un Intercambiador de calor de cambio de fase (I) en una proporción 1:1 con el sistema de refrigeración por compresión a vapor, y el cual es de tubos de cobre preferiblemente contenidos en una carcasa con cambio de fase con una configuración geométrica de tipo escalonada.

En la modalidad preferida de la presente invención, el intercambiador de calor (I) comprende tubos de calor de tipo termosifón, los cuales están compuestos de una primera sección evaporadora que se encuentra cerca de la fuente de calor, una sección condensadora que se encuentra cerca del disipador de calor y una sección adiabática en el medio del calor de termosifón.

En la modalidad preferida de la presente invención, el fluido de operación de los intercambiadores de calor (I) aplicado para termosifones de alta temperatura, es agua en vacío y refrigerantes.

La modalidad preferida de la presente invención, comprende un único tanque para almacenamiento de agua de condensación (II), y el cual se encuentra ubicado en la parte posterior del intercambiador de calor (I), y a través de su configuración recibe el líquido luego que el vapor haya sido condensado a través del dispositivo de condensación al que se acopla el sistema intercambiador de calor de la presente invención. En esa misma modalidad, el tanque de almacenamiento de agua (II) ocupa un volumen no mayor al 35 % del tamaño de la unidad condensadora.

En la modalidad preferida de la presente invención, las celdas Peltier (III) se ubican al inferior de la unidad evaporadora y cerca al tanque de almacenamiento de agua (II) para facilitar el enfriamiento del agua de condensación y se conectan al panel solar (IV) para su alimentación.

En la modalidad preferida de la presente invención, el panel solar (IV) se ubica en la parte exterior de todo el Sistema intercambiador de calor, y se conecta específicamente a las celdas Peltier (III) para transferir energía solar y permitir el funcionamiento del sistema.

La modalidad preferida de la presente invención, comprende una única bomba de agua de condensación (V), la cual comprende 4 sensores de temperatura por sistema, 2 para agua y 2 para el aire. Éstos se encuentran integrados en el cuerpo de la bomba o bien suministrados por separado. La bomba, asimismo, se ubica sobre el condensador para extraer o succionar el agua de condensación en caso de que ésta no pueda salir por el desnivel natural.

1.2 Ejemplos

1.2.1 Caracterización del equipo bajo condiciones normales de operación

Se configura el equipo de la invención y se opera en condiciones normales. La tabla 1 muestra el consumo del equipo en estas condiciones, en las que el sistema consume 1 kW por cada 7,57 kW de calor removido del espacio.

Tabla 1. Operación bajo condiciones normales

Corriente Compresor [Amp]	Amp	5,25
Presión Alta	Psig	282,15
Presión Baja	Psig	116,38
Temperatura de Condensación	°C	33,5
Temperatura de Evaporación	°C	4
Temperatura Carcasa	°C	58,82
Temperatura Línea Succión	°C	19,20
Temperatura Línea Descarga	°C	40,64

Temperatura aire en la Succión de la unidad condensadora	°C	22,40
Temperatura aire en la descarga de la unidad condensadora	°C	28,68
Temperatura aire Succión de la unidad evaporadora	°C	22,33
Temperatura 1 aire Descarga de la unidad evaporadora	°C	9,33
Temperatura 2 aire Descarga de la unidad evaporadora	°C	10,35
COP (kW removido/kW Consumido)	Adimensional	7,,57

1.7.2 Operación con recuperación de agua de condensación para reducir la temperatura de condensación del refrigerante

Al realizar la recuperación del agua de condensación se disminuye la temperatura de condensación a 30°C, por lo tanto se calcula el calor removido por cada kW de energía consumido y se obtuvo que el COP aumentaría a 8,85, es decir un aumento del 17% en la eficiencia del equipo.

Esto obedece a la reducción en la presión de operación durante el proceso de condensación del refrigerante.

La figura 2 enseña el proceso de consumo de energía; la flecha roja tiene un recorrido más largo que la flecha negra, el proceso de compresión que describe la flecha negra es un proceso que requiere consumir menor potencia en el compresor, reducción que resulta de la implementación del intercambiador de calor de cambio de fase.

1.7.3 Prueba con una celda de Peltier y un panel solar.

Con una celda de Peltier accionada eléctricamente por un panel solar se estima un aumento aún más la eficiencia del equipo al reducir la temperatura del agua de condensación a 5°C, con lo que se consigue reducir la temperatura de condensación del refrigerante a 28°C.

Según esta estimación el COP aumenta a 9,57, es decir que se removería 9,57 kW de calor por cada kW de energía que se consuma en el compresor. Lo que se traduce en un aumento de la eficiencia del 26,4%