

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL Y
MONITOREO PARA UN INTERRUPTOR DE MEDIA TENSIÓN
UTILIZANDO LABVIEW**

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A CONTROL AND MONITORING
SYSTEM FOR A MEDIUM VOLTAGE SWITCH USING LABVIEW**

<https://doi.org/10.5281/zenodo.3280052>

AUTORES: Jorge Oviedo Galarza ^{1,*}

Alfonso Agama Chico ^{2,†}

Carlos Cevallos Monar ^{3,‡}

Eduardo Jiménez Rendón ^{4,#}

Fecha de recepción: 03 / 04 / 2019

Fecha de aceptación: 28 / 06 / 2019

RESUMEN:

Las empresas distribuidoras de energía eléctrica del Ecuador, actualmente protegen las líneas y redes, para eventos de corto circuitos, siendo esto un incremento indiscriminado de la corriente eléctrica, con seccionamientos accionados por tiras fusibles. El trabajo realizado consiste en diseñar el control de un interruptor mecánico, para usarlo en media tensión (15 KV), para proteger las líneas y redes eléctricas de cortocircuitos o disminución brusca de la tensión. Para controlar el interruptor se diseñó un programa en la plataforma LabVIEW. El interruptor funciona como un breaker, es decir corta (abre) el circuito, cuando la corriente de operación es superior a la corriente prefijada, adicionalmente cortará el circuito si el voltaje de alimentación cae por debajo de un valor de tensión establecida. Todo evento que se genere en el alimentador de media tensión, será registrado en una base de datos e informado al operador a través de email. Con el presente proyecto se puede reestablecer el servicio de energía eléctrica de manera inmediata, una vez verificada las condiciones normales del alimentador. Además, se mejoran los índices de calidad y se garantiza mayor seguridad al personal, debido a que el interruptor no se lo trabaja manualmente, por lo tanto, los riesgos que se puedan ocasionar a los trabajadores al sufrir descargas eléctricas son prácticamente nulos. Finalmente se dará un mejor servicio de energía eléctrica a los usuarios.

Palabras claves:

Interruptor mecánico, media tensión, RMS, LabVIEW, email

* Magíster en Automatización y Control Industrial. Universidad Técnica de Babahoyo, Email: joviedog@utb.edu.ec¹

† Magíster en Automatización y Control Industrial. Universidad Técnica de Babahoyo, Email: aagama@utb.edu.ec²

‡ Magíster en Administración de Empresas. Universidad Técnica de Babahoyo, Email: acevallos@utb.edu.ec³

Magíster en Docencia y Gerencia en Educación Superior. Universidad Técnica de Babahoyo, Email: ejimenez@utb.edu.ec⁴

ABSTRACT:

The distribution companies of electrical energy in Ecuador, currently protect the lines and networks, for short circuit events, this being an indiscriminate increase of the electric current, with sectioning activated by fusible strips. This implementation consists of designing the control of a mechanical switch, to be used in medium voltage (15 KV), to protect the lines and electrical networks from short circuits or sudden voltage drop. To control the switch, a program was designed on the LabVIEW platform. The switch functions as a breaker, that is, it cuts (opens) the circuit, when the operating current is higher than the preset current, it will additionally cut the circuit if the supply voltage drops below a set voltage value. Any event that is generated in the medium voltage feeder, will be registered in a database and informed to the operator through email. With the present project it is possible to reestablish the electric power service immediately, once the normal conditions of the feeder have been verified. In addition, the quality indexes are improved and personnel safety is guaranteed, due to the fact that the switch is not manually operated, therefore, the risks that can be caused to the workers when suffering electric shocks are practically null. Finally, a better service of electric power will be given to the users.

Keywords:

Mechanical switch, medium voltage, RMS, LabVIEW, email

INTRODUCCIÓN

El segundo objetivo de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica del Ecuador, contempla proveer este servicio con confiabilidad y seguridad.(Ecuador, 2015)

Las redes de media tensión, que se encuentran en el sistema eléctrico a nivel nacional, son protegidas a través de seccionadores fusibles. La falta de mantenimiento en las redes eléctricas por parte de las empresas distribuidoras, puede ocasionar que se den fallas en el alimentador. Estas fallas se derivan en desconexiones que pueden dañar equipos que se encuentren instalados tanto en las zonas de orden industrial, comercial y residencial. Estas desconexiones se dan a diario en el sistema eléctrico y en ocasiones pueden tomar horas poder restablecer el servicio de energía eléctrica, debido a que se requiere varios recursos, tanto humano como económico. Por lo tanto, para dar solución a estos problemas, el presente proyecto contempla automatizar un interruptor mecánico de media tensión.

El principal objetivo del presente proyecto, es poder controlar la red eléctrica a través de un interruptor de media tensión y así evitar desconexiones y demoras en el restablecimiento de la energía eléctrica y por lo tanto brindar un servicio confiable, continuo y seguro a los usuarios que se encuentran dentro del área de cobertura del alimentador de media tensión. Para poder controlar el equipo, se diseñó un programa en la plataforma LabVIEW y para la implementación se utilizó una tarjeta de adquisición de datos NI-USB 6009, transformadores de voltaje y corriente y un circuito electrónico como interface entre la tarjeta NI-USB 6009 y el interruptor. El interruptor funciona como un breaker, es decir corta (abre) el circuito, cuando los valores de voltaje y corriente no se

encuentren en sus valores nominales fijados en el programa. Todos los eventos que se presenten se registran en una base de datos y son enviados al operador vía email.

METODOLOGÍA

Para la implementación del proyecto, se utilizó una tarjeta NI-USB 6009, de National Instruments, que se conecta al computador por medio del puerto serial (USB) y que tiene 12 entradas-salidas digitales, 4 entradas analógicas, 2 salidas analógicas. Y los valores de voltajes de las señales digitales son de 0 y 5 voltios. Y las señales analógicas pueden variar entre -10 y 10 Voltios.



Figura 1. Tarjeta NI-USB 6009

Fuente: [http://s7d5.scene7.com/is/image/ni/07060404?\\$ni-card-md\\$](http://s7d5.scene7.com/is/image/ni/07060404?$ni-card-md$)

Para controlar el equipo, se diseñó un programa en la plataforma de LabVIEW, por ser este un lenguaje de programación gráfico y no se requiere de hardware de visualización de señales. (Vizcaíno & Sebastián, 2011)

Además, para obtener los valores de voltaje y corriente que se presentan en la red eléctrica a proteger, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones:

Se utilizó un transformador de potencial, que servirá para disminuir el voltaje, a valores que pueda manejar la tarjeta utilizada, es decir entre -10 y 10 voltios, es decir un transformador de potencial con relación 8400 a 120 Voltios y otro transformador de 120 a 5 voltios.



Figura 2. Transformador de Potencial.

Fuente: *Elaboración propia.*

Se utilizó un transformador de corriente, que sirve para disminuir la corriente, a valores que pueda manejar la tarjeta utilizada, es decir entre -10 y 10 amperios, del transformador de corriente con relación de 20 a 5 Amperios. Cabe indicar que los transformadores de corriente y potencial son aislados a 15 Kv y de uso a la intemperie.



Figura 3. *Transformador de Corriente.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Las señales analógicas de voltaje y corriente son acondicionadas (pre procesadas) por un circuito electrónico diseñado previamente. Cabe indicar para poder simular las variaciones de voltaje y corriente en el proyecto, se lo realizó a través de dos potenciómetros. (Pallas-Areny & Webster, 2012)

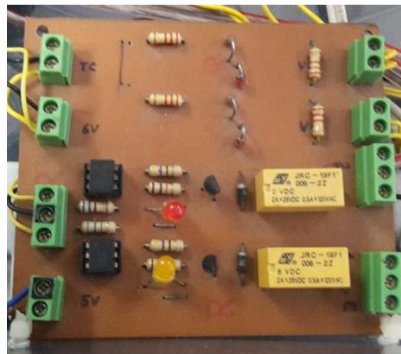


Figura 4. *Tarjeta acondicionadora de señales.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Como el voltaje de alimentación del motor del interruptor es de 120 voltios, se utilizó un circuito electrónico como interface entre la tarjeta NI-USB 6009 y el interruptor. (Enríquez, Sifuentes, Bravo, & Castro, 2016)

El interruptor funciona como un breaker, es decir corta (abre) el circuito, cuando la corriente de operación es superior a la corriente prefijada, adicionalmente corta el circuito si el voltaje de alimentación cae por debajo de un valor de tensión prefijada. Si la corriente de operación, adquiere en forma continua un valor superior a la corriente prefijada el interruptor se abre, lo que conlleva a la protección de las líneas y redes. Pero si la corriente crece por encima de la corriente prefijada por un periodo inferior a un determinado tiempo, el interruptor no se abre, es decir continúa cerrado (conectado), ya que lo interpreta como la entrada en funcionamiento de algún equipo eléctrico conectado en las

líneas que está protegiendo. Si el valor del voltaje aplicado a las líneas que el interruptor está protegiendo disminuye en forma continua de un valor menor al prefijado, el interruptor se desconecta. Pero si el voltaje cae por debajo del voltaje prefijado por un periodo inferior a un determinado tiempo, el interruptor no se abre, es decir continúa cerrado (conectado), ya que lo interpreta como la entrada en funcionamiento de algún equipo eléctrico conectado en las líneas que está protegiendo.



Figura 5. Interruptor Eléctrico 15KV.

Fuente: Elaboración propia.

Todos los eventos que se presenten en la red de media tensión que está protegiendo el interruptor, son almacenados en una base de datos, donde se registra el tiempo, voltaje, corriente, encendido, apagado y frecuencia.

Todo evento de desconexión que se presenta en la red eléctrica, es enviado al operador vía email.

A continuación, se muestra las etapas, correspondiente al funcionamiento del programa en LabVIEW:

Panel Principal

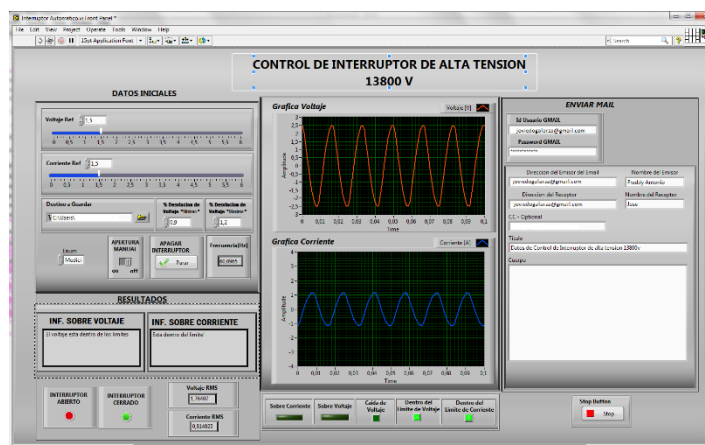


Figura 6. Vista del Panel Principal.

Fuente: Elaboración propia.

- Dos Gráficos indican las señales de voltaje y corriente, censadas en los terminales del interruptor

- Dos sliders donde seleccionamos el voltaje y la corriente de referencia, a las cuales el sistema controlará.
- En Destino a guardar se selecciona un archivo donde se almacenará los valores de voltaje, corriente, frecuencia y tiempo que se generan durante los eventos ocurridos en el sistema.
- Dos indicadores que nos muestra los rangos de tolerancia (máximo y mínimo) de voltaje, para nuestro caso sería el 10% en bajo voltaje y el 20% en sobre voltaje, para lo cual el sistema va actuar.
- Un control ON-OFF para la apertura manual del interruptor.
- Un control para la apertura del interruptor controlado por el programa.
- Tres indicadores, que muestran los valores RMS de voltaje, corriente y la frecuencia en Hz.
- Dos cuadros de textos que indican el evento ocurrido en el sistema.
- Dos leds de color rojo que indican la posición de trabajo del interruptor (abierto/cerrado).
- Cinco leds de color verde que indican los eventos del sistema (sobre corriente, sobre voltaje, caída de voltaje, dentro del límite del voltaje y dentro del límite de la corriente.
- Cuadro para textos, donde se introduce el email origen y destino, donde el sistema envía la información del evento ocurrido.
- Un botón de stop para desactivar el sistema.

Etapa de Medición

Para simular los valores y corriente en media tensión se utiliza un circuito con potenciómetros y supresores de voltaje a 5 voltios. Estas señales ingresan al sistema a través de la tarjeta NI-USB 6009 y mostradas en el panel frontal en los Graph. De estas señales se determinan sus valores RMS.

Etapa de Verificación

En esta etapa se verifican si los valores RMS de las señales voltaje y corriente están dentro de los límites establecidos por los valores referenciales. En cada caso se toma la decisión establecida para cada evento, los cuales pueden ser de sobre corriente, sobre voltaje y caída de voltaje, indicadas en el panel principal.

Etapa de Ejecución

En esta etapa se analizan las señales por niveles de corriente y voltaje.

En voltaje: se puede abrir el interruptor manualmente en condiciones normales de funcionamiento (mantenimiento).

Si al comparar el valor RMS con su valor de referencia se abre el interruptor, cuando ocurre una de las condiciones de falla (sobre voltaje y caída de voltaje).

Si el interruptor está abierto y las condiciones de operación están dentro del rango el sistema manda a cerrar el interruptor.

En corriente: Si censa una sobre corriente, el sistema espera un tiempo establecido en el diseño, luego mide nuevamente la corriente y si ésta se encuentra dentro de los límites establecidos, el interruptor permanece cerrado, caso contrario abrirá al interruptor.

Etapa de Guardar

En esta etapa, los valores de periodo, voltaje, corriente, encendido, apagado y frecuencia de los eventos ocurridos se escriben y guardan en un archivo Datos Interruptor, de tal manera que se puedan acceder para un análisis estadístico.

Etapa Enviar Email

Con la finalidad de que el jefe inmediato esté informado de los eventos producidos en el sistema, mediante correo electrónico se indica la clase de evento ocurrido.

RESULTADOS

La mayor parte de las líneas de media tensión se encuentran protegidas por seccionadores fusible y cuando se produce una falla y se desconecta todo el alimentador, para poder identificar la falla y reestablecer el servicio, se debe emplear muchos recursos, tanto humanos como económicos. (Trasancos, 2016)

Con el diseño y control del Interruptor, el servicio se restablecerá inmediatamente, una vez verificada las condiciones normales del alimentador.

DISCUSIÓN

A través del presente proyecto se mejoran los índices de calidad, ya que se reducirán los tiempos de desconexiones y se cumplirá con las metas establecidas mes a mes por los entes reguladores como MEER y ARCONEL.

Además, se garantiza mayor seguridad personal ante cualquier falla en el sistema de potencia en media tensión, para lo que está diseñado este proyecto, no hay contacto directo del personal de línea con el equipo en mención, debido a que el interruptor no se lo trabaja manualmente, por lo tanto, los riesgos que se puedan ocasionar a los trabajadores al sufrir descargas eléctricas, son prácticamente nulos. (Domínguez, 2003; Rojas, Trujillo, & Matta, 2014; Trasancos, 2016)

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos de la presente investigación, podemos concluir que:

Con el presente proyecto se dará mayor confiabilidad y continuidad al servicio de energía eléctrica que brinda a los usuarios.

El programa en LabVIEW, nos permite interactuar gráficamente con nuestro sistema lo cual nos garantiza; tanto el control como la seguridad al aplicar sistema como el presente proyecto, ya que al actuar con equipos de protecciones de media tensión siempre tenemos un riesgo de seguridad.

Este programa facilitaría todo sistema de control, en el cual el ser humano corra peligro ya que a través de un computador el usuario puede observar analizar y tomar decisiones en un sitio con conformidad y seguridad lejos del campo donde se encuentre el sistema.

Además del control, LabVIEW nos facilita almacenar los datos de todos los eventos ocurridos, lo cual puede programarse de la manera más conveniente para el usuario.

El circuito electrónico y la tarjeta NI-USB 6009, debe ser protegida del polvo y la humedad, para que se consiga un óptimo funcionamiento y se alargue la vida útil.

Los valores de voltaje y corriente deben estar bien calibrados para un correcto accionamiento del equipo.

Se debe elegir una tarjeta de adquisición de datos en la cual su tiempo de procesamiento de datos sea muy rápido, para que así el interruptor actúe de manera inmediata y se pueda evitar daños a terceros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Domínguez, F. M. (2003). *Instalaciones eléctricas de alumbrado e industriales*: Editorial Paraninfo.

Ecuador, R. d. (2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito: Editora Nacional Retrieved from <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/10/Ley-Org%C3%A1nica-del-Servicio-P%C3%BAblico-de-Energ%C3%ADa-El%C3%A9ctrica-ENE2015.pdf>

Enríquez, F. J., Sifuentes, E., Bravo, G., & Castro, A. J. I. t. (2016). Sistema Embebido para Validar el Funcionamiento de la Tarjeta de Adquisición de Datos USB-6009 de National Instruments. *27(5)*, 191-200.

Pallas-Areny, R., & Webster, J. G. (2012). *Sensors and signal conditioning*: John Wiley & Sons.

Rojas, H., Trujillo, E. R., & Matta, A. A. J. J. I. (2014). Aspectos técnicos y normativos para el monitoreo y medicion de armonicos. *19(2)*, 1.

Trasancos, J. G. (2016). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión 7.ª edición 2016*: Ediciones Paraninfo, SA.

Vizcaíno, J. R. L., & Sebastián, J. P. (2011). *LabVIEW: Entorno gráfico de programación*: Marcombo.