



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# El Analizador de Energía como equipo de medida, control y protección

<b>Apellidos, nombre</b>	Roger Folch, José (jroger@die.upv.es)
<b>Departamento</b>	Departamento de Ingeniería Eléctrica
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad Politécnica de Valencia



## 1 Resumen

En este trabajo se presenta al alumnado “el analizador de energía” que es un equipo bastante usual en la industria, pero que generalmente es muy poco utilizado en el entorno de la educación. En la industria se encuentra infrutilizado. Por lo tanto en este artículo se analiza las aplicaciones usuales del analizador y se proponen otras bastante novedosas.

Se dispone en el trabajo de los esquemas de conexionado, tanto en instalaciones monofásicas como trifásicas. Esquema de conexionado para la transmisión de datos a través de buses de comunicación industrial. Se indican los parámetros usuales en la medición.

En este trabajo se plantean ejemplos prácticos de aplicación del analizador tanto de forma clásica (como equipo de medida) como antes nuevos retos a él encomendados (como elemento de protección). Todo ello planteado de forma muy sencilla para que resulte fácil de ver su aplicación.

## 2 Introducción

Las técnicas actuales de medición de los parámetros de transmisión de energía eléctrica (voltímetros, amperímetros, potencias, armónicos) permiten, también, almacenar datos y enviarlos, incluso en tiempo real. Esto supone un gran avance en el sector eléctrico, que permite optimizar los recursos naturales de generación y la gestión de las redes eléctricas.

Es de conocimiento general que las compañías de distribución de energía eléctrica han promocionado y están empezando a sustituir el tradicional contador de energía por un tipo de contador electrónico que no solo va a contabilizar la energía eléctrica consumida por un usuario, si no que además envía los datos almacenados en el contador de forma periódica, permitiendo una gestión óptima de los recursos empleados en cada usuario por la compañía.

Sin embargo, desde el punto de vista del consumidor, los datos obtenidos desde los nuevos contadores solo sirven, por ahora, para la confección de la correspondiente factura. Pero hay equipos equivalentes en el mercado que permiten obtener los consumos de forma paralela al del contador y que también son capaces de informar en tiempo real de dichos consumos.

Una buena utilización de los equipos de medida modernos, en particular del denominado “Analizador de Energía”, permite estudiar la evolución del consumo en cualquier suministro eléctrico, y con una buena base organizativa, se puede economizar en la demanda de energía eléctrica, pudiéndose obtener unos ahorros energéticos muy interesantes.

Como los datos que proporciona un analizador de energía son múltiples (entre ellos el del contenido de armónicos en la alimentación, el consumo de energía eléctrica activa, el de energía reactiva, etc.), el conocer la evolución detallada de estos valores puede dotar de una capacidad de negociación en la contratación del suministro energético realmente interesante.



### 3 Objetivos

El objetivo fundamental de este artículo es el de mostrar posibles aplicaciones (clásicas y novedosas) del analizador de energía. Así se pueden destacar entre las aplicaciones que el alumno puede desarrollar con este tipo de equipos las siguientes:

- Automatizar el control de sobrecargas de una instalación mediante la desconexión de algunos equipos que no sean esenciales.
- Proteger una instalación frente a corrientes elevadas o de cortocircuito.
- Controlar la potencia reactiva que consume un motor asíncrono funcionando en vacío o con un índice de carga reducido.
- Realizar el balance de potencias activas y reactivas de una instalación.
- Medir el contenido de armónicos tanto de las tensiones como de las corrientes.

Con todos los datos que se pueden obtener se pueden hacer balances de energía, control de procesos, controles de calidad, optimización en el consumo energético, reducción de potencia reactiva, etc.

Dada la importancia que este equipo puede tener en la industria, se pretende introducir a los técnicos de cualquier especialidad en su manejo, así como los métodos usuales de transmisión de la información a otros equipos de control, que son los encargados de controlar el funcionamiento de las máquinas.

Así pues el trabajo consta de una pequeña descripción básica del equipo (punto 4), seguido de los esquemas de instalación más habituales del equipo y descripción de los parámetros que miden y/o calculan (4.1). Después se propone unos ejemplos de aplicaciones industriales de estos equipos, que permitan su mejor aprovechamiento respecto a sus aplicaciones normales (puntos 4.2, 4.3, 4.4).

### 4 Desarrollo

Este tipo de equipos electrónicos, denominados "Analizadores de Energía" son hoy en día tan importantes que la práctica totalidad de los fabricantes del sector tienen diversos modelos y con prestaciones diferenciadas. Aunque para poder patentarlos necesitan ser diseñarlos con técnicas y/o aplicaciones diferenciadas, la gran mayoría comparten características comunes o similares. Estas últimas características "comunes" son las que se analizan en este texto. Algunos de estos pueden ser como los presentados en la figura 1.

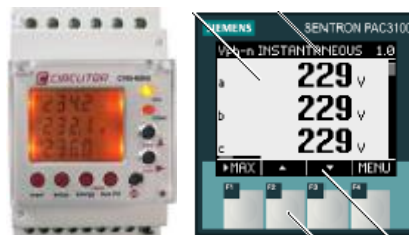


Figura 1. Detalle de dos analizadores de energía de marcas diferentes



Los analizadores de energía, en general, tienen unos rangos de medidas estandarizados. Así en corriente permiten medir hasta 5 A., en tensión hasta unos 600 V. También tiene unos valores mínimos o umbrales de estas medidas, que suelen ser del orden de entre 5 y 10 V, y entre 10 o 100 miliamperios. Cada equipo tiene sus máximos y umbrales, que en cada caso los establece el fabricante. Además, suelen disponer de uno o dos relés de salida que pueden ser activados al quedar fuera de rango alguno de los valores medidos. El funcionamiento de estos relés debe de ser programado de antemano.

La electrónica de la que están compuestos suelen incorporar una CPU que es la encargada de gestionar y calcular, a partir de las señales de tensión y corriente y sus pasos por cero, el resto de variables que indican como medición, tales como potencias, energías, factores de potencia, contenido de armónicos, etc.

Como se ha indicado, el rango de medida está establecido y estandarizado, y salvo aplicaciones especiales son los valores antes comentados, pero deben poder ser empleados para cualquier aplicación, independientemente de la potencia de la misma. Para poder adaptarlos se emplean transformadores, tanto de tensión como de corriente, que les permite medir corrientes desde cero amperios (A) hasta el valor que sea necesario (desde decenas o cientos hasta miles de amperios). Al equipo hay que indicarle la relación que existe entre la máxima corriente que circula por el primario del transformador y la que mide realmente el equipo, a través del secundario del transformador.

#### 4.1 Conexión habitual del analizador de energía y valores usuales.

Estos equipos pueden instalarse en consumos o instalaciones tanto monofásicos como trifásicos, con o sin neutro. Normalmente en los esquemas de montaje e instalación van acompañados de los transformadores de medida, pero como se ha indicado, si la corriente de carga es menor de 5 amperios, no suele ser necesario estos transformadores. En la figura 2 aparecen diferentes modos de conexionado.

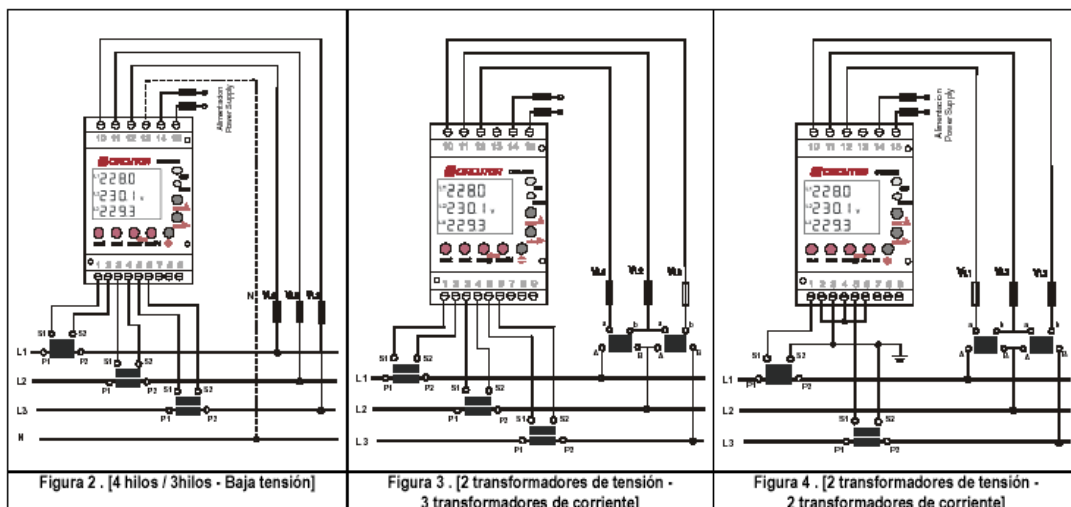


Figura 2. Plano o esquema de instalación de un analizador de energía, según el manual de instalación del propio equipo



La instalación de estos equipos debe realizarla personal especializado. Aún no siendo muy complicado su montaje, hay que prestar gran atención a la interpretación correcta de los terminales tanto del equipo como de los transformadores. Una mala conexión implica un mal funcionamiento e incluso la avería y/o destrucción del equipo

Los parámetros usuales que suelen ser comunes a todos los modelos y marcas, siendo estos los más característicos que se emplea en los aparatos de medición de energía eléctrica. En la figura 3, se presenta un esquema de los parámetros visionados y el orden en el que van apareciendo en un equipo en concreto. En cuanto al valor de medida de tensiones pueden visionarse bien las tensiones de fase o las tensiones de línea, teniéndose que ajustar mediante la programación el valor deseado.

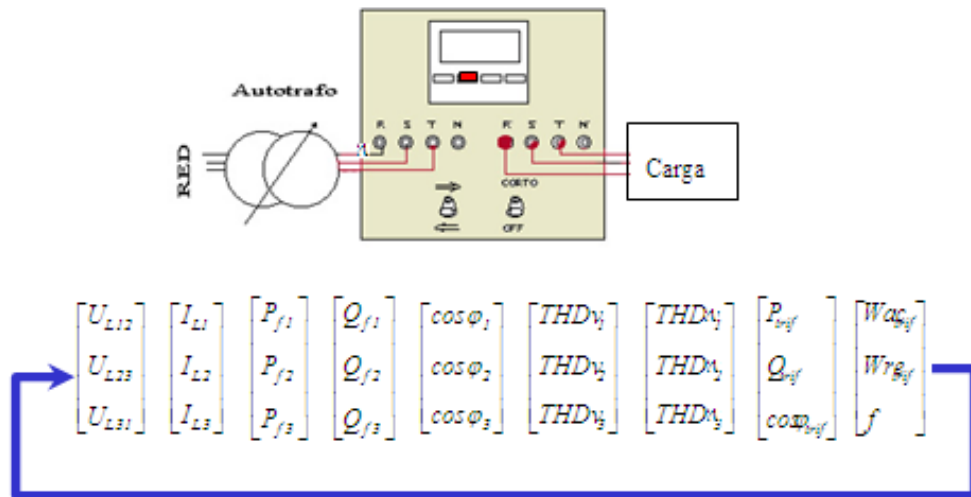


Figura 3. Parámetros de medida y visualización. Esquema en una posible utilización

Los parámetros a medir con el equipo de la figura serían:

- Los de tensiones ( $U_{Lij}$ ), tensión entre la fase "i" y la "j".
- Los de corriente ( $I_{Lm}$ ) de la fase "m".
- Los de potencia activa de cada fase ( $P_i$ ).
- Los de potencia reactiva ( $Q_i$ ).
- El factor de potencia ( $\cos \phi_i$ ).
- La distorsión armónica de la tensión ( $THDv_i$ ).
- La distorsión armónica de la corriente ( $THDA_i$ ).
- Potencias totales trifásicas, tanto activas como reactivas y su factor de potencia ( $P_{trif}$ ,  $Q_{trif}$  y  $\cos \phi_{trif}$ ).
- La energía consumida (modo contador), tanto activa como reactiva ( $Wac_{trif}$ ,  $Wre_{trif}$  y la frecuencia "f").



Otros equipos pueden incorporar valores algo diferentes y pueden incorporar otros datos o variables de energía eléctrica.

Otro parámetro de interés a programar es el que aparece al conectarlo a la alimentación. Así, cada vez que se conecte la alimentación desde la red, el equipo estará dispuesto a visionar el parámetro seleccionado previamente. También es necesario indicarle al inicio de su uso el valor de la constante de transformación de los transformadores de medida que alimentan.

Los equipos modernos además incorporan otras posibilidades bastante interesantes. Pueden llevar incluso pequeños programas de representación gráfica (scadas) que permiten presentar la información en diagramas diversos (de barras, en forma de gráficos de tartas, etc.). Incluso se pueden conectar a redes de comunicación y mantener "diálogos" de funcionamiento y transferencia de datos con equipos informáticos o autómatas programables.

## **4.2 Analizador de energía empleado como evaluador de la energía demandada.**

Inicialmente este tipo de equipos, aparecieron en el mercado como observadores de los valores eléctricos convencionales (ver valores de la figura 3), y se utilizaban como sustitutos de los clásicos amperímetros, voltímetros y vatímetros. Al incorporar (prácticamente desde su "nacimiento") una CPU para el cálculo de las potencias, se les fue dotando de otras capacidades, como son la de poder evaluar el factor de potencia, la distorsión armónica, la frecuencia. Incluso hoy en día permiten registrar hasta los "huecos de tensión" y "microcortes".

Todo ello ha permitido que estos equipos sean (tal como su nombre indica) unos potentes analizadores de energía. Con el seguimiento de los balances energéticos que estos equipos realizan se pueden optimizar los recursos energéticos solicitados a un determinado proceso o máquina. Es bien sabido que un factor de potencia relativamente bajo encarece sustancialmente el recibo del consumo energético eléctrico. Con estos equipos se puede detectar cuando y en qué máquina se tenga que ajustar este factor de potencia.

Por otro lado, también es sabido que hay horarios en los que la energía tiene un coste mayor o menor, y en determinadas industrias se puede analizar y redistribuir qué máquinas pueden o deben trabajar en unos u otros horarios de manera que se optimicen los recursos, incluso programando los tiempos de paro para mantenimiento o revisiones. Todo el estudio se puede gestionar mucho más eficientemente con la ayuda de estos equipos ya que permiten registrar y almacenar los datos del consumo diario de energía y con ellos determinar cual es el método más económico.

Abundando aún más en esta optimización de recursos, se pueden conjugar lo expuesto en los dos párrafos anteriores y hacer un control doble, tanto en la programación de las máquinas y horarios en cada instante como el punto de conexionado de los correctores de energía reactiva así como su programación de actuación en el tiempo.

Aplicando ambas técnicas el ahorro en el coste de energía, que se pueden obtener es bastante considerable, y en muchos casos justifican (económicamente) la incorporación de un técnico que se dedique a realizar estos estudios de forma continuada. Y naturalmente queda totalmente



rentabilizada, muy rápidamente, la inversión de instalación y puesta en servicio de los analizadores de energía.

### 4.3 Analizador de energía utilizado como equipo de control y/o protección.

La gran mayoría de equipos de este tipo disponen de al menos de un relé o transistor con un contacto de salida (que suele ser de tipo biestable). En el esquema de montaje y listado de bornas de conexionado de un equipo tipo, como el de la figura 4, se puede apreciar dos salidas programables tipo transistor (bornas 7, 8 y 9).

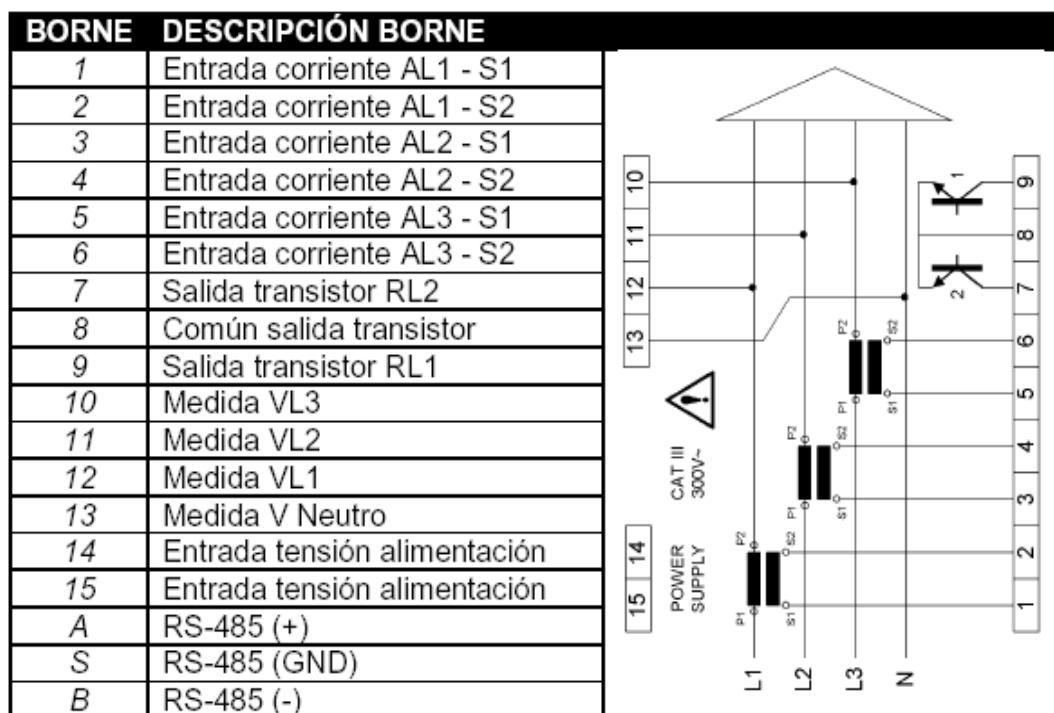


Figura 4. Esquema de montaje con detalle de relés de salida

Mediante estas salidas programables se puede conectar o desconectar cualquier maniobra, atendiendo al control seleccionado, que puede ser al tener un valor fuera de un rango de funcionamiento considerado como normal. Bajo este concepto se puede programar diferentes formas de protección frente a sobrecargas, sobretensiones, régimen de funcionamiento considerado como vacío o poca carga, etc.

En el mercado existen bastantes relés de protección específicos que vigilan o tensiones o corrientes y se programan para detectar funcionamientos anómalos. Pues bien, con este equipo se dispone de al menos dos posibilidades de protección, una por cada relé o transistor.

Para aclarar este apartado se pone un ejemplo práctico real de aplicación. Se trata de una máquina de 310 kW., para la fabricación de pienso compuesto, que al sobrecargarse se atascaba y acababa forzando la parada de dicha máquina.



El trabajo de desatascarla costaba sobre una hora de tiempo y la participación de dos personas. Se puso un equipo similar al estudiado y cuando la corriente demandada por la máquina indicaba que empezaba a atascarse, se accionaba una pequeña electroválvula que permitía accionar una compuerta y desviar la entrada del género y se cortaba de inmediato el atasco. Normalmente se solía atascar la citada máquina unas 3 o 4 veces al día, por lo que el ahorro que se obtuvo fué de una media de 3 o 4 horas más de producción más las 6 u 8 horas de los operarios. La inversión del equipo quedó totalmente amortizada desde el primer día de su implantación.

Los valores que pueden accionar a las salidas antes mencionadas pueden ser cualquiera de los valores medidos o calculados por el equipo, tanto en valores máximos como mínimos. Resulta realmente sorprendente que hoy en día este tipo de aplicaciones sea muy poco utilizada, seguramente debido al desconocimiento de la versatilidad de estos equipos.

#### **4.4 Analizador de energía como equipo de medida y protección conectado a buses de comunicación industrial**

En las dos aplicaciones anteriormente mencionadas, se ha pretendido explicar el uso normal y sencillo del analizador de energía, pero los datos que determinan ambas aplicaciones pueden ser enviados de diferentes formas a otros equipos, tales como a un PC (a través del puerto serie del ordenador) para la evaluación de estos datos y proponer mejoras energéticas. También pueden enviarse a través de los conocidos buses de comunicación industrial (MODBUS, PROFIBUS, etc.) a autómatas programables o cualquier otro equipo de control industrial. En las figuras 5 y 6 se pueden apreciar un esquema o modo de conexionado a un determinado medio de transferencia de datos.

En la figura 7 se representa el detalle del módulo de comunicación a MODBUS. En cualquier caso la información a transferir puede ser completa, es decir de todos los valores tanto medidos como almacenados por este equipo, ver figura 3. Normalmente para control y evaluación de datos (para gestión por parte del personal de informática), se conecta a los PCs, y para incorporarlos a tareas de control y protección se obtienen unas aplicaciones mucho más potentes conectandolos a autómatas programables (PLCs). Desde estos últimos se pueden también enviar o volcar datos a los PCs, con lo que en la segunda aplicación es mucho más completa, pero requiere de técnicos con especialización en automatización industrial.

En el esquema de la figura 5 se aprecia que la salida del analizador representado es solo del tipo RS-485, y para acceder al PC se necesitaría un conversor a RS-232, aunque en otros analizadores se dispone incluso de salidas directas mediante conector "USB". Para otro analizador la comunicación a RS-485 podría ser el de la figura 6.





### Diagrama de Conexión RS485

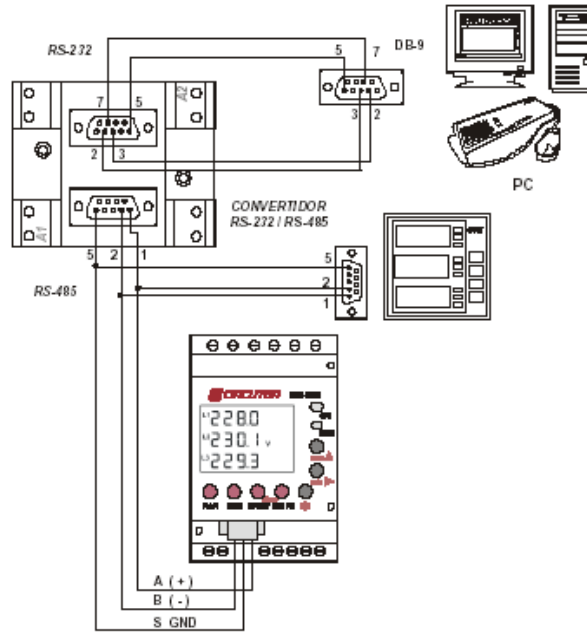


Figura 5. Esquema de conexionado a un puerto serie de un PC

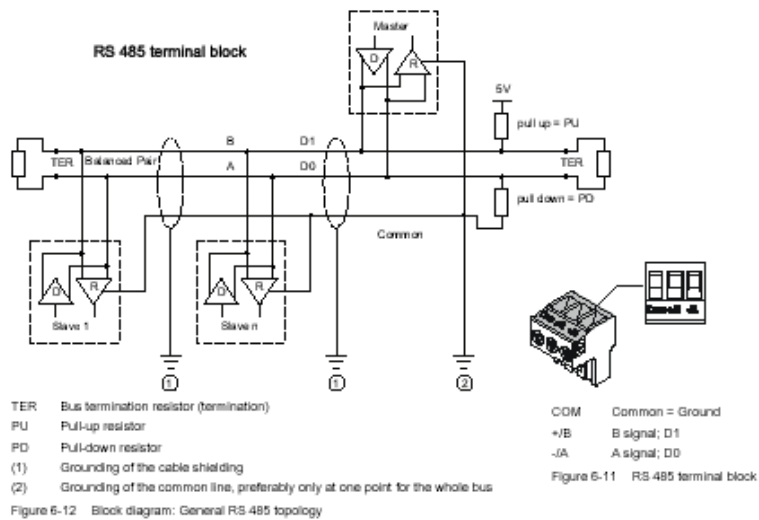


Figura 6. Esquema de conexionado a una red 485 convencional

Para acoplarlos a redes industriales de comunicación se necesita dotarlos de unos módulos especiales de adaptación a cada uno de los tipos de buses industriales. Convencionalmente suelen disponerse de varios adaptadores, en el caso de la figura 7, el mostrado es para el bus denominado "MODBUS" en su versión de 2 hilos.

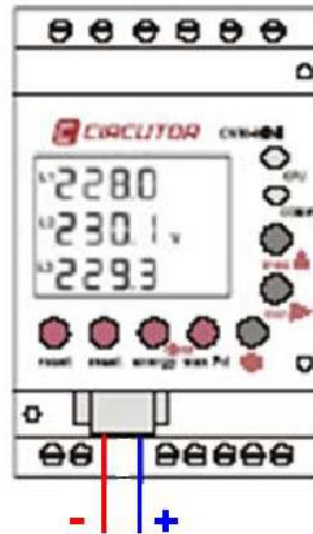


Figura 7. Punto de salida a un bus de comunicación industrial "MODBUS"

## 5 Cierre

Sin duda se puede decir que los "analizadores de energía" son equipos que por desconocimiento de sus aplicaciones, hoy en día se encuentran totalmente infrutilizados, y eso en el caso que los técnicos y especialistas hayan creído interesante instalarlos. Es muy difícil encontrar algún equipo de este tipo, en las aplicaciones industriales como equipo de protección. Por el contrario, si existen muchas unidades instaladas como equipo de medida, pero en cabecera de las instalaciones.

Lo que propicia este desaprovechamiento y su falta de instalación en multitud de aplicaciones industriales es la falta de conocimiento de las peculiaridades y virtudes que disponen los analizadores de energía. Por tanto se considera muy importante y educativo editar un texto con las utilidades de este equipo. Con este artículo se espera que el alumno/técnico conozca que los aparatos de medida usuales en la industria pueden tener mayores prestaciones que las que convencionalmente se aplican.

Así mismo, se invita al lector a leer en los manuales y catálogos las aplicaciones puntuales de cada marca y/o modelo, que aún, siendo similares para todos los equipos, las diferencias entre ellos pueden resultar interesantes, sobre todo a la hora de elegir un modelo u otro para una determinada aplicación. Además la consulta de estos manuales permite estudiar diferentes esquemas eléctricos, la norma que rigen a estos esquemas, la terminología empleada, etc. En el texto no se ha querido hacer énfasis en ninguna marca o modelo en particular para respetar la independencia del lector.

Solo cabe invitar al lector poco familiarizado con estos equipos a que haga una reflexión sobre los temas energéticos y la importancia que tienen hoy en día, tanto desde el punto de vista del ahorro como desde el punto de vista de la calidad del suministro eléctrico, lo que puede dotar al lector de una visión amplia de las posibilidades de utilización de los analizadores de energía.



## 6 Bibliografía

### 6.1 Libros:

- [1] Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Roldán Porta, C. "Tecnología Eléctrica". Síntesis. 2010.
- [2] Roger Folch, J., Riera Guasp, M., Pineda Sánchez, M., Pérez Cruz, J. "Prácticas de Laboratorio de Tecnología Eléctrica". UPV. 2011.
- [3] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Puche Panadero, R. "Aplicaciones Técnicas Industriales de Motores de Inducción". UPV. 2010.
- [4] J.M. Merino Azcarraga. "Arranque Industrial de motores asíncronos", Mc Grau Hill. 1995.
- [5] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M., Puche Panadero, R. "Introducción a las Instalaciones y Tecnología Eléctrica". UPV. 2009.
- [6] Martínez Román, JA, Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M. "Prácticas de Laboratorio de Máquinas Eléctricas". UPV. 2009.

### 6.2 Referencias de fuentes electrónicas:

- [7] Catálogos de analizadores de energía. Ver páginas web de:

[http://www.circuitor.es/m-medida/m3-contadores-de-energia-electrica-consumo-parcial/contadores-trifasicos-transformador-externo\\_p\\_130.aspx](http://www.circuitor.es/m-medida/m3-contadores-de-energia-electrica-consumo-parcial/contadores-trifasicos-transformador-externo_p_130.aspx)

<http://www.energy.siemens.com/br/en/automation/power-transmission-distribution/power-quality/power-meter/>

[http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/electrical-distribution/products-offer/range-presentation.page?c\\_filepath=/templatedata/Offer\\_Presentation/3\\_Range\\_Data\\_sheet/data/en/shared/electrical\\_distribution/pm1000\\_series.xml&p\\_range\\_id=7206](http://www2.schneider-electric.com/sites/corporate/en/products-services/electrical-distribution/products-offer/range-presentation.page?c_filepath=/templatedata/Offer_Presentation/3_Range_Data_sheet/data/en/shared/electrical_distribution/pm1000_series.xml&p_range_id=7206)