

Monitorización de la eficiencia energética en un sistema industrial agroalimentario

J.A. Moreno¹, J.M. Molina¹, A. Fernández¹, A. González¹, M. Jiménez², M.V. Bueno³

¹Grupo de Investigación en Ingeniería Agromótica y del Mar. Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia).

²Dpto de Tecnología electrónica. Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia).

³Grupo de Investigación en Ingeniería Telemática. Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia).

Resumen. En este trabajo se presenta un sistema innovador de monitorización y control en tiempo real del consumo energético de una instalación industrial agroalimentaria. En los equipos a controlar se instalan unos dispositivos que monitorizan el consumo eléctrico en todo momento, y envían los datos de consumo a una entidad central a través del protocolo de comunicaciones Modbus. La entidad central recopila la información y detecta alarmas para reaccionar ante consumos elevados de energía. Este sistema ha sido desarrollado por la Universidad Politécnica de Cartagena y en colaboración con las empresas Telenatura y Atram Energética.

1. Introducción

En la Industria Agroalimentaria comienza a ser necesaria la monitorización de los sistemas en tiempo real para poder controlar el consumo energético (agua, electricidad, etc.), con el fin de gestionar eficientemente las instalaciones agroalimentarias, al igual que en edificios de viviendas, oficinas, etc. [1]. Para ello es necesario el uso de las TICs.

Tradicionalmente la recogida de esa información no ha sido en tiempo real, sino que cada cierto tiempo, las personas encargadas monitorizaban los sistemas, registraban los datos y los recopilaban en archivos. Posteriormente, estos archivos se han ido digitalizando, posibilitando el almacenado de miles de datos en poco espacio y pudiendo analizar la información almacenada más rápido. Actualmente también existen equipos que, situados en puntos estratégicos de toma de datos, monitorizan el entorno y almacenan los datos de interés durante horas o incluso días, para un posterior volcado de datos. Estos equipos tampoco permiten obtener la información en tiempo real.

En este trabajo se presenta un sistema innovador de monitorización y control en tiempo real de la eficiencia energética en una instalación industrial agroalimentaria desarrollado por la Universidad Politécnica de Cartagena y en colaboración con las empresas Telenatura [2] y Atram Energética [3]. Los datos son monitorizados por equipos instalados en las dependencias a controlar. Estos equipos se comunican continuamente con un sistema central que recopila la información y detecta alarmas para poder reaccionar ante consumos elevados de energía.

2. Sistema de control energético

En la Figura 1 se muestra un esquema general del sistema de control energético diseñado para monitorizar el consumo eléctrico de una instalación agroalimentaria que consta de equipos de frío y cámara, equipos de aire comprimido, equipos de aire

acondicionado y la red de alumbrado general. Todos estos sistemas se denominan Centros Consumidores de Energía (CCE). Los CCE se comunican con una Entidad Central (EC), normalmente instalada en el servidor principal de la empresa, y envían a la EC los datos monitorizados cada 60 segundos. La EC se encarga de recopilar los datos, almacenarlos, comparar los consumos con los máximos permitidos, generar alarmas si fuera necesario, etc. Además, se puede acceder a la EC para obtener gráficas temporales de consumo de los distintos CCE.

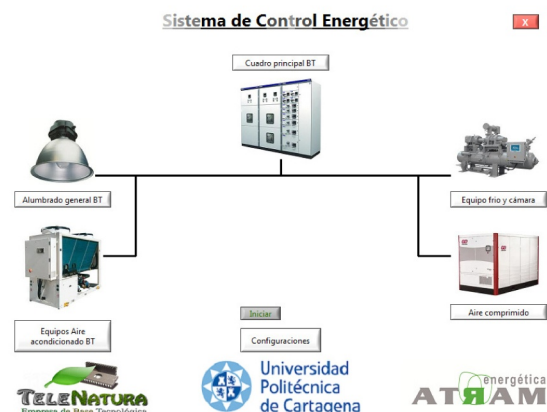


Fig. 1: Sistema de control energético en industria agroalimentaria

2.1 Protocolo de comunicación Modbus

Los CCE y el EC se intercambian información mediante el protocolo de comunicaciones Modbus [4], un protocolo de nivel de enlace que trabaja sobre un bus half o full-duplex, comunicación asíncrona, con velocidades de transmisión de hasta 19200 baudios y distancias de comunicación de hasta 1200 metros sin repetidor.

Modbus es un protocolo maestro-esclavo en la que el maestro es quien regula el acceso al medio (en nuestro caso el EC). Permite un número máximo de 63 esclavos (en nuestro caso los CCE). Los esclavos cuentan con una serie de registros de entrada

(sólo lectura) y de registros modificables. Modbus permite enviar los datos en forma binaria (Modbus RTU), en formato legible (Modbus ASCII) o como paquetes TCP/IP (Modbus/TCP). En este trabajo se ha utilizado Modbus RTU. El formato de las tramas de Modbus RTU es muy sencillo (Figura 2). Los campos de las tramas son: número de esclavo; tipo de operación (lectura/escritura); datos, que suele contener parámetros para la ejecución de la operación indicada y campo checksum para control de errores.

Nº Esclavo (00-3F _h)	Código de Operación	Subfunciones, Datos	CRC(P16) H L
----------------------------------	---------------------	---------------------	-----------------

Fig. 2: Formato trama Modbus RTU

Para que los CCE puedan comunicarse con el EC a través del protocolo Modbus es necesario que los sistemas incorporen un dispositivo que soporte dicha comunicación. En este trabajo se ha utilizado para el EC el controlador programable con funcionalidad de maestro cRIO 9076 [5]. En los CCE se han utilizado los analizadores de redes con funcionalidad esclavo tipo Siemens Sentron (modelos PAC3100 y PAC4200) [6]. Éstos se sitúan en los cuadros eléctricos de los CCE. Al ser multímetros con varias entradas analógicas permiten medir tensión y corriente. Con esos datos se pueden calcular directamente otros datos de interés como la potencia, la energía o el factor de potencia. Los datos medidos se muestran en un display digital que incorpora y, a su vez, son escritos en sus registros de entrada.

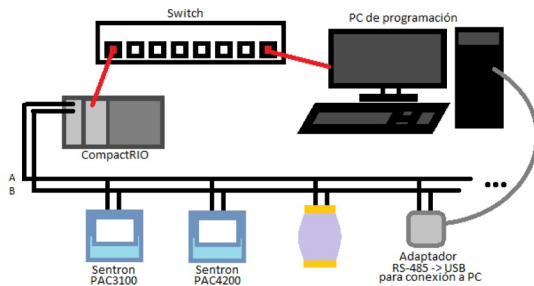


Fig. 3: Arquitectura maestro-esclavo del sistema de control energético

En la figura 3 se muestra un sencillo ejemplo de la arquitectura de comunicación llevada a cabo con los dispositivos maestro-esclavo utilizados en este trabajo. Nótese que el cRIO se conecta con el PC de la EC a través de una conexión Ethernet. Desde el PC se realiza la monitorización y control de los CCE, tal y como se describe en la sección 2.3.

2.2 Tests de comunicación CCE-EC

Para comprobar la comunicación con los analizadores de redes de los CCE y la correcta recepción de datos se realizaron pruebas donde el PC del sistema hacía de maestro, monitorizando la propia corriente de alimentación de los analizadores. Se hizo uso de un ejemplo de maestro modbus que incorpora el software de programación gráfica LabVIEW [7]. Este ejemplo permite leer y modificar un número de registros del esclavo indicado y desde la dirección

de registro indicada, con otros parámetros de entrada como la velocidad de transmisión, paridad, etc. A este ejemplo se le hicieron una serie de modificaciones para provocar la lectura de manera controlada, se eliminaron opciones innecesarias, etc. En la figura 4 se muestra como los datos obtenidos en el maestro son los registrados en el esclavo.

También se comprobó el funcionamiento del cRIO. Para ello se cargó en su memoria una modificación del programa de prueba creado anteriormente, que volcaba los datos de las salidas de tensión a una gráfica que evolucionara en tiempo de ejecución. Los resultados del experimento se muestran en la figura 5.

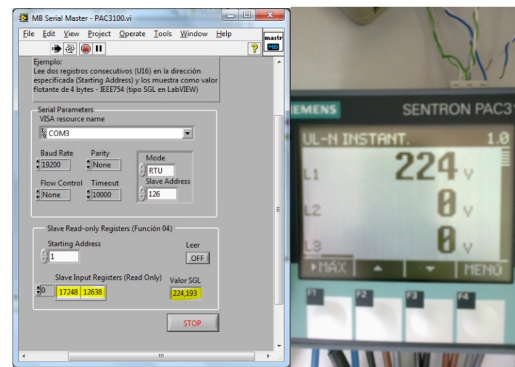


Fig. 4: Monitorización PAC3100. Valores de los registros, su equivalente en precisión simple y valor mostrado por el medidor

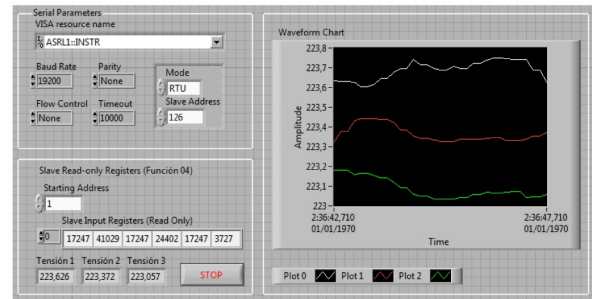


Fig. 5: Test cRio. Valores de los registros leídos, equivalencia en valores de tensión y gráfica de evolución temporal

2.3 Interfaz gráfica de la EC

La idea final es que desde la EC se pueda acceder a los datos de los CCE a través de una interfaz sencilla y amigable. Esto se ha conseguido utilizando LabVIEW. Este entorno proporciona un panel frontal en el que se colocan los distintos controles e indicadores que el usuario final visualizará o sobre los que actuará, así como un diagrama de bloques en el que se implementa el funcionamiento interno del software a programar. Para poder llevar a cabo la correcta comunicación con los CCE se ha añadido a LabVIEW la librería Modbus [8].

La interfaz principal del sistema se muestra en la figura 1. Desde esta se accede a los CCE, y hay un botón encargado de abrir, previa solicitud de contraseña, el cuadro de configuraciones. De los distintos CCE que componen el sistema, nos

centramos en el módulo de iluminación, pues será común para cualquier instalación agroalimentaria donde se implante este sistema. El módulo recoge toda la información relativa a la energía eléctrica dedicada al alumbrado en la industria agroalimentaria, tanto en el interior como en el exterior. Al acceder al módulo de iluminación aparece una pantalla principal que da acceso a dos partes del programa: introducción de datos y visualización de consumo. Estas se describen brevemente en las siguientes secciones.

2.3.1 Introducción de datos

Este es el subprograma encargado de recoger los datos de todo lo relacionado con la iluminación. Brinda al usuario una interfaz con distintos campos de selección y de entrada de texto, de modo que se pueden tener de forma separada cada grupo de iluminación. Como se muestra en la figura 6, esta sección presenta numerosos campos. En este trabajo solo mencionamos los más destacados como p.ej. *Campo numérico Longitud del conductor* en el que se especifica la longitud del conductor desde el cuadro conectado al analizador PAC3100 correspondiente hasta las lámparas del grupo indicado. Este dato sirve para determinar valores eléctricos como la resistencia del conductor, y en base a ello, la caída de tensión y la intensidad que circula por él, así como la potencia que se disipa en el conductor.

VEEI	VEEI max	Exceso	%VEEI	E	Resistencia conductor	Total	Balastro	Luminaria	Lámpara
4.5	4.5	0	100	22.22	0	90 W	12 W	30 W	18 W

Fig. 6: Introducción de datos del CCE Iluminación

Campo numérico Tensión y seleccionables Real/Teórica sirve para calcular el flujo luminoso. Si se conoce de forma empírica el valor de la tensión que cae en las lámparas, simplemente se selecciona la opción "Real" y se indica esa tensión en el campo correspondiente. Si no se conoce se selecciona "Teórica". Esto calculará la tensión como la tensión general medida en el PAC3100 del cuadro eléctrico menos la caída de tensión que se produce en el conductor hasta las lámparas.

2.3.2 Visualización de consumo

En esta sección destacan: *Campo VEEI* que muestra el VEEI (Valor de Eficiencia Energética de la Instalación) del grupo de iluminación actual, calculado en base a la superficie y potencias de iluminación. *Campo VEEI máximo* que indica el máximo VEEI para el tipo de cámara o estancia

reflejado en el campo *Uso. Indicador Exceso de VEEI* que se ilumina cuando el VEEI actual es superior al máximo establecido. *Campo porcentaje de VEEI*: Muestra el valor del VEEI actual con respecto al máximo en tanto por ciento [9]. *Indicador de eficiencia* que muestra el coeficiente de eficiencia energética del grupo de iluminación seleccionado.

Fig. 7: Visualización consumo del CCE Iluminación

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por Telenatura EBT y Atram Energética.

Referencias

- [1] Kim, J.W., Jeong, Y.K. & Lee, W. (2013). Automatic sensor and meter arrangement system for building energy management. Applied Mechanics and Materials. Issue PART 1, 746-750.
- [2] <http://www.telenaturaebt.es/>
- [3] <http://www.atramenergetica.com/>
- [4] Ruiz Canales A. & Molina J.M. (2010) Automatización y telecontrol de sistemas de Riego. Ed. Marcombo, 426.
- [5] National Instrument Corporation (2011). Operating Instructions and specification of CompactRio 9076, 24. Disponible online: <http://www.ni.com/pdf/manuals/375650b.pdf>
- [6] Siemens Sentron (2008) Power Monitoring Device SENTRON PAC4200 manual and PAC 3100 manual, 220.
- [7] National Instrument LabVIEW 2011. Software de programación gráfica.
- [8] Molina, J.M. & Jiménez, M. (2010) Programación gráfica para ingenieros. Ed. Macombo, 252.
- [9] Código Técnico de la Edificación (2010). DB HE: Ahorro de energía - Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.