

Climatización distribuida en hoteles: alternativa para el uso racional de la energía eléctrica

MSc. Reineris Montero Laurencio, MSc. Ignacio Romero Rueda. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.



En este artículo se muestran las características de operación de la climatización de un hotel del polo turístico de Holguín. Se hace énfasis en la climatización de los Bungalows, los cuales cuentan con un sistema enfriado por aire con regulación de caudal que permite una mayor racionalidad ante la Climatización Centralizada por Agua Helada, empleada en las demás dependencias del hotel. Se muestra la presencia de distorsión armónica de tensión durante el funcionamiento de este tipo de Climatización Distribuida. Cada climatizador atiende 8 habitaciones comportándose la demanda promedio en 5,5 kW para máxima ocupación durante 24 horas, lo que equivale al 45% de la potencia nominal. La carga térmica de la climatización centralizada es de un 40% inferior a la Climatización Distribuida y sin embargo poseen un consumo de electricidad similar.

PALABRAS CLAVE: Bungalows, climatización distribuida, hoteles.



This article presents the operation characteristics of climatization in a hotel in Huguin Tourist Campus. Emphasis is made on bungalows climatization which have an air cooling system with flow regulators. This allows a better rationality compared to centralized climatization with cool water used in other hotel dependences. The existence of harmonic voltage distortion is shown in this kind of distributed climatization with air flow regulators. With the previously mentioned climatizator, 8 rooms were climatized and they have an average demand of 5,5 KW during a service shift of 24 hours a day. This represents 45% of the nominal power of the climatizator. The thermal load of centralized climatization is 40% less than distributed climatization. However, the power demand is similar.

KEY WORDS: Bungalows, distributed climatization, hotels.

INTRODUCCIÓN

En Cuba es muy frecuente la presencia de formas constructivas *Bungalow* (agrupación de habitaciones) en hoteles. Satisfacer los requerimientos de confort en estos casos es muy difícil por la extensión que ocupan estos conjuntos habitacionales. Es conocido que la climatización representa el primer lugar entre los sistemas que consumen energía eléctrica comportándose entre el 60% y el 80% del total. Las dos variantes más extendidas son los Sistemas de Climatización Centralizados por Agua Helada (SCCAH) y los de Aires Acondicionados de Ventana siendo más eficientes los hoteles con SCCAH. Existe otra alternativa tecnológica para brindar confort y es la Climatización Distribuida (CD) la cual tiene la particularidad de regular el caudal de aire y la temperatura

de este flujo mediante el control de la potencia del compresor.

En el trabajo se evalúa la CD en un hotel donde el 93% de sus 536 habitaciones están asociadas a este sistema. El resto de las habitaciones y locales logran el confort con un SCCAH. Mediante mediciones eléctricas se comprobó que para ocupación del 40% muy cercana al promedio anual, la distribución del consumo de electricidad global es: 30% para la SCCAH, 30-35% para la CD y el resto para los demás consumidores. Teniendo en cuenta que el espacio a climatizar por el SCCAH es de un 40% menor que el de la CD ambos consumen prácticamente la misma electricidad para ocupaciones similares. Cada equipo de la CD asume 8 habitaciones cada uno.

Para demostrar la racionalidad de la CD se realizaron pruebas en los equipos comprobándose el diapasón de potencia activa y la dinámica en regímenes reales de explotación. La demanda promedio de un equipo es de 5,5 kW representando el 45% de su potencia nominal para condiciones normales de operación y de máxima ocupación. Asociado al funcionamiento existe la presencia de armónicos los cuales provocan efectos en el sistema eléctrico, afectándose la calidad de la energía.

Esta variante disminuye los costos de inversión y de operación al no emplearse las grandes redes de tuberías. Se minimizan también las pérdidas termoenergéticas y se ahorra entre un 10 y 20% de la electricidad que se consume en la tradicional climatización centralizada. A continuación se muestra las peculiaridades en condiciones reales de explotación.

DESARROLLO

Para observar el comportamiento de las variables eléctricas (potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S), corriente(I), tensión(U), distorsión total armónica de corriente (THD_I) y distorsión total armónica de tensión (THD_V)) se realizó una prueba consistente en medir estas magnitudes en un climatizador de un Bungalow vacío con 8 habitaciones, encendiendo los *fancoils* (intercambiador de calor) de forma escalonada. Los datos se almacenaron en un Analizador de Redes Programable configurado para medir en un circuito trifásico de tres hilos. El intervalo de muestreo de cada estado del sistema fue de un minuto.

Se encendió en baja el fancoil de la primera habitación, luego en media y finalmente en alta. Posteriormente se dejó encendido el aire de la primera habitación en alta y se pasó a escalar la segunda hasta terminar en la octava, empleando el mismo procedimiento. Se desconectaron los *fancoils* de uno en uno y se obtuvo el gráfico de potencias de la Fig.1 que indica la posibilidad de regulación de potencia del equipo, teniendo en cuenta la demanda, lo cual permite la racionalidad en la operación.

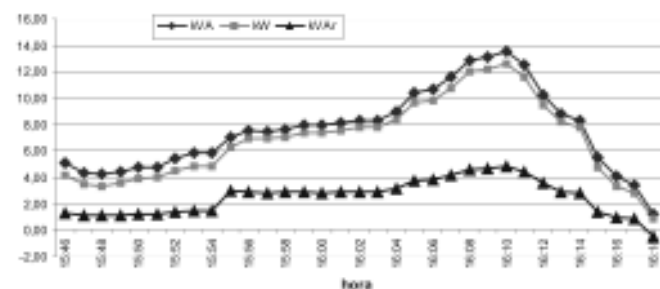


Fig.1 Comportamiento de S, P y Q para todos los posibles regímenes de funcionamiento.

Otro aspecto a destacar es la generación de armónicos que se introducen en la red, provocados por el trabajo de los convertidores. En la figura. 2 se puede observar que durante la prueba, la distorsión total armónica de tensión por cada fase varió entre 2,5 y 4,5%, lo cual sitúa a esta variable en sus límites permisibles (para algunos autores 3% y para otros 5%) según las normas IEEE 519, CEI 1000-3-2 v EN 6100-3-2).

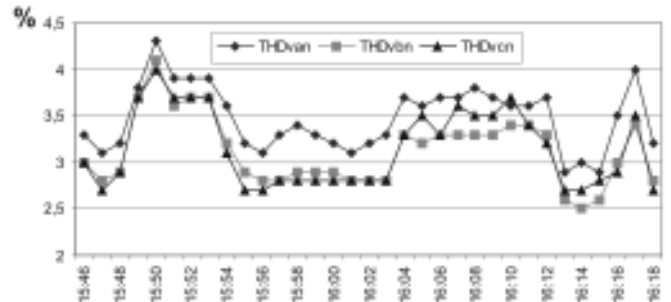


Fig. 2. Distorsión armónica de tensión en cada fase

Las Fig. 3 y Fig. 4 muestran la dinámica del sistema de climatización propuesto mediante mediciones por periodos de 17 y 24 horas. Se puede observar los valores de las potencias en diferentes situaciones de la carga térmica. Ambos resultados se tomaron en dos *bungalows*, con las 8 habitaciones ocupadas.

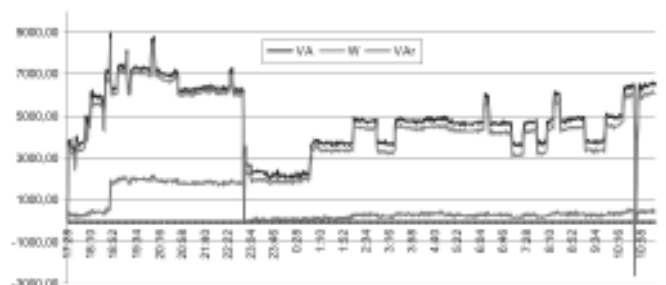


Fig.3 Comportamiento de S, P y Q en el Bungalow 1

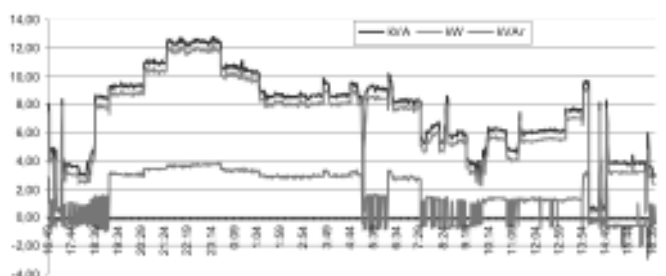


Fig. 4. Comportamiento de S, P y Q en el Bungalow 2

Se observa en ambas figuras que en el horario de la noche a partir de las 19:00 horas se incrementa el consumo eléctrico debido a la presencia de los turistas en las habitaciones. Por el contrario en el horario de la mañana y la tarde, cuando los clientes disfrutaban de las actividades, de la piscina y de la playa la

demanda disminuye. El horario de máxima demanda eléctrica de la CD coincide con el del hotel, momento en que el costo del kWh se incrementa de \$0.09 a \$0.17

En la Fig.5 se presenta el comportamiento de los armónicos de tensión correspondientes a la medición del *bungalow 2* lo cual corrobora la presencia de una considerable distorsión armónica.



Fig.5. Comportamiento de la distorsión total armónica de tensión en el *bungalow 2*

La distorsión armónica aparece cuando una onda sinusoidal pura sufre deformaciones en la red de alimentación. Las principales fuentes de intensidades armónicas existentes en el hotel son los rectificadores de los climatizadores y receptores tales como: televisores, aparatos controlados mediante elementos electrónicos, las luminarias y en un menor grado los transformadores bajo ciertas condiciones. Entre los efectos que producen están los fallos en el aislamiento de los cables, y en las redes eléctricas en general se incrementan las pérdidas por calentamiento especialmente en conductores neutros de baja tensión y transformadores, acortando su vida útil. Durante la verificación del trabajo de los climatizadores en funcionamiento, se constata que el 40% de ellos sufrían de calentamiento excesivo en el cableado de alimentación.

Efectos en los transformadores de distribución

Se tomo como ejemplo un banco trifásico de 300 kVA, formado por tres transformadores monofásicos de 100 kVA, en conexión D/U. El comportamiento de las magnitudes eléctricas a la salida del transformador se resumen en la tabla.1.

Fuente de distribución (PDE-CCA) día 8 hasta 9 de Septiembre 2005												
Banco 3F. Transf. 300 kVA, Primaria (HSB 400 V, 411 A), Sec. (230 V, 455A)												
Pcos---W, Pfs---W, Rendimiento---, Uo=6.6% Conexión Dfm												
Mediciones realizadas por el Secundario												
	(kVA)	(kW)	(kVAr)	Coef1	Deb (V)	Ubc (V)	Uca (V)	Ia (A)	Ib (A)	Ic (A)	cosφ	ρ
Mínimo	30.34	22.54	-22.54	-0.93	235.82	237.20	235.78	35.90	43.20	38.38	7.0	1.6
Máximo	52.47	47.20	-15.40	-0.90	250.23	251.50	252.68	63.60	72.10	76.10	4.0	4.2
Méda	45.35	40.28	-20.68	-0.88	243.45	244.81	245.67	67.72	63.34	63.44	3.6	3.2
Desviación % de los datos y control					3.25			23.74				

Tabla 1. Resumen de las magnitudes eléctricas en el transformador.

14 Retos Turísticos

Este transformador trifásico suministra la tensión y potencia necesarias para bloques de habitaciones fundamentalmente. La característica del gráfico dependerá en gran medida de la cantidad de turistas que se encuentren en el área, pues los mayores consumidores están constituidos por la CD. En este transformador conectado en delta-estrella, los armónicas circulan por el lado de la estrella pero no aparecerán en el lado de la delta ya que se quedan atrapadas en ésta produciendo sobrecalentamiento de los devanados, lo cual puede conducir a su ruptura.



Fig. 6. Variación del TDHv para la fase más cargada.

Los transformadores operando en condiciones de carga nominal y con una temperatura no mayor a la temperatura ambiente especificada deben ser capaces de disipar el calor producido por sus pérdidas sin sobrecalentarse ni deteriorar su vida útil. La Fig.7 muestra las variaciones que experimenta la tensión en este banco de transformadores. Si se compara el valor medio con el valor nominal de 220 V, se observa un incremento de 10.9% y para el valor máximo de 14.1%, valores que están por encima del 10% permitido.

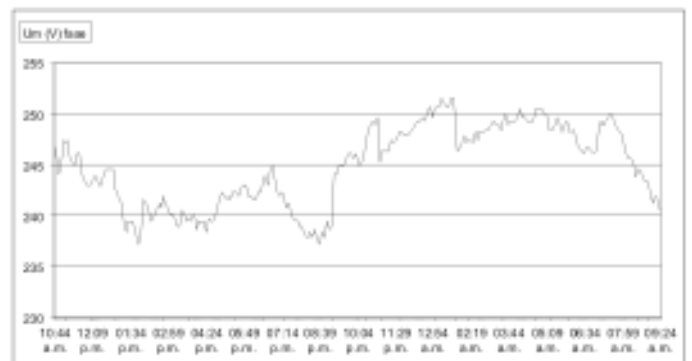


Fig.7 Variación de la tensión media por fase en el secundario

El factor de potencia en este caso se comporta capacitivo, debido a la baja carga que experimenta el banco, unido a la presencia de condensadores en los sistemas de acondicionamiento de aire de la zona, lo que puede incrementar un porcentaje de tensión por encima de lo normal.

La Fig.8 representa el porcentaje de tensión para cada una de las fases, con los armónicos de mayor incidencia, ellos originan una deformación de la onda de tensión.

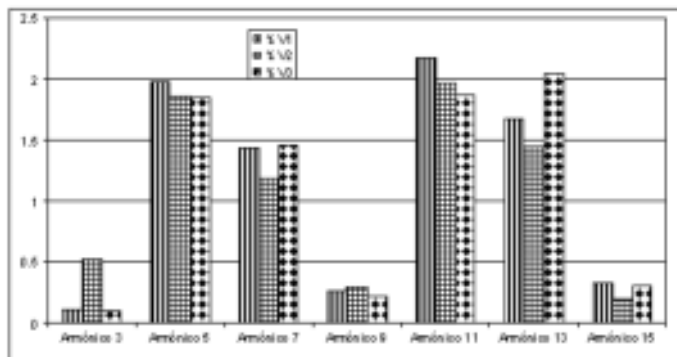


Fig. 8. Armónicos de mayor peso.

La onda de tensión deformada se aplica a todos las cargas que estén conectada al nodo. Hay que tener presente qué tipos existen y si son afectadas por esto, pues disminuyen considerablemente el tiempo de vida útil de los equipos. Uno de los elementos que más se afectan por los armónicos son los transformadores.

Las pérdidas por cada transformador monofásico alcanzaron valores de 1027,7 W, 1078,8 W y 1108,9 W mínimo, promedio y máximo respectivamente. La energía consumida por el transformador y la carga fue de 945.02 kWh, de ellas constituyen pérdidas en el transformador 22.66 kWh.

Irregularidades del monitoreo y control

Todas las habitaciones del hotel cuentan con este sistema de climatización excepto las 56 que lo hacen de forma centralizada desde una enfriadora. En este equipamiento la circulación de los caudales de aire se ajusta a la demanda de la carga térmica a partir de los dispositivos electrónicos de control con que cuenta in situ, lo cual favorece el control de la demanda de energía eléctrica. Existen dos modelos de estos equipos pero con la particularidad de que cada uno atienden sólo 8 habitaciones.

Hay que señalar que de las 5 tarjetas que funcionan como Rutgers para el control a distancia sólo existe una en buen estado por lo cual únicamente se puede controlar a distancia el 20% de estos equipos. Esto impide que no se empleen a fondo las potencialidades de los regímenes de trabajo racionales. A estos equipos se les puede cambiar los puntos de operación de las temperaturas de trabajo de los fancoils lo cual permite un control dinámico de la temperatura

en función de las condiciones climáticas exteriores. Además esta potencialidad es favorable utilizarla en diferentes horarios del día y para las distintas temporadas climáticas. Vale recordar que 1 °C que se racionalice en un sistema de climatización representa un 10% de ahorro en energía eléctrica.

Los climatizadores localizados representan entre el 30 y 35 % del consumo total de energía eléctrica del hotel por lo que con el Sistema de Control Automático funcionando con todos los requerimientos de Software y Hardware, para ocupaciones del 40 % se podrían ahorrar diariamente unos 288 kWh que representan unos \$ 31,00 CUC.

Los elementos analizados en este trabajo indican que la utilización de la Climatización Distribuida en instalaciones hoteleras con estilo constructivo *bungalow* trae aparejado las siguientes ventajas.

- En caso de roturas del equipo solo se afecta la climatización a un número pequeño de habitaciones, no siendo así con la climatización centralizada.
- Ahorro considerable de energía pues solo se le entrega al compresor la energía necesaria para entregar el caudal que demanda la carga térmica.
- Se facilitan los trabajos de mantenimiento.
- La supervisión centralizada permite programar los puntos de operación de cada habitación, conjunto de habitaciones y parámetros del equipo haciéndolo corresponder con las condiciones ambientales existentes y las temporadas turísticas.
- Eliminan las grandes redes de tuberías de la climatización localizada y las pérdidas termoenergéticas inherentes.
- Se puede recuperar el calor sustraído de la carga térmica.

Hasta el momento la única desventaja verificada en este sistema de climatización es la introducción de armónicos en la red eléctrica cuyos efectos se pueden minimizar con la introducción de filtros.

CONCLUSIONES

- La Climatización Localizada consume entre el 30% y 35 % de la energía eléctrica del Hotel analizado. Con la CD se consume entre un 10% y 20% menos de energía eléctrica que con el SCCAH.
- Con la correcta operación del Sistema de Monitoreo y Control de estos climatizadores se pueden establecer regímenes de operación capaces de ahorrar hasta el 10 % de la energía eléctrica que consume actualmente.
- Durante la operación de la CD se introducen armónicos en las redes eléctricas lo cual no invalida el empleo de este equipamiento con sus grandes

potencialidades de ahorro. Los armónicos en general se pueden combatir con filtros lo cual permite disminuir sus efectos y aumentar hasta un 30% de la potencia aparente de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

Comité de distribución-Comisión técnica. 1996. Guía sobre la calidad de la onda en las redes eléctricas. 70 p.

Ferrán, A. 2002. Energy Management in Hotels and Implanting Environmental Labels. Spain: ICAEN. 300 p.

Feodorov, A. A.; López Rodríguez, E. 1980. Suministro Eléctrico a Empresas Industriales. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. 341 p.

Recibido 24-04-07
Aceptado 31-05-07

1er. Taller de medición del Capital Intelectual en el turismo



Como estrategia de trabajo, en aras de divulgar y debatir los resultados obtenidos en una de las principales líneas investigativas del Centro de Estudios de Turismo de la Universidad de Matanzas (CETUM), así como para crear un favorable impacto social que conlleve a una generalización de los resultados, se desarrolló el 15 de junio de 2007 el 1er. Taller de medición del Capital Intelectual en el turismo, teniendo como sede al Hotel Meliá Las Américas. En el mismo participaron representantes de Cuba, Suiza, Sao Tomé y Príncipe y Guinea. Fue reconocido el Capital Intelectual como el efecto de la sinergia de todos los conocimientos que reúne una organización, todas las destrezas y experiencias acumuladas en sus integrantes, su motivación y compromiso, todo lo que ha conseguido en términos de relaciones, procesos, descubrimientos, innovaciones, impacto en el mercado e influencia en la sociedad.

Se presentó una página Web sobre este taller y se debatieron

exitosamente los trabajos de diplomas de las estudiantes de la Carrera de Lic. en Contabilidad y Finanzas, Ailed Gutiérrez Rosales, Annayka Abad Alfonso, Maylín Abréu Torres e Indira García Mesa, quienes tutoradas por el Dr.C. Vladimir Vega Falcón y la MSc. Dania Rivero Díaz y asesoradas además por el Dr.C. Roberto Frías Jiménez, mostraron resultados concretos de estas mediciones en dos hoteles pioneros en este campo, dentro del Polo Turístico de Varadero: Meliá Las Américas y Breezes Bella Costa.

Ante la presencia de la prensa provincial radial, televisiva y escrita, de directivos del gobierno provincial, de Marisol Gil, Delegada del CITMA Provincial, de altos directivos de varios hoteles, y de diversos especialistas sobre el tema, se hizo la convocatoria para el 2do. Taller, a desarrollarse en el mes de julio de 2008, en el mismo hotel.

Como efecto sinérgico de este acontecimiento, ya se coordina para que en fecha coincidente al 2do. Taller de Capital Intelectual, se efectúe el 1er. Taller de Cuadro de Mando Integral (a efectuarse en el Hotel Breezes Bella Costa). Los especialistas de la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos y de las instalaciones hoteleras de Varadero, junto a otros consultores, intercambiarán experiencias sobre dos de los temas más impactantes en la gestión empresarial actual.

Hoteles como Meliá Las Américas, Breezes Bella Costa, Meliá Varadero, Sol Palmeras, Sirenis La Salina y Solymar son pioneros en este tema dentro de la hotelería cubana y han sabido agregar a su gestión el enfoque de estas nuevas herramientas que se abren paso en los umbrales del tercer milenio.

