

Sistema de monitoreo de subestación eléctrica trifásica

Juan José Cáceres, Rigoberto Morales*

RESUMEN. El Sistema de Monitoreo de Subestación Eléctrica Trifásica, realiza mediciones de voltaje y corriente de cada fase, haciendo un análisis de las mismas, para obtener gráficas de voltaje, corriente, valores de potencia activa, factor de potencia y distorsión armónica. Los cálculos se realizan dentro de una computadora, en la cual se ejecuta un programa elaborado en LabVIEW. Las señales de voltaje y corriente llegan a la computadora a través de una serie de circuitos y una tarjeta captadora de datos, que podría ser capaz de muestrear hasta 250 mil veces por segundo. El sistema se mantiene monitoreando los valores de voltaje, corriente y frecuencia; si uno de ellos sale de cierto margen se registra y queda almacenado, además de la fecha, hora y potencia activa. Si se presenta una falla como cortocircuito, sobrecarga o corte de energía, los valores monitoreados saldrán de los márgenes de operación, originando el almacenamiento automático de éstos.

Palabras claves: Sistemas de energía eléctrica, energía eléctrica, sistemas de almacenamiento de datos, control eléctrico, El Salvador.

Desarrollo

El tema de las subestaciones eléctricas es muy amplio y engloba diversidad de configuraciones. Su mantenimiento se vuelve complejo debido a que, a pesar de contar con un programa de mantenimiento preventivo, los problemas en una subestación suelen tener un origen "externo" a ella. En estos casos suele efectuarse una serie de pruebas y mediciones encaminadas a detectar qué sucedió, qué componentes se dañaron y cuáles no se encuentran visiblemente dañados, pero que pudieran estarlo y presentar una falla posterior.



Fig. 1. Banco de transformadores en la subestación a monitorear.

* Ingenieros Electricistas, Docentes e investigadores del Departamento de Ingeniería Eléctrica, ITCA-FEPADE, Santa Tecla. jcaceres@itca.edu.sv; rmorales@itca.edu.sv

Sería posible adelantar el diagnóstico si se midieran constantemente las variables más importantes para la subestación; por ejemplo: voltajes y corrientes. También se pueden medir las potencias de cada fase; pero esta tarea implica designar a alguien encargado de efectuar estas mediciones, darle instrucciones precisas de lo que debe hacer y qué datos son importantes de registrar (para no terminar con páginas y páginas de datos irrelevantes). Además, si se necesita un análisis de la calidad de la energía, debemos contar con equipo más especializado y medir los ángulos de los voltajes y corrientes de cada fase; luego, realizar todos los cálculos respectivos para obtener otras variables que indiquen el rendimiento de la subestación, el consumo de las cargas y la calidad de la energía entregada.

Todo esto se simplifica con el Sistema de Monitoreo de una Subestación Eléctrica, el cual ha sido implementado en la Subestación #3 del Instituto Tecnológico Centroamericano, ITCA.

La subestación #3 se alimenta de 23 KV y proporciona voltajes de 480 V, con una salida tipo delta.

El Sistema de Monitoreo de una Subestación Eléctrica, está compuesto de un gabinete en el cual se alojan circuitos y una computadora para realizar un análisis de diversos parámetros de la subestación (ver fig. 2).



Fig. 2. Gabinete con circuitos acopladores y computadora

Utiliza una serie de circuitos orientados a convertir los 480 Voltios de AC de cada fase a 4.8 Voltios AC, es decir, una reducción de 100:1, además de reducir las corrientes en un factor de 60:1. También se usa instrumentación virtual, una novedosa técnica de programación, que permite desplegar imágenes en la PC, que poseen la apariencia de un panel de control, ya sea de una máquina o un proceso. Mediante el software de instrumentación virtual se permite monitorear variables tales como: voltaje, corriente, potencia, factor de potencia, distorsión armónica, etc., así como observar las formas de onda trifásicas, desplazadas a 120 grados y la distorsión de la forma de onda de las corrientes debido al uso excesivo de cargas electrónicas, como las computadoras, monitores de PC e impresoras en los lugares a los cuales provee energía la subestación #3.

El instrumento virtual (figura. 3) creado en la computadora, censa las variables a través de una tarjeta de adquisición de datos que, posteriormente, será analizada y visualizada en una computadora personal.

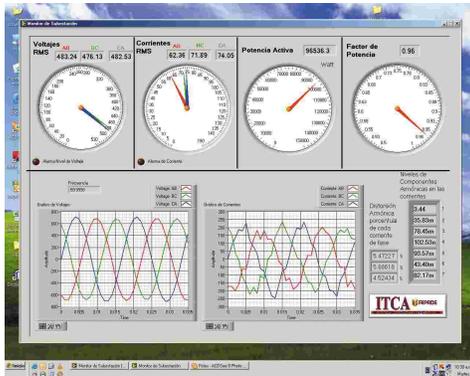


Fig. 3. Panel frontal del Sistema de Monitoreo de Subestaciones

El lenguaje de programación empleado para realizar estas tareas es LabVIEW, el cual proporciona una interfaz gráfica amigable, que permite presentar en un monitor en tiempo real el estado de las magnitudes eléctricas monitoreadas, así como almacenar aquellos datos que se alejen de un margen de +/- 10% para el voltaje, +/- 2% para la frecuencia y un rango de 10 A hasta 150 A para la corriente. Estos datos se guardan en un archivo que puede ser analizado, a fin de observar el comportamiento e historial de la subestación. Para mayor facilidad, el archivo de datos resultante es compatible con Microsoft Excel y se delimita como máximo a 1 MB de tamaño; superado este espacio se crea un nuevo archivo (tabla 1 y 2 llevan un número secuencial tomados de dos archivos de datos diferentes).

El sistema de monitoreo consta de transformadores de medición de voltajes y transformadores de medición de corriente, los cuales

reducen las tensiones y corrientes altas y peligrosas a voltajes más pequeños, que pueden ser acondicionados para ser aplicados al bloque de terminales. Éste envía la información a una tarjeta especial de interfase o conversión de señales analógicas a señales digitales, que son procesadas por el programa gráfico.

Los circuitos de acondicionamiento están diseñados para: rechazar el ruido de interferencias de líneas de alto voltaje, ajustar la salida de los transformadores a voltajes pequeños, calibrar los voltajes y corrientes reales con valores mostrados en los medidores virtuales del panel de control.

Los datos tomados de la subestación son enviados a un enrutador inalámbrico, el cual conecta la información a Internet para observar los parámetros eléctricos de la subestación desde cualquier punto que tenga acceso a Internet. Es importante aclarar que basta realizar unos pocos cambios al programa para poder medir una subestación trifásica en conexión estrella.

Para un esquema general del sistema de monitoreo de subestaciones, véase figura 4

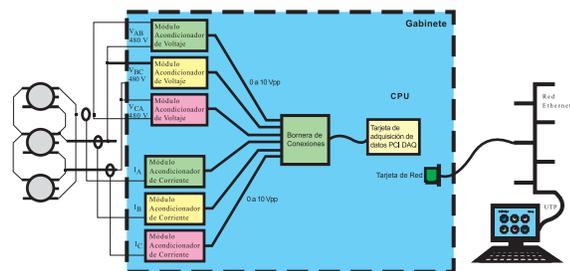


Fig. 4. Esquema general del Sistema de Monitoreo de Subestaciones



Fecha	Hora	Voltaje AB	Corriente AB	Voltaje BC	Corriente BC	Voltaje CA	Corriente CA
03/03/2008	08:13:48 p.m.	481.404	21.545	487.482	45.206	491.113	43.817
03/03/2008	08:13:48 p.m.	481.351	21.655	487.347	44.983	491.011	43.656
03/03/2008	08:13:48 p.m.	481.483	21.488	487.526	45.149	491.202	43.51
03/03/2008	08:13:48 p.m.	481.39	21.616	487.344	44.82	491.119	43.602
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.584	21.475	487.567	45.064	491.331	43.471
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.826	21.659	487.805	45.045	491.572	43.976
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.827	21.593	487.831	44.967	491.55	43.58
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.7	21.461	487.639	44.811	491.402	43.586
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.791	21.627	487.932	45.059	491.52	43.738
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.905	21.427	488.027	45.328	491.618	43.817
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.619	21.651	487.63	45.236	491.272	43.645
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.765	21.347	487.896	45.215	491.469	43.617
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.793	21.516	487.878	44.798	491.552	43.271
03/03/2008	08:13:49 p.m.	481.68	21.544	487.918	45.238	491.375	43.11

Tabla 1. Datos tomados en un momento de corte de energía eléctrica.
Extracto de un archivo de datos.

Fecha	Hora	Voltaje AB	Corriente AB	Voltaje BC	Corriente BC	Voltaje CA	Corriente CA
09/06/2008	09:26:28 p.m.	485.409	11.373	495.529	23.707	495.467	12.409
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.32	11.436	495.403	24.025	495.374	12.386
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.436	11.442	495.497	24.186	495.511	12.542
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.39	11.453	495.523	23.731	495.498	12.32
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.421	11.382	495.519	24.035	495.539	12.482
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.48	11.44	495.569	23.729	495.632	12.486
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.361	11.436	495.454	23.787	495.546	12.346
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.348	11.443	495.366	23.647	495.528	12.373
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.214	11.611	495.234	23.742	495.431	12.448
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.221	11.507	495.235	24.145	495.485	12.457
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.236	11.481	495.259	24.054	495.501	12.513
09/06/2008	09:26:29 p.m.	485.272	11.386	495.236	23.767	495.5	12.31
09/06/2008	09:26:30 p.m.	485.277	11.382	495.256	23.999	495.595	12.405

Tabla 2. Datos capturados en un lapso de 4 días.
Extracto de un archivo de datos.

Biblioteca consultada

1. Boylestad, RL. 2004. *Introducción al análisis de circuitos*. Trad. MA. Martínez Sarmiento. 2. 10ª. ed. Naucalpan de Juárez, MX. Pearson Educación. 1152 p.
3. Coughlin, RF; Driscoll, FF. 1999. *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*. Trad. RB. Gutiérrez. 5ª. ed. Naucalpan de Juárez, MX. Pearson Educación. 518 p.
4. Malvino, AP. 2002. *Principios de electrónica*. Trad. JL Alba Castro; C López Cortón. 6ª. Ed. Madrid, ES. McGraw-Hill. 1111 p.