



CARACTERIZACIÓN NUMÉRICO-EXPERIMENTAL DE UNA INSTALACIÓN DE FRÍO SOLAR POR ABSORCIÓN

Cristina Ramos González ^[*], Antonio José Gutiérrez Trashorras ^[**], Eduardo
Álvarez Álvarez ^[**]
^[*] Alumno; ^[**] Tutor(es)
uo234051@uniovi.es

Departamento de Energía. Universidad de Oviedo.

RESUMEN

Este documento muestra el trabajo y los resultados de la investigación en torno a una instalación de frío solar como trabajo final de Master en Ingeniería Energética de la Universidad de Oviedo.

Se explica el funcionamiento de las máquinas de refrigeración por absorción y en concreto la instalación de refrigeración por absorción en triple estado ClimateWell10.

Se ha realizado un algoritmo en Matlab (type) describiendo el funcionamiento de la máquina de refrigeración por absorción en triple estado CW10 en modo normal para añadirla a la biblioteca de componentes del programa TRNSYS. Los datos de funcionamiento real de la máquina se han obtenido del banco de ensayos de frío solar, en el edificio de Energía de la Universidad de Oviedo. Esta instalación está compuesta por la máquina CW10 conectada a tres circuitos: el circuito de captación de energía, el de disipación y el sistema de distribución.

Los datos de entrada del algoritmo son la temperatura de los paneles solares, la temperatura de disipación, el incremento de tiempo, los factores de carga y el estado, carga o descarga, de los barriles que componen la máquina de absorción. Los datos de salida son las potencias de refrigeración, las proporcionadas por los paneles solares, la potencia de disipación, y los nuevos factores de carga.

Se ha probado el type verificando que ofrece resultados coherentes con los datos experimentales.

ABSTRACT

This document shows the work and the results of research on solar cooling installation as Master Thesis in Energy Engineering from the University of Oviedo.

It explains the operation of absorption refrigeration machines and in particular the absorption refrigeration system in tri-state ClimateWell10.

There has been an algorithm in Matlab (type) describing the operation of the absorption chiller in tri-state CW10 in normal mode to add to the library of TRNSYS components. Actual operating data of the machine are taken from the experimental bench of solar cooling, in the building of energy of the University of Oviedo. The installation consists in a CW10 machine connected to three circuits: the energy harvesting circuit, the dissipation circuit and distribution system.

The input data of the algorithm are the solar panels temperature, dissipation temperature, the time increment, the load factors and the state, charge or discharge, of the barrels that make the absorption machine. The output data are the refrigeration power, power provided by solar panels, dissipation power, and new load factors.

The type has been tested and gives results consistent with the experimental data.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento del consumo energético es una realidad y un problema a nivel mundial. Este consumo agota las fuentes de recursos energéticos y provoca impactos ambientales tales como la emisión de gases contaminantes, el efecto invernadero, la reducción de la capa de ozono, entre otros. El consumo de energía en los edificios residenciales y comerciales representa aproximadamente el 33% del consumo total de energía final [1] y el 36% de las emisiones totales de CO₂ de la Unión Europea [2]. Este consumo se debe en gran parte a la climatización de dichos edificios por lo que hay un gran interés en las alternativas que suponen un mayor ahorro energético. Además se deben dar los pasos necesarios para la consecución de los "objetivos 20-20-20" que la Unión Europea exige a todos sus países miembros para controlar el mercado energético y frenar el cambio climático [3]. Uno de los objetivos es aumentar la utilización de energías renovables, como la solar. En este sentido ClimateWell ha diseñado una máquina de refrigeración que utiliza la energía solar térmica y un ciclo de absorción por cristalización para producir calor y frío, y de esta forma climatizar un edificio utilizando energía renovable y con un mínimo coste económico. Para la mejor comprensión del funcionamiento de la máquina se comenta el proceso de refrigeración por absorción y posteriormente una modificación de ésta que es la absorción en triple estado.

Refrigeración por absorción

La refrigeración por absorción es un método de enfriamiento muy útil si se tiene una fuente de energía de alta temperatura como la geotérmica, la solar, o el calor residual de centrales de cogeneración entre otras [4]. Este sistema aprovecha la propiedad de ciertas sustancias de absorber calor al pasar de estado líquido a gaseoso. Estos refrigerantes tienen que ser absorbidos o desorbidos por el absorbente. Los pares de sustancias refrigerante-absorbente más comunes son amoníaco-agua, agua-bromuro de litio y agua-cloruro de litio.

El sistema de refrigeración por absorción tiene los mismos elementos que el sistema de

refrigeración por compresión mecánica de vapor a excepción del compresor [5]. El compresor es sustituido por el conjunto formado por absorbedor, bomba, generador y válvula de expansión. (Fig.1)

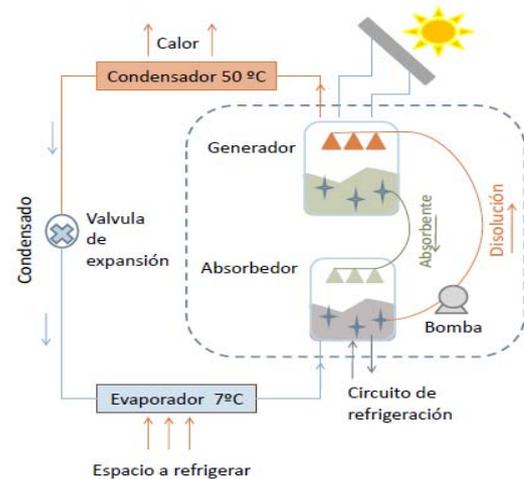


Figura 1. Proceso de refrigeración por absorción

El proceso de refrigeración por absorción comienza en el evaporador. Éste tiene un refrigerante a muy baja presión por lo que se evapora a bajas temperaturas. La energía necesaria para la evaporación la obtiene del exterior refrigerándolo. El refrigerante en estado vapor entra en el absorbedor donde se disuelve en el absorbente. Durante este proceso se libera calor, ya que es una reacción exotérmica. Este calor se transmite al circuito de refrigeración. Cuanto más frío esté el absorbedor más cantidad de refrigerante se disolverá. La solución líquida refrigerante-absorbente se bombea al generador donde una fuente de alta temperatura hace que el absorbente desorba el refrigerante. La solución pobre en refrigerante pasa al absorbedor a través de una válvula que reduce su presión. De esta forma el absorbente no se satura de refrigerante y puede continuar el ciclo. El vapor de refrigerante procedente del generador entra en el condensador donde pasa a estado líquido liberando calor al exterior. Después el refrigerante líquido por medio de una válvula de expansión reduce su presión y entra en el evaporador donde vuelve a comenzar el ciclo.



Absorción en tres fases

La absorción en tres fases es una modificación del sistema de refrigeración por absorción. ClimateWell diseñó una máquina frigorífica en la que se alcanzan los tres estados de la materia. El agua se presenta en estado líquido y vapor, en estado líquido tiene la función de refrigerante. El cloruro de litio se presenta en estado sólido y en líquido cuando forma una disolución con agua. El cloruro de litio cuando está en forma sólida debido a su baja conductividad térmica almacena energía de forma muy eficiente y actúa como absorbente. Esta máquina de absorción trabaja en modo discontinuo diferenciando entre carga y descarga. La carga comprende los pasos de generación y condensación, mientras que en la descarga se realiza la evaporación y absorción.

La máquina de absorción se compone de dos barriles: condensador, con agua, y reactor, con la sal, separados e interconectados entre sí con un alto grado de vacío. Cuando se encuentran a igual temperatura el agua es atraída por la sal hasta que se agota en el condensador y se almacena la solución salina en el reactor.

En la etapa de carga (Fig. 2) el reactor está conectado térmicamente a la generación de calor, en este caso a los paneles solares térmicos. Según se calienta el reactor la disolución salina empieza a evaporarse y por diferencia de presión regresa al condensador. En el reactor queda la sal cristalizada que nunca se traslada de barril. Para mejorar el proceso de condensación del vapor generado en el reactor el circuito de disipación se conecta al condensador para disminuir la temperatura y acelerar el proceso. La carga termina con el cierre de la unión entre condensador y reactor de forma que la energía queda almacenada en la sal del reactor.

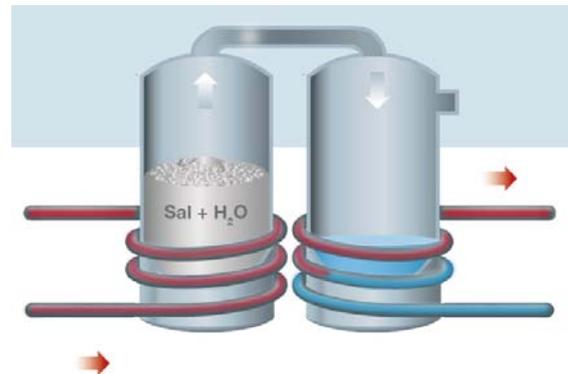


Figura 2. Proceso de carga [6]

En la etapa de descarga (Fig. 3) se abre el paso entre barriles, el condensador actúa como evaporador y el reactor como absorbente. Debido al vacío en los barriles el agua se evapora a baja temperatura absorbiendo calor del ambiente refrigerándolo. El frío generado en el evaporador se transporta a su lugar de utilización mediante un circuito de distribución. El vapor pasa al absorbente donde se condensa el vapor de agua y se diluye la sal. Este proceso es exotérmico y libera energía que calienta el absorbente. Para que el vapor siga fluyendo hacia él se necesita un circuito de refrigeración que disipe el calor del absorbente, además cuanto más se disipe mayor capacidad de refrigeración tendrá el evaporador. En esta etapa de descarga tenemos una fuente de calor y otra de frío que por medio de intercambiadores de calor y las conexiones oportunas climatizarán el ambiente según sea necesario.

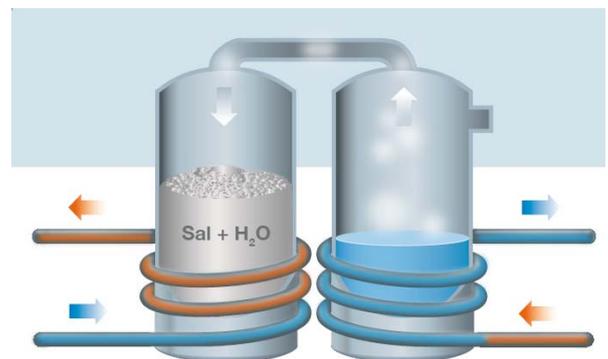


Figura 3. Proceso de descarga [6]



Banco de ensayos

El conjunto de la instalación está compuesto por la máquina de refrigeración por absorción y tres circuitos asociados a ella (Fig. 4). El modelo CW10 de ClimateWell se compone de dos barriles idénticos, cada uno de ellos con dos tanques. Un reactor con cloruro de litio como absorbente, otro evaporador-condensador con agua como refrigerante. Permite almacenar energía química y suministrar tanto calor como frío.

El sistema de captación de energía calienta el fluido calorportador, el agua, para activar la máquina de absorción. En el proceso de carga el agua debe superar en 50 °C la temperatura del disipador de calor. La fuente térmica de calor puede ser paneles solares térmicos, district heating, calderas, etc.

El sistema de distribución reparte el frío o calor generado por la máquina al lugar que se necesita. Cuanto más alta sea la temperatura que va al sistema de distribución más eficaz será la máquina en el modo refrigeración. De igual forma el modo calefacción mejora cuanto más baja sea la temperatura que va al sistema de distribución, además la fuente térmica puede conectarse directamente al circuito sin pasar por la máquina de absorción. Los sistemas utilizados pueden ser fancoils, suelos radiantes, climatizadores, etc.

El sistema de disipación de calor protege a la máquina de un sobrecalentamiento. Es necesario tanto en la etapa de carga como de descarga. El método utilizado puede ser una piscina, una torre de refrigeración, un condensador refrigerado por aire, etc.

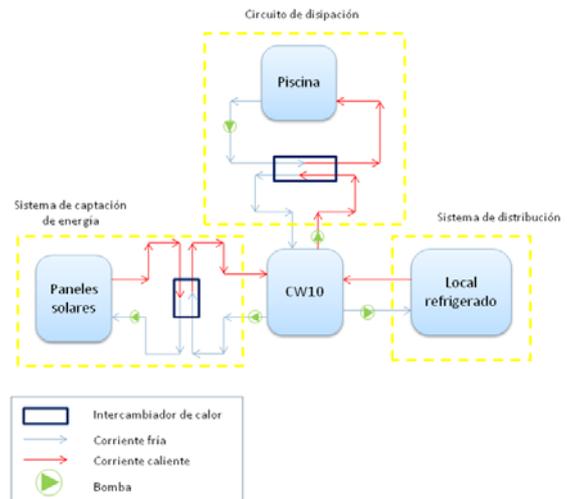


Figura 4. Esquema de la instalación

Los modos de operación de la instalación son los siguientes:

- Modo manual. El control de la máquina se realiza de forma totalmente manual, se utiliza únicamente para hacer pruebas.
- Modo sencillo. Se usa en condiciones normales en los que un barril se carga y el otro se descarga asegurando un funcionamiento continuo. El cambio en el modo de funcionamiento de los barriles se produce cuando están cargados al 3% y 80% respectivamente y la temperatura del condensador es mayor de 15 °C, o cuando uno de los barriles está completamente cargado. En este modo se controla automáticamente la temperatura de climatización, la cristalización salina interna y se activa un protector de sobrecalentamiento de los paneles solares.
- Modo doble. Los dos barriles se cargan y descargan al mismo tiempo de modo que aumenta la capacidad de climatización y la etapa de carga se realiza más rápidamente. El inconveniente es que el proceso no se realiza de forma continua y no se activa el control de sobrecalentamiento de los paneles solares.
- Modo ciclo completo. La máquina cambia el funcionamiento de los barriles solamente cuando las etapas de carga y descarga han finalizado. Solamente se puede usar



cuando la fuente de calor no proviene de paneles solares.

- Modo temporizador. Se puede definir el periodo de tiempo en funcionamiento de carga (modo doble) y descarga (modo simple o doble). Está limitado a un solo ciclo por día.
- Modo turbo. Ambos barriles se cargan al mismo tiempo y en la descarga se conectan en serie.
- Modo test. Se usa para el calibrado de la máquina en fábrica.

La CW10 de ClimateWell puede producir una potencia de hasta 10-20 kW para refrigeración, según este conectado en modo simple o doble, y 25 kW para calefacción con sólo 30 W. Esta potencia de entrada se utiliza para accionar las bombas de agua y cloruro de litio y el sistema de control interno. Las medidas de ancho-largo-alto en milímetros de la máquina son: 1200 x 800 x 1600. El peso total es de 875 kg, la inclinación del suelo no debe superar el 0,5 % y no se deben alcanzar temperaturas por debajo de los 0 °C.

El sistema de control interno está integrado dentro de la máquina y se utiliza para revisar el rendimiento, elegir el modo de funcionamiento, para alternar entre calefacción y refrigeración. Sin embargo no controla unidades auxiliares como paneles solares, calentadores de agua o fan coils.

MÉTODO TRABAJO

El objetivo del presente trabajo es la realización de un algoritmo (type) en Matlab de la máquina CW10 para su integración en TRNSYS por lo que es conveniente hacer una pequeña introducción a este programa.

TRNSYS [7], desarrollado por la Universidad de Wisconsin, es un programa de simulación de sistemas transitorios con una estructura modular en el que se puede definir los componentes del sistema y sus conexiones. Tiene una biblioteca con muchos de los componentes que se encuentran en los sistemas de energía térmica y eléctrica, para definir datos de entrada, funciones dependientes del tiempo o datos de salida de la simulación entre otros. Este programa permite añadir elementos por medio de types que son subrutinas en lenguajes de programación tales como Fortran, C++ o Matlab. Contiene información sobre las propiedades de cada elemento por ejemplo conductividad, transmitancia, etc. Estos types requieren de unos datos de entrada, como la temperatura exterior, y por medio de una ecuación, una curva o una base de datos devuelven los datos de salida, como la potencia de la máquina.

En este trabajo se supone un escenario en el que se calculan las cargas térmicas de una habitación por medio de TRNSYS [8]. Para ello requieren datos de temperatura exterior e interior, área de la habitación, área de las ventanas, material de construcción de las paredes y las ventanas y aparatos de climatización. En este caso se utiliza la máquina de refrigeración por absorción ClimateWell10 funcionando en modo normal, es decir con un barril en carga y otro en descarga, y se procede a su definición por medio de un type en Matlab. Para ello basta con que se precise el funcionamiento de uno de los dos barriles porque el comportamiento del segundo es idéntico.

Este type se describe en la función máquina que a su vez contiene a las funciones carga y descarga con sus correspondientes datos de entrada y salida (Tabla 1). Estos datos están condicionados por los tres circuitos a los que está conectado (Fig. 4).

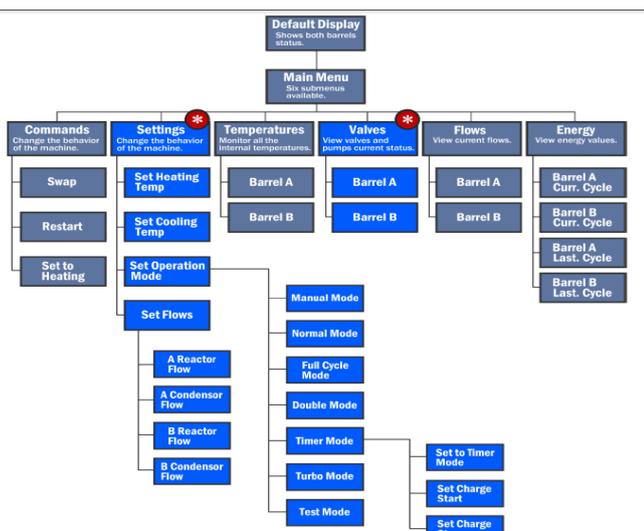


Figura 5. Mapa de menús del sistema de control interno [6]



Tabla 1. Datos de entrada y salida de las funciones

	Función Carga	Función Descarga	Función Máquina
Datos de entrada	Tc Tdisip FCiC At	Tdisip FCiD At	Tc Tdisip FCiC, FCiD E1, E2 At
Datos de salida	Pc Pdisip NFCC	Pd Pdisip NFCD	Pc Pd Pdisip NFCC, NFCD

Para relacionar las distintas variables de forma que refleje fielmente el comportamiento de la máquina se han utilizado los datos experimentales obtenidos por Helbig et. al. en la CW10 instalada en el Departamento de Energía de la Universidad de Oviedo [9]. Estos datos se han ajustado mediante curvas de interpolación que permiten su implementación en Matlab.

Un parámetro importante para el funcionamiento de la máquina es el factor de carga (FC) de cada barril, que se calcula según la fórmula:

$$FC = \text{Energía acumulada (t)} / \text{Energía total}$$

Para la programación se considera el siguiente esquema de funcionamiento de la máquina (Fig.6).

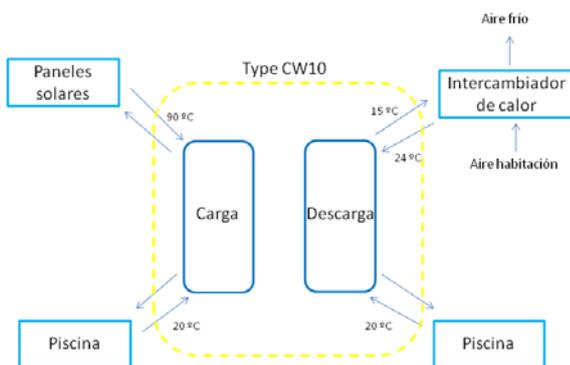


Figura 6. Esquema del tipo. Los datos numéricos son orientativos

Los datos de entrada del algoritmo provienen de los distintos circuitos asociados. El circuito de captación de energía está compuesto por paneles

solares e intercambiador de calor. El circuito de distribución por el intercambiador de calor que pasa por la zona a refrigerar. Y por último el circuito de disipación que se compone de una piscina y un intercambiador de calor.

ALGORITMO EN MATLAB

El Type de CW10 contiene la función *máquina* que a su vez contiene a las funciones *carga* y *descarga* escritas en lenguaje Matlab como se muestra a continuación.

Función Carga

```
% FUNCIÓN CARGA DE CW10
```

```
% Datos de entrada:
```

```
% Tc = Temperatura paneles solares (°C)
```

```
% Tdisip = Temperatura de disipación (°C); No hay datos
```

```
% FCiC = Factor de carga inicial barril carga
```

```
% At = Incremento de tiempo (s)
```

```
% Datos de salida:
```

```
% Pc = Potencia absorbida de los paneles (kW)
```

```
% Pd = Potencia disipada en el circuito de refrigeración (kW) No hay datos
```

```
% NFCC = Nuevo factor de carga en el barril de carga
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

```
function [Pc, NFCC] = Carga (Tc, FCi, At)
```

```
% Seleccionar los datos factor de carga-tiempo de la hoja excel
```

```
file = 'datos1.xls';
```

```
sheet3 = 'FC';
```

```
[FC,FactorCarga]=
```

```
xlsread(file,sheet3,'B2:F32743');
```

```
% Vectores factor de carga en cada temperatura de entrada Tc
```



```

v70 = FC (:,1);
v75 = FC (1:22278,2);
v80 = FC (1:19906,3);
v85 = FC (1:15981,4);
v90 = FC (1:14128,5);

% Vector tiempo

Y= [0:1:32741];

% Cálculo de tiempo inicial y final dependiendo
de Tc y FCi

if Tc < 72.5,
    ti = interp1(v70,Y,FCi);
else
    if Tc < 77.5,
        ti = interp1(v75,[0:1:22277],FCi);
    else
        if Tc < 82.5,
            ti = interp1(v80,[0:1:19905],FCi);
        else
            if Tc < 87.5,
                ti = interp1(v85,[0:1:15980],FCi);
            else
                ti = interp1(v90,[0:1:14127],FCi);
            end
        end
    end
end

end

tf = ti+At;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Cálculo del nuevo factor de carga

Y= [0:1:32741];
X= [70:5:90];
NFCC = interp2(X,Y,FC,Tc,tf,'linear');
NFCC= NFCC (1,1);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Cálculo de la potencia absorbida procedente
de los paneles

if Tc < 72.5,
    Pc = 17.948*NFCC^2-32.1*NFCC+20.301;
else
    if Tc < 77.5,

```

```

Pc = 18.022*NFCC^2-
37.615*NFCC+28.11;
else
    if Tc < 82.5,
        Pc = 15.805*NFCC^2-
34.607*NFCC+28.605;
    else
        if Tc < 87.5,
            Pc = 27.139*NFCC^2-
47.371*NFCC+33.045;
        else
            Pc = 37.364*NFCC^2-
64.488*NFCC+42.155;
        end
    end
end
end
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

% Visualización de los datos de salida

disp ('NFCC = ');
disp (NFCC);

disp ('Pc (kW)= ');
disp (Pc);

```

Función descarga

```

% FUNCIÓN DESCARGA DE CW10

% Datos de entrada

% Th = Temperatura de la habitación (°C)
% Tdisip = Temperatura de disipación (°C);
Siempre 20°C
% FCiD = Factor de carga inicial barril
descarga
% At = Incremento de tiempo (s)
% Tf = 15°C

% Datos de salida

% Pd = Potencia de refrigeración (kW)
% Pdisip = Potencia disipada en el circuito de
refrigeración (kW)

```



% NFCD = Nuevo factor de carga en el barril de descarga

%%

function [Pd, Pdisip, NFCD] = Descarga (FCiD, At)

% Seleccionar los datos de la hoja excel

file = 'datos1.xls';
sheet2 = 'Hoja2';

% Vector factor de carga

v15 = xlsread(file,sheet2,'T2:T2325');

% Vector tiempo

Z= [0:1:22323];

% Tiempo inicial y final

tid = interp1 (v15,Z,FCiD);

tfd = tid + At;

% Cálculo del nuevo factor de carga

NFCD = interp1 (Z, v15,tfd);

%%

% Cálculo de potencia de refrigeración

Pd = -0.0002*tfd +9.7291;

%%

% Cálculo de potencia disipada

ED = 192178; % Energía disipada total (kJ)
T = 22323; % Tiempo total de descarga (s)

Pdisip = ED/T;

%%

% Visualización de los datos de salida

disp ('NFCD= ');
disp (NFCD);

disp ('Pdisp (kW)= ');
disp (Pdisip);

disp ('Pd (kW)= ');
disp (Pd);

Función máquina

% FUNCIÓN MÁQUINA DE CW10

% Datos de entrada

% Tc = Temperatura paneles solares (°C)
% Th = Temperatura de la habitación (°C)
% Tdisip = Temperatura de disipación (°C)
% FC1 = Factor de carga barril 1
% FC2 = Factor de carga barril 2
% E1 = Estado barril 1
% E2 = Estado barril 2
% At = Incremento de tiempo (s)

% Datos de salida

% Pc = Potencia absorbida de los paneles (kW)
% Pd = Potencia de refrigeración (kW)
% Pdisip = Potencia disipada en el circuito de refrigeración (kW)
% NFCC = Nuevo factor de carga del barril en carga
% NFCD = Nuevo factor de carga del barril en descarga

%%

% Introducción de datos de entrada por el usuario

Tc = input ('¿Temperatura de paneles solares (°C)? (65-90) ');
At = input ('Incremento de tiempo (s) ');
E1 = input ('Teclée 1 si el barril 1 está en carga y 0 si está en descarga ');



E2 = input ('Teclée 1 si el barril 2 está en carga y 0 si está en descarga ');

FCiC = input ('¿Factor de carga inicial del barril en carga (0-1)? ');

FCiD = input ('¿Factor de carga inicial del barril en descarga (1-0)? ');

% Averiguar el estado (carga o descarga) de los barriles

% y llamar a sus correspondientes funciones para devolver

% los datos de salida

if E1 == 1

[Pc, NFCC] = Carga (Tc, FCiC, At);

else [Pd, Pdisip, NFCD] = Descarga (FCiD, At);

end

if E2 == 1

[Pc, NFCC] = Carga (Tc, FCiC, At);

else [Pd, Pdisip, NFCD] = Descarga (FCiD, At);

end

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para comprobar el correcto funcionamiento del algoritmo se realiza una simulación de la máquina con unos datos escogidos al azar (Fig. 7)

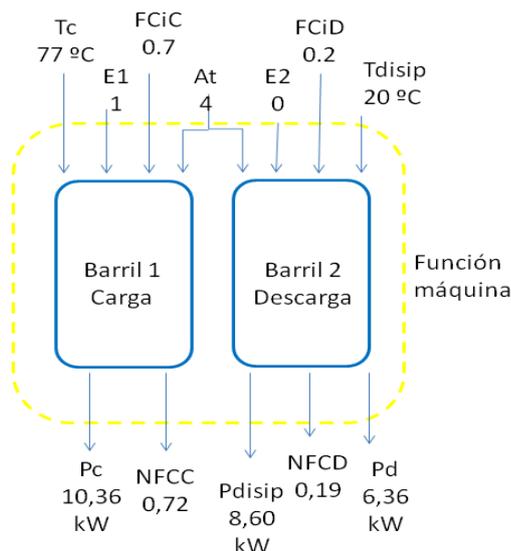


Figura 7. Esquema del ejemplo realizado

Los datos de entrada son:

E1 = 1 Bidón 1 en carga

E2 = 0 Bidón 2 en descarga

Tc = 77 °C

Tdisip = 20 °C

FC1 = 0,7

FC2 = 0,2

At = 4 s

Los valores de salida resultan:

Pc = 10,36 kW

Pd = 6,36 kW

Pdisip = 8,60 kW

NFCC = 0,72

NFCD = 0,19

La temperatura de los paneles solares está cerca de 75 °C por lo que comparamos los resultados con los datos experimentales a dicha temperatura: Pc = 11,72 kW y Pd = 7,05 Kw.

La potencia de disipación está muy cerca de la media teórica obtenida por los datos experimentales para Tc = 75 °C, que es: 8,6 kW.

El NFCC debe subir porque el barril 1 está en carga y el NFCD tiene que bajar porque el barril 2 está en descarga. Y, en efecto, los datos generados por el type reflejan esa variación. Los nuevos factores de carga varían muy poco respecto a los iniciales porque el incremento de tiempo es muy pequeño, sólo 4 segundos.

Por lo tanto se puede afirmar que los datos de salida tienen valores coherentes si se comparan con los datos experimentales.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado el comportamiento de las máquinas de refrigeración por absorción describiendo su funcionamiento e identificando sus componentes: absorbedor, generador, condensador y evaporador.

Se ha profundizado en el estudio de la refrigeración por absorción en triple estado y más concretamente en la máquina que utiliza esta tecnología, ClimateWell 10. Se ha definido su funcionamiento, modos de operación y circuitos asociados.



Con el procesamiento de los datos reales de la máquina se ha realizado un type en Matlab. Posteriormente ha sido probado y se ha verificado que aporta resultados coherentes.

El objetivo de este type es su implementación en TRNSYS por lo que sería conveniente, en futuros estudios, que se probara en un sistema completo formado por habitación, circuito de refrigeración y circuito de captación. También sería interesante definir types en otros modos de funcionamiento como el modo doble o el modo turbo.

NOMENCLATURA

Tc: Temperatura de los paneles solares (°C)

Tdisip: Temperatura de entrada del agua del circuito de disipación (°C)

FC: Factor de carga

FCiC: Factor de carga inicial del barril de carga

FCiD: Factor de carga inicial del barril de descarga

At: Incremento de tiempo (s)

ti: Tiempo inicial carga (s)

tf: Tiempo final carga (s)

tid: Tiempo inicial descarga (s)

tfd: Tiempo final descarga (s)

T: Tiempo total de descarga (s)

ED: Energía disipada total (kJ)

E1: Estado del barril 1

E2: Estado del barril 2

Pc: Potencia absorbida por la máquina debido a los paneles solares (kW)

Pd: Potencia de refrigeración (kW)

Pdisip: Potencia de disipación (kW)

NFCC: Nuevo factor de carga del barril de carga

NFCD: Nuevo factor de carga del barril de descarga

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis tutores: Antonio José Gutierrez Trashorras y Eduardo Álvarez Álvarez del Departamento de Energía de la Universidad de Oviedo su excelente orientación e interés mostrado en la realización de este proyecto. Y en especial a Eduardo Blanco por el inestimable apoyo ofrecido.

También quiero agradecer la confianza y los ánimos recibidos por parte de mi familia, en especial de mi madre Juana González. Y por supuesto a Xurde por estar ahí.

REFERENCIAS

- [1] Rey Martínez, Francisco Javier: Apuntes de Máster de Ingeniería Energética, Universidad de Oviedo, 2013
- [2] http://europa.eu/legislation_summaries/energy/energy_efficiency/en0002_es.htm
- [3] http://europa.eu/pol/ener/index_es.htm
- [4] Guía de frío solar. Ahorro y eficiencia energética con refrigeración solar. Fenercom. Comunidad de Madrid. 2011. 53-80.
- [5] Çengel, Y.; Boles, M. Termodinámica 6 Ed. McGrawHill. 2009. 616-626.
- [6] <http://www.climatewell.com/index.html>
- [7] <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/>
- [8] Qu, M.; Yin, H.; Archer, D. A solar thermal cooling and heating system for a buiding: Experimental and model based performance



UNIVERSIDAD DE OVIEDO
EP de Ingeniería de Gijón
ETS de Ingenieros de Minas de Oviedo

**Máster Universitario en
Ingeniería Energética
Curso 2012-13**



analysis and design. Solar Energy 84. 2010.
166-182.

[9] Helbig, Christopher. Análisis de la absorción de calor en una instalación de frío solar. Trabajo fin de Máster en Ingeniería Energética. Universidad de Oviedo. 2012.