

SISTEMA DE MONITOREO REMOTO DE CONSUMO ENERGÉTICO Y CALIDAD DE LA ENERGÍA

Flores Flores Diana Laura (1), Lozano García José Merced (2)

1 [Licenciatura En Ingeniería Eléctrica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [dl.floresflores@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Eléctrica, División de Ingenierías Campus Irapuato Salamanca] | Dirección de correo electrónico: [jm.lozano@ugto.mx]

Resumen

En este trabajo se desarrolló la implementación de un sistema de medición y monitoreo de parámetros eléctricos. El sistema de monitoreo de consumo energético tiene como fin determinar la energía consumida a nivel residencial, así como otras utilidades en cuanto a calidad de la energía, para su aplicación de control de demanda energética. Los medidores inteligentes son colocados en los lugares de consumo, en los cuales se conecta una carga doméstica, en el que se adquieren parámetros fundamentales como la corriente y el voltaje. Al ser medidos estos parámetros son enviados a una tarjeta de procesamiento (Arduino® UNO), los cuales a su vez son enviados por el puerto serie correspondiente y procesados en MATLAB®, en el cual se obtienen valores de potencia reactiva, potencia activa, energía consumida, costo de energía consumida, factor de potencia y distorsión armónica total, finalmente son enviados a una interfaz en GUI® de MATLAB®, en el que se puede visualizar los valores de los parámetros eléctricos antes mencionados. Con todo esto el usuario tiene a su disposición la comodidad de obtener fácilmente información necesaria, que repercuten para una buena toma de decisiones en cuanto a consumo energético en el hogar.

Abstract

In this work the implementation of a system of measurement and monitoring the electric parameters was developed. The purpose of the energy consumption monitoring system is to determine the energy consumed at the residential level, as well as other utilities in terms of energy quality, for application of energy demand control Smart meters are placed in places of consumption in which a domestic load is connected in which fundamentals parametes are adquired such as current and voltaje. When measured, these parameters are sent to a processing card (Arduino® UNO) which in turn are sent by the serial port corresponding and processed in MATLAB® in which reactive power values are obtained, Active power, energy consumed, cost of energy consumed, power factor and distortion total harmonic, finally they are sent to an interface in MATLAB® GUI® where you can vizualize the values of the aforementioned Electrical parameters. With all this the user has to your disposition the convenience of easily obtaining necessary information that impact for a good decision making regarding energy consumption in the home.

Palabras Clave

Parámetros eléctricos; Procesamiento de señal; Comunicación Serie; Medidor inteligente.

INTRODUCCIÓN

En la literatura se puede encontrar diversos trabajos sobre el desarrollo de Sistemas Inteligentes de Administración de la Energía de nivel residencial, los cuales se basan en arquitecturas y algoritmos de programación que ofrecen al usuario el manejo eficiente de la energía eléctrica que está consumiendo, a través del control de la potencia de carga de los equipos que se encuentran dentro de la casa. [1]

De los ingresos que recibe CFE de sus clientes, el empleo doméstico constituye un 24.9% y se encuentra dividido en ocho rangos de acuerdo al nivel de consumo (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC); de los cuales, los siete primeros están relacionados con la temperatura media de cada región y la última tiene relación con la demanda de utilización de electricidad, aplicando un costo diferente cuando se excede el límite establecido para la localidad del usuario en el consumo mensual promedio. En lo que al sector residencial se refiere, los sistemas administradores de energía denominados EMS (Sistemas de Administración de la Energía), encargados de optimizar el consumo de cargas eléctricas de nivel residencial y basados en la respuesta a las variaciones del precio de la energía en tiempo real (RTP), serán componentes necesarios y de gran relevancia para las futuras redes eléctricas inteligentes. [1]

En general, un dispositivo inteligente es capaz de asegurar la comunicación de datos y el control a nivel físico. Para unificar el diseño del sistema y la implementación, los equipos pueden comunicarse con el sistema por medio de una interface. Sin embargo, muchos equipos pueden funcionar en forma manual. Además, la interface del equipo debe tener la capacidad para encargarse de las entradas manuales y proveer a los usuarios los estados de operación del equipo. [2]

Los medidores inteligentes se refieren a sistemas en los que la información fluye en ambas direcciones. Estos sistemas abren una amplia gama de oportunidades para los servicios públicos a través de la información que se encuentra estrictamente disponible y productos innovadores. Existe un interés cada vez mayor para saber cómo las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) pueden cambiar el medidor convencional en un medidor inteligente para el ahorro de energía y la seguridad de la misma [3].

En [4] menciona alguna de las diferencias entre medidores, un medidor analógico requiere de la lectura de un empleado de la compañía eléctrica cada mes, en cambio un medidor inteligente proporciona lecturas diarias, horarias e incluso por minuto.

El control del consumo directo de energía y mejorar la eficiencia energética son el principal objetivo de la medición inteligente en las redes de distribución. Los medidores inteligentes influyen a los consumidores a cambiar su comportamiento disminuyendo el uso de los aparatos eléctricos durante el período de máxima demanda. Estos efectos se fomentan o bien mediante la exposición a sus patrones de consumo general o por los incentivos financieros. La eficiencia de la energía eléctrica se puede mejorar si el consumidor regula el consumo de energía en función de sus necesidades. [5].

Los rápidos avances en las ICTs han cambiado drásticamente el potencial de los medidores de servicios públicos y el nuevo sistema para medir el consumo de energía se conoce como “medidor inteligente” como un reflejo del aumento de sus funcionalidades y capacidades de comunicación en comparación con los “predecesores”, en los que realizar la lectura del consumo de energía eléctrica se realizaba de manera manual [3].

Fabricantes de contadores eléctricos y los proveedores de comunicaciones de información han estado compitiendo para proporcionar servicios públicos con sus nuevos sistemas de medición.

Desde el punto de vista operativo, el uso del sistema de medición inteligente permite mejorar la gestión y el control sobre el sistema de distribución de energía eléctrica. Por otra parte, pone a disposición de la futura red de distribución el uso de la medición inteligente y facilitar la planificación de la misma [5].

Referido en el sentido al presente trabajo desarrollado en el que su objeto es ofrecer al usuario un sistema medición inteligente remoto, económico con la mayor cantidad posible de parámetros eléctricos, el proyecto consta de diferentes etapas en la cual la primera es de obtención de corriente y voltaje por medio de sensores que son leídos por Arduino® UNO, la segunda consta de procesamiento de datos como son corriente con valor eficaz, voltaje con valor eficaz, potencia activa, potencia reactiva, factor de potencia, energía consumida, costo de energía consumida y la distorsión armónica total en MATLAB® diseño de una agradable interfaz en un GUI® y mostrados en pantalla para consultarlo en el momento que se desee.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistema de medición.

Para la implementación del sistema de medición, se optó por usar como sensor de voltaje un transformador que reduce el voltaje de 127 Vrms a un valor eficaz de voltaje de 6 Vrms, al convertir estos valores a voltaje pico-pico resulta ser de 17 Vpp, Se hizo un divisor de voltaje en el cual se tomó el voltaje reducido para que la tarjeta de procesamiento en este caso Arduino® UNO lea correctamente estos valores, ya que solo admite entradas analógicas en el rango de 0 a 5 V pico, después de haber reducido al valor correcto de voltaje, se aplicó un offset de 1.5 V de corriente directa para desplazar el nivel de referencia, para que así sea solo una señal de DC ya que el Arduino® UNO no puede leer directamente una señal alterna y por lo tanto no puede leer valores negativos. Para censar la corriente se utilizó un sensor de corriente que cuenta con la siguiente especificación ASC712 de efecto hall en el que puede medir un rango de corriente de 0a 30 Amperes para este modelo. Es necesario conocer esos valores de corriente y voltaje porque de estos parámetros se derivan los siguientes como son la potencia energía y THD.

Al ser leído el voltaje y corriente con Arduino® IDE se programa para que lea los valores analógicos de los sensores y tras haber hecho la lectura mande los datos al puerto serie, se configura Matlab con funciones para que haya comunicación serie con el puerto al que está mandando el Arduino® UNO , es importante que sea el mismo número de puerto del Arduino® UNO y MATLAB®, se obtendrán valores entre 0 a 1023 que corresponden al rango leído de 0 a 5 V,

Procesamiento.

Obtenidos los valores del sensor el procesamiento de la señal se hace con MATLAB® comenzando con la conversión a valor eficaz de corriente y voltaje en el cual a cada valor leído se convierte a un valor real en el que cada 1024 corresponde a 5 V y se divide entre raíz de dos.

El ángulo correspondiente al factor de potencia se realiza por medio de MATLAB® con un coseno discreto para corriente y voltaje como sigue: $V = V_{\max} \cos(\omega t + \Theta_v)$ $I = I_{\max} \cos(\omega t + \Theta_i)$ en el cual ω es la velocidad angular en rad/s, t esta en segundos, Θ_v esta en rad al igual que Θ_i que representan el ángulo de desfase entre voltaje y corriente respectivamente, V_{\max} es el valor pico del voltaje registrado e I_{\max} la corriente máxima registrada, para el ángulo de factor de potencia simplemente se despeja el ángulo de desfase de las funciones anteriores y se resta Θ_v de Θ_i resultando el ángulo $\Theta_p = \Theta_v - \Theta_i$.

El cálculo de Factor de Potencia se calculó simplemente como el coseno de Θ_p .

Dentro de un sistema eléctrico de corriente alterna, el factor de potencia (f.p.) se define como la relación entre la potencia activa, P , y la potencia aparente, S [6]. Este factor indica la capacidad que tiene una carga para absorber potencia activa, por esta razón, el f.p. = 1 en cargas puramente resistivas; mientras que para elementos inductivos y capacitivos ideales sin resistencia el f.p. = 0

La obtención del valor de Potencia se obtuvo el valor máximo de la corriente y voltaje, se multiplicaron resultando ser la potencia aparente en Volt-Amper, para la potencia reactiva se saca en seno del ángulo de factor de potencia multiplicado por la potencia aparente, y para la potencia activa se multiplica la potencia aparente por el factor de Potencia.

La energía consumida se obtiene cada segundo simplemente multiplicando el tiempo por la Potencia resultando en Joules se hace una conversión a kWh en la cual 1kWh=3600J, para el cobro de la energía se utilizo la tarifa domestica 1 como en la Imagen. 1.

JULIO 2018		
Tarifa base	\$0.793	kWh
Tarifa intermedia	\$0.956	kWh
excedente	\$2.82	kWh

IMAGEN 1: Tarifas correspondientes a red doméstica tarifa 1

Distorsión armónica total o THD, es una medida de cuánta distorsión está presente en una señal debido a oscilaciones en los armónicos de la señal de entrada. [7], para el cálculo de distorsión armónica se programo con la siguiente formula de la Imagen. 2.

En donde M_i corresponde a la raíz de las magnitudes de los armónicos en este caso para fines de experimentación se realizo con el armónico 3 Y M_1 es el valor rms de la potencia, pero también se puede realizar para el voltaje o corriente rms.

$$\%THD = 100 \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^n M_i^2}}{M_1},$$

IMAGEN 2: Formula correspondiente al porcentaje de distorsión armónica total.

Todo el proceso de cálculo de parámetros es colocado en el botón de calcular de GUI® MATLAB® que al ser presionado se muestra en pantalla en la interfaz.

La interfaz también incluye un botón de conectar y desconectar en el cual se coloca un relevador y se comunica igual con el puerto serial que al mandar valores de 0 o 255 se desconecta o conecta respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para realizar el monitoreo de la información calculada por la tarjeta de procesamiento, se desarrolló una aplicación de interfaz en GUI® MATLAB® en el que se muestran tres botones, Calcular en el cual se calculan todos los parámetros, así como también se muestra una gráfica de corriente y voltaje señaladas con color rojo y azul respectivamente, los botones conectar y desconectar. El resultado se muestra en la Imagen 3,4,5,6.

Para futuras mejoras se pudiera incluir una función en la que de acuerdo con los kWh consumidos se seleccione automáticamente la tarifa adecuada a la red doméstica, así como el costo correspondiente, asimismo desarrollar una función para el porcentaje de distorsión armónica para utilidades específicas en el

que sea posible seleccionar una gama completa de diferentes armónicos, función con reloj en tiempo real para conmutador de horario verano/invierno, en la circuitería de los sensores se puede implementar protecciones con optoacopladores u otro tipo de aislamiento.



IMAGEN 3: circuito de medición y procesamiento.



IMAGEN 4: módulo de medición y procesamiento.

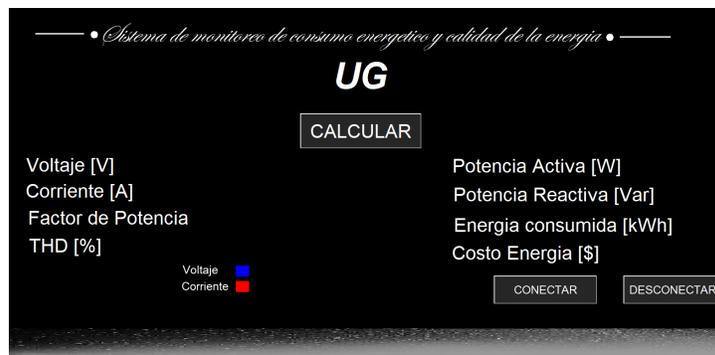


IMAGEN 5: Interfaz grafica

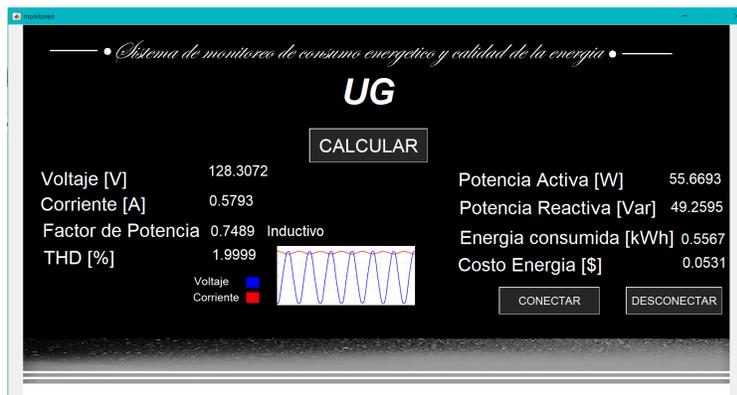


IMAGEN 6: Interfaz gráfica procesando y conectada con una carga

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se logró desarrollar una interfaz con procesamiento de la mayor cantidad posible de parámetros eléctricos como son Factor de potencia, THD, potencia activa, potencia reactiva, energía consumida, costo de la energía, además de esto se muestra una grafica en la que se puede observar voltaje y corriente, para que así el usuario pueda tomar medidas pertinentes y se concientice del consumo energético en tiempo real.

REFERENCIAS

- [1] Al-Ali, A. R., Ayman El-Hag, Mujib Bahadiri, Mustafa Harbaji, y Yousef Ali El Haj. "Smart Home Renewable Energy Management System". Energy Procedia 12 (el 1 de enero de 2011): 120-26. doi: 10.1016/j.egypro.2011.10.017.
- [2] Hong-Chan, C., y Cheng-Chien, K. "Wireless Energy Management System for Residential Area". International Journal of Environmental Science and Development (Octubre del 2013):529-532. DOI: 10.7763/IJESD. 2013.V4.408
- [3] Costanzo, G. T., J. Kheir, y G. Zhu. "Peak-load shaving in smart homes via online scheduling". En 2011 IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1347-52, 2011. doi:10.1109/ISIE.2011.5984354.
- [4] Hayden McGovern: www.smartenergy.com [Consultado 23 de Julio]
- [5] Shawkat Ali, A. B. M., (2013), Smart Grids. Opportunities, Developments, and Trends, Londres, Inglaterra: Springer-Verlag.
- [6] Venture Beat. <https://venturebeat.com>. [Consultado el 23 de Julio de 2018].
- [7] www.ubiquitous.com [Consultado el 23 de Julio de 2018]