

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



INFORME CIENTÍFICO

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO QUE PERMITA
LA GENERACIÓN DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS Y SU
CORRECCIÓN, PARA EL ANÁLISIS Y MONITOREO UTILIZANDO
UN ANALIZADOR DE RED”**

AUTORAS: SILVANA ALEJANDRA CUAMACÁS FUERTES

MAYRA ALEXANDRA GUAMÁN GUAMÁN

DIRECTOR: ING. HERNÁN PÉREZ

IBARRA – ECUADOR

MARZO 2016

“Diseño e implementación de un módulo que permita la generación de perturbaciones eléctricas y su corrección, para el análisis y monitoreo utilizando un analizador de red”

Silvana Alejandra Cuamacás Fuertes, Mayra Alexandra Guamán Guamán

Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico

Ibarra, Ecuador

silvana.fuertes@gmail.com

mayra99gg@gmail.com

Resumen – El presente trabajo trata sobre el análisis de las perturbaciones en sistemas eléctricos y su efecto en la calidad del servicio eléctrico, normas y reglamentos nacionales que rigen su monitoreo y control, análisis de sus causas, efectos y posibles soluciones.

Dentro del desarrollo de la investigación se diseña un módulo que permita generar tres tipos de perturbaciones eléctricas más frecuentes dentro del sistema eléctrico, sobretensiones, huecos de tensión y fluctuaciones de tensión que son controladas electrónicamente, las señales que generan estos fenómenos se conectan a cargas resistivas para visualizar sus efectos, y mediante un analizador de calidad de energía se monitorean y registran las mediciones de los parámetros eléctricos asociados a estas perturbaciones durante el período de reproducción y corrección.

Estas mediciones se realizan para evaluar informes técnicos que pueden ser aplicados a una carga real y así concretar posibles soluciones a este problema.

INTRODUCCIÓN

La electricidad es una fuente de energía usada a nivel mundial, que permite el funcionamiento de máquinas, motores, luminarias, electrodomésticos y artefactos eléctricos, además mejora la producción industrial a nivel mundial, siendo una parte importante para el desarrollo social, y tecnológico.

Debido al incremento de este tipo de cargas con nueva tecnología, han afectado el correcto funcionamiento de la señal de alimentación eléctrica y el suministro de energía, mediante la aparición de fenómenos eléctricos que afectan la vida útil de los mismos.

Para determinar estos fenómenos en el sistema eléctrico, se debe investigar los aspectos referentes a calidad energética, y así reducir las perturbaciones eléctricas que afectan las condiciones de operación y funcionamiento de equipos y máquinas, para poder regirse a lo que establecen las regulaciones referentes a la calidad de energía.

Además, mediante la utilización de equipos de medición como los analizadores de red se pueden realizar estudios referentes a eficiencia y calidad energética, que ayuden a corregir y mejorar la forma

de onda de la red eléctrica brindando una solución dentro del sistema eléctrico.

I. CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Es la energía que es suministrada sin deformaciones en la onda de tensión a equipos y dispositivos.

Los problemas que afectan a la calidad energética se deben a la desviación de la tensión, corriente y frecuencia generados por el incremento de cargas eléctricas que a su vez producen pérdidas de energía, daños en la producción y economía industrial, además de elevados consumos de energía.

Estándares internacionales que definen a la calidad de energía:

- IEEE 1159-1995 el cual define a la calidad de energía como “un conjunto de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica”.
- IEC 61000-4-30 este estándar “garantiza que los instrumento de calidad de energía se encuentren aptos para la medición de varios parámetros de calidad energética”, además define a la calidad de energía como “ciertas características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia”.
- EN 50160 es una norma que describe “en el punto de entrega al cliente, las características principales de la tensión suministrada por una red general de distribución en baja tensión y en media tensión en condiciones normales de explotación.

II. PERTURBACIONES ELÉCTRICAS

Una perturbación eléctrica es el efecto que produce una mala calidad eléctrica, a través de la aparición de algunos fenómenos que alteran el suministro eléctrico.

A. Tipos de perturbaciones eléctricas generadas en el módulo

- 1) *Sobretensiones eléctricas*: Son incrementos imprevistos de voltaje de entre el 90 y 1% del voltaje nominal del sistema, su periodo de duración oscila en (μ s), se pueden originar de forma natural (origen atmosférico y maniobras de conmutación en máquinas y redes de electrificación), causando daños inmediatos en las instalaciones eléctricas y un retraso en la vida útil de los equipos eléctricos.
- 2) *Huecos de tensión*: Es una disminución brusca de tensión comprendida entre el 90 y 1% del voltaje nominal de la red, se producen debido a cortocircuitos, descargas atmosféricas y por la operación brusca de cargas potentes, su tiempo de duración se encuentra comprendido de 10ms a 1min.
- 3) *Fluctuaciones de tensión*: Son variaciones rápidas de voltaje generadas en la onda de tensión nominal de manera constante o aleatoria, se producen por la conexión y desconexión de cargas potentes en la red, su tiempo de duración puede ir desde milisegundos hasta varios minutos.

III. DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DEL MÓDULO DIDÁCTICO

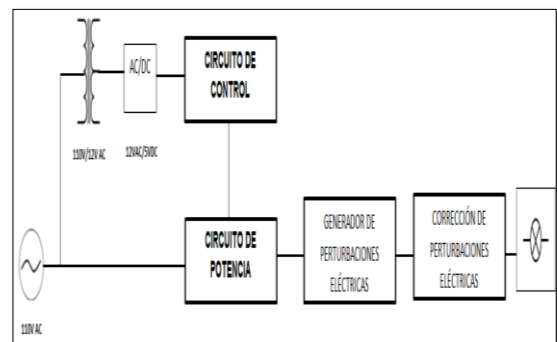


Figura 1: Estructura general del circuito

Alimentación del módulo a 120V, voltaje nominal de la red.

Para el diseño del circuito es necesario dividir en tres etapas fundamentales:

- 1) *Etapas de control*: controla los tiempos de generación y corrección de cada perturbación y la activación y desactivación de las mismas.

- 2) *Etapa de potencia o desacople*: salida para la simulación de las tres perturbaciones.
- 3) *Etapa de conmutación*: permite activar la corrección, como se indica en la figura.



Figura 2: Placas electrónicas de cada etapa

A. *Etapa de control*

A través de un microcontrolador AVR Atmega8 se controla las entradas y salidas de las señales de voltaje al igual que sus tiempos de generación y corrección para cada perturbación.

Y mediante una fuente de alimentación a 5VDC se alimentará el microcontrolador para su correcto funcionamiento tal y como se muestra en la figura 3.

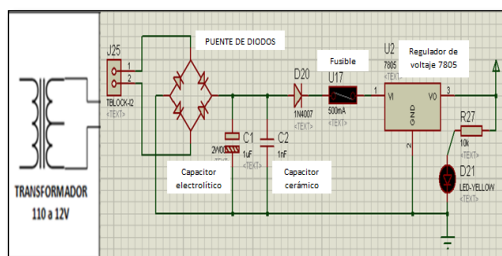


Figura 3: Circuito de la fuente de alimentación simulada en ISIS PROTEUS

B. *Etapa de potencia o desacople*

Consiste en un circuito denominado Optoacoplador Triac, el cual se alimenta del voltaje nominal de la red (120V), para permitir el control de las señales en corriente alterna a través del circuito de control por señales en DC.

Este circuito sirve como salida para la generación de cada una de las perturbaciones eléctricas y para la

activación y desactivación de las luces piloto que indican el momento de dicha generación.

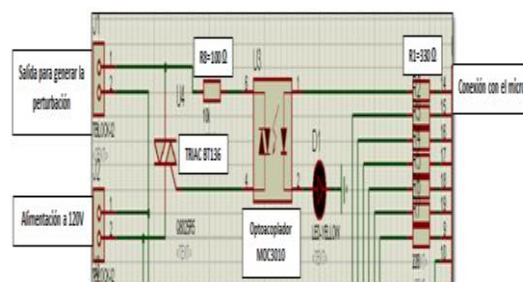


Figura 4: Circuito Optoacoplador-Triac

1) *Generador de sobretensiones eléctricas*

Para generar una sobretensión eléctrica es necesario el uso de un transformador elevador de voltaje, que incremente el voltaje de salida mayor al voltaje de entrada.

Debido a que el transformador eleva su voltaje hasta 220V y solamente se requiere un voltaje de 150V se conectan 6 resistencias de potencia de 120Ω/20W en serie y 2 de 47Ω/20W en paralelo al transformador, con el fin de que permita la generación y visualización a través de la carga (foco 220V), que a su vez estará conectado a un relé para la activación y desactivación de esta perturbación.

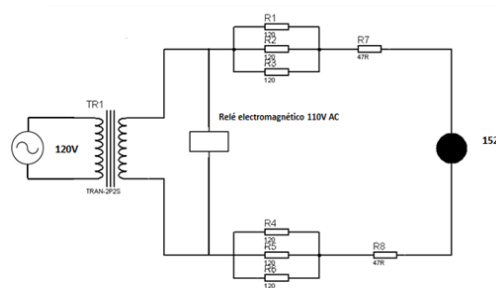


Figura 5: Conexión de las resistencias de potencia con el transformador

2) *Generador de Huecos de tensión*

Diseño de un transformador reductor de voltaje que permita reducir el voltaje hasta los 63V que se desea controlar.

Datos del núcleo:

Ancho (a) = 1,9 cm

Alto (b) = 1 pulgada – 2,54cm

Voltajes comprendidos entre:

Entrada: 110V

Salida del transformador: 63V

$$\text{Área} = a * b \rightarrow 1,9\text{cm} * 2,54\text{cm} = 4,826 \text{ cm}^2$$

El área del núcleo, se calcula el número de espiras por voltio para el devanado, a través de la constante $k = 42$.

$$\# \text{Espiras} = \frac{k}{\text{Área}} \rightarrow \frac{42}{4,826} = 8,702 \text{ espiras x voltio}$$

Por cada 8,702 espiras habrá 1 voltio,

$$\# \text{Espiras} * V_{\text{entrada}} \rightarrow 8,702 * 110\text{V} = \mathbf{957,22}$$

Espiras en el bobinado primario

$$\# \text{Espiras} * V_{\text{salida}} \rightarrow 8,702 * 63\text{V} = 548,226$$

Espiras en el bobinado secundario

Potencia máxima del transformador:

$$P_{\text{máx}} = (\text{Área})^2 \rightarrow (8,702)^2 = 75,72 \text{ W}$$

Calculada la potencia, se calculan las corrientes que pasan por el devanado primario y secundario, para encontrar el calibre del cable para cada devanado y el soporte de corriente a través del mismo

Corriente devanado primario:

$$I_p = \frac{75,72\text{W}}{110\text{V}} = 0,68\text{A}$$

El cable a utilizar es AWG # 24 con soporte de corriente de **0.80 A**.

Corriente devanado secundario:

$$I_s = \frac{75,72 \text{ W}}{63 \text{ V}} = 1,20\text{A}$$

El cable a utilizar es el AWG #22 con soporte de corriente de **1.28 A**.

Este transformador a su vez está conectado con un relé de 110V para que le permita activar y desactivar su generación.

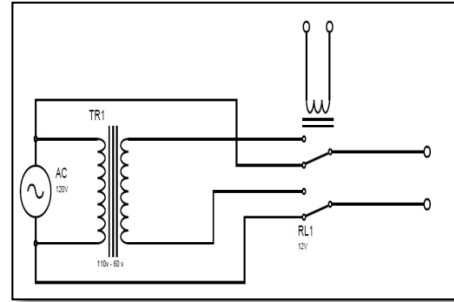


Figura 6: Transformador reductor de voltaje para generar el hueco de tensión

3) Generador de Fluctuaciones de tensión

Consiste en un circuito Optoacoplador-Triac, que permitirá realizar cortes en forma de picos aplicados a la onda del voltaje, y mediante la programación del micro se ejecutaran estos cortes durante un intervalo de tiempo.

Todo esto con el fin de que se genera en la lámpara una variación de voltaje a través de parpadeos que ocasionen molestia a la vista del ojo humano.

C. Etapa de conmutación

Consta de un circuito encargado de controlar la activación o desactivación de la corrección para cada una de las perturbaciones y además controla la activación o no de la generación en la carga.

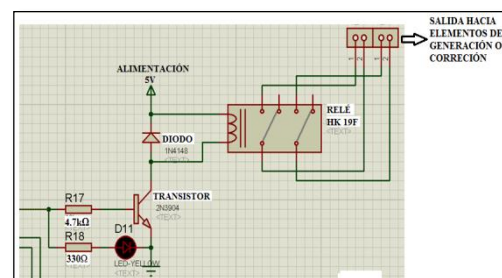


Figura 7: Circuito de conmutación

1) Corrección de las sobretensiones y huecos de tensión

Para la corrección de este tipo de fenómenos, es necesaria la utilización de un inversor DC/AC que permita compensar aquel voltaje en incremento o decremento, dando como resultado a la salida una compensación en onda cuadrada.

Este inversor trabaja en conjunto con una batería la cual permite dicha compensación de voltaje en el momento que hay una subida o caída de tensión.

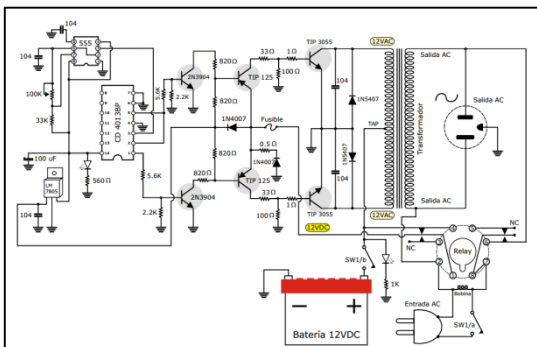


Figura 8: Diseño del circuito del inversor

2) Correcciones de las fluctuaciones de tensión

Las variaciones generadas en la onda de tensión, son mitigadas a través de un circuito Snubber (red amortiguadora), que consiste en un circuito auxiliar RC, lo cual permitirá amortiguar el efecto de una variación entre el voltaje / tiempo; es decir mejorará la salida de la onda.

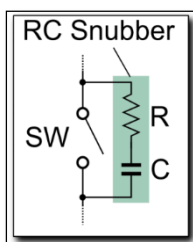


Figura 9: Circuito Snubber

IV. MEDICIONES Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LOS DIFERENTES PARÁMETROS ELÉCTRICOS REALIZADOS EN EL MÓDULO

A. Analizador de calidad de energía MI 2792 POWERQ4 PLUS

Equipo de medición de los diferentes parámetros eléctricos referentes a calidad y eficiencia energética.



Figura 10: Analizador de calidad de energía METREL MI 2792 POWERQ4 Plus

1) Configuración general de medición y eventos en el analizador

Ajustes de medición	
Escala U	110-240V L-N
Pinza I1/2/3	Smart (1x1000A), escala 100%
Pinza Ln	Smart (1x1000A), escala 100%
Sinc. Frecuencia	U1
Conexión	1H
Ajustes de los eventos	
Tensión nominal	120,00 V
Umbral de caída	92,00 % (110,4 V)
Umbral de subida	108,00 % (129,6 V)
Umbral de interrupción	1,00 % (1,20 V)
Propiedades del instrumento	
Modelo	Metrel MI2792 Fw11.0.869
Versión	hw:7.0, fw:11.0.689
N/s	14230153
Datos del usuario	Operater

Tabla 1: Configuración general del analizador

A. Mediciones realizadas en el módulo

1) Mediciones y análisis de la sobretensión eléctrica

Símbolo	Nombre	LI	Unidad
Umáx	Tensión máxima	156,300	V
Umin	Tensión nominal	120,000	V
Imax	Pico max corriente	0,8616	A
F	Frecuencia	60,00	Hz
THD U	THD tensión	6,2537	%
Pst(1min)	Flicker PST 1min	4,3	
P	Potencia activa	1,13	mW
Q	Potencia reactiva	0	mVAr
Fp	Factor de potencia	---	

Tabla 2: Reporte de sobretensiones eléctricas

El análisis de medición fue realizado en un intervalo de 4 minutos, donde el incremento máximo de voltaje alcanza un valor de 156,300V.

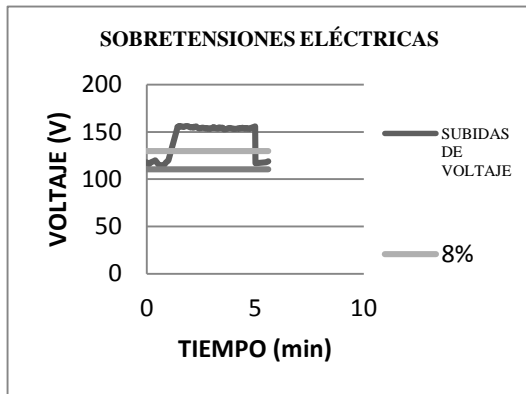


Figura 11: Representación gráfica de las subidas de tensión en un intervalo de 4min

El voltaje se ha elevado hasta un valor aproximado del 25 y 30 % del voltaje de alimentación (120V), si esta perturbación sobrepasa el 1s en varios ciclos repetitivos durante un largo periodo de tiempo puede causar daños irreversibles en luminarias, sistemas informáticos, paradas de equipos, entre otros.

2) Medición y análisis del hueco de tensión

Símbolo	Nombre	L1	Unidad
U_{Nom}	Tensión nominal de la red	120,00	V
$U_{Máx}$	Tensión máxima	119,96	V
U_{Min}	Tensión mínima	55,80000	V
$I_{Máx}$	Pico max corriente	0,6701	A
F	Frecuencia	60,00	Hz
THD U	THD tensión	5,3648	%
THD I	THD corriente	127,42	%
$P_{st(1min)}$	Flicker PST 1min	1,100	
P	Potencia activa	1.640,90	Mw
Q	Potencia reactiva	0	MVAr
Fp	Factor de potencia	---	

Tabla 3: Reporte de los huecos de tensión

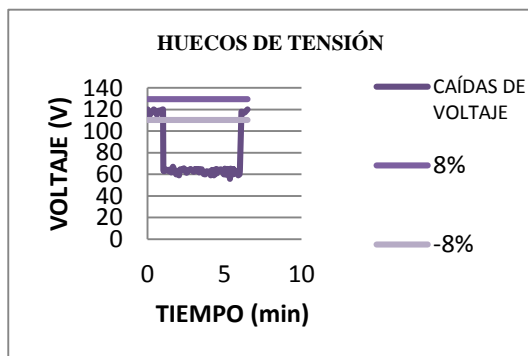


Figura 1 2: Representación gráfica de las caídas de tensión en un intervalo de 5min.

La medición de los huecos de tensión se han registrado en un intervalo de tiempo de 5 minutos, donde han existido caídas de tensión de hasta un 45 y 50% con respecto al voltaje nominal de la red.

Esta perturbación podría generar problemas y afectar la vida útil de equipos y electrodomésticos.

3) Medición y análisis de las fluctuaciones de tensión

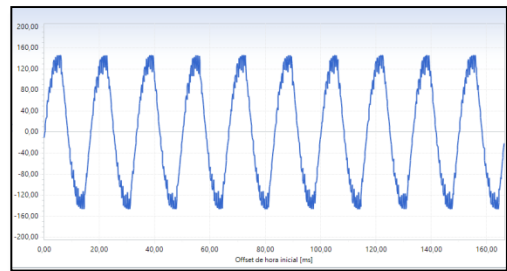


Figura 13: Forma de onda de los flicker en u intervalo de tiempo de 5 minutos

El flicker se muestra como una variación de voltaje provocando una distorsión en la onda de tensión; las mediciones de la severidad del flicker, generalmente se representa por los P_{It} registrados a larga plazo para un total de 2 horas y los P_{st} de corto plazo que se registran para un intervalo de 10min.

B. Análisis de una carga real a través del Analizador de calidad de energía METREL MI 2792 POWERQ4 Plus en un registro de 7 días.

Sector urbano y de acuerdo a lo dictaminado por la REGULACIÓN No. CONELEC – 004/01, el límite de aceptabilidad de voltaje para las subidas y caídas de tensión viene dado por +/- 8% del voltaje nominal.

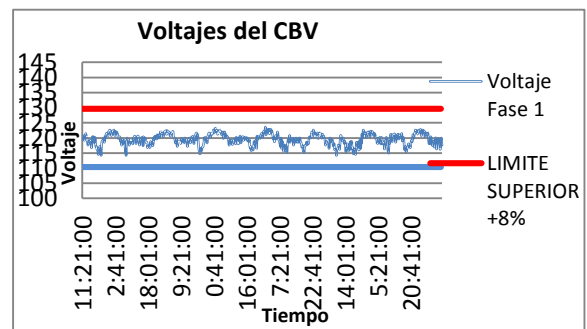


Figura 1 4: Gráfico de tendencia de voltaje registrado en un intervalo de 7 días.

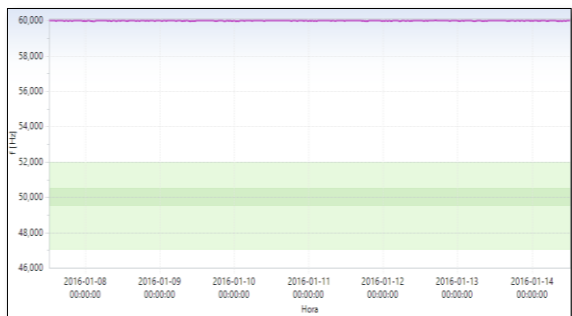


Figura 1 5: Grafica de tendencia de la frecuencia

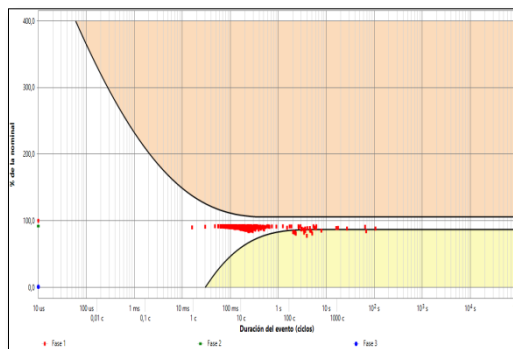


Figura 18: Curva CBEMA registrada con el analizador

Los puntos rojos que se observa en la gráfica, son los eventos que se han producido durante el intervalo de medición.

- La zona blanca representa la zona tolerable en la que funcionan correctamente los equipos.
- La zona roja son las sobretensiones no permitidas dentro de la curva.
- La zona amarilla es la zona no permitida en huecos de tensión.

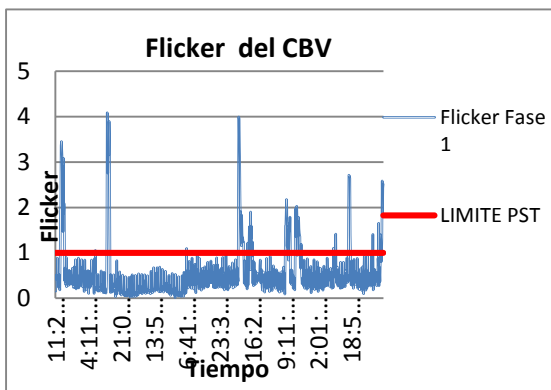


Figura 16: Gráfico de tendencia del Flicker (Pst)

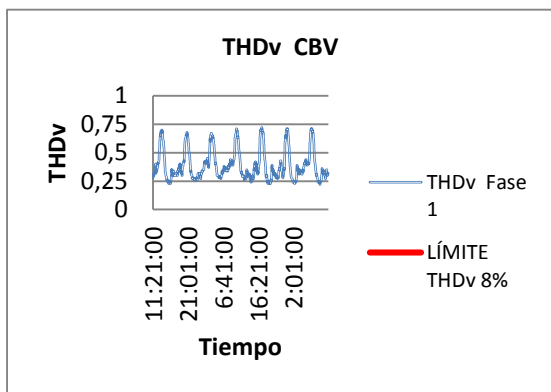


Figura 17: Grafico de tendencia THD U1

2) Curva ITIC

Es una curva mejorada de la CBEMA, describe de una manera más estricta el nivel de tensión al que pueden tolerar los equipos electrónicos y tecnológicos para su correcto funcionamiento.

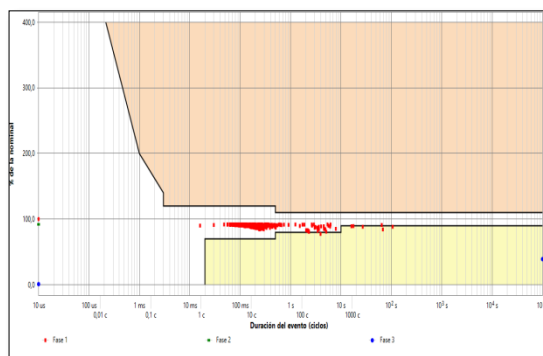


Figura 19: Curva ITIC registrada a través del analizador

De acuerdo a lo registrado, existen caídas de tensión que se encuentran fuera del rango especificado en la curva, es decir que algunos equipos no están funcionando correctamente.

C. Curvas de tolerancia

1) Curva CBEMA

Es una gráfica que evalúa la calidad de operación de los equipos y su susceptibilidad que presenta a los fenómenos que suceden en dicho ambiente, el eje Y representa la tensión nominal (%) existente en el sistema eléctrico y el eje X representa el tiempo o duración del evento.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El presente módulo didáctico, permite generar y analizar tres de las diferentes perturbaciones eléctricas que suelen presentarse en el sistema eléctrico, sobretensiones, huecos de tensión y flicker, mediante un analizador de red y su corrección mediante dispositivos electrónicos.
- Las perturbaciones presentadas en el módulo mediante simulación serán mitigadas a través de circuitos electrónicos, mientras que en la red estos problemas son mitigados por varios sistemas especiales que actúan ante la aparición de estas anomalías.
- El tiempo para la desconexión de la carga, en caso de una perturbación permanente, puede ser variado de entre 1 a 5 minutos de acuerdo al tipo y sensibilidad de la carga a las perturbaciones.
- En el módulo didáctico, el análisis de las variaciones de los parámetros eléctricos provocados por una perturbación, se pueden visualizar, registrar y almacenar en el analizador de calidad de energía en el período en que permanece conectado.
- El análisis realizado a una carga particular establece la facilidad con que se puede realizar un informe que identifique que tipo de perturbación se está presentando, el porcentaje de registros que se encuentran fuera de los límites permitidos por la regulación.
- Mediante la utilización de la curvas CBEMA se puede establecer si el número de perturbaciones presentes en la red eléctrica en un período de tiempo son responsables del daño o no de los artefactos, de acuerdo a normas internacionales como la EN 50160, IEC 61000-4-30 y la IEEE 1159.

RECOMENDACIONES

- Previo al manejo del módulo se debe leer el manual de usuario para su correcta

utilización en la generación y corrección de cada perturbación y el registro de lecturas necesarias para realizar informes.

- Se debe realizar chequeos previos al uso del módulo para su correcto funcionamiento debido a que los elementos electrónicos y sus circuitos están expuestos a cualquier eventualidad; evitar la manipulación de los circuitos electrónicos al momento que esté energizado el equipo para evitar descargas eléctricas en el cuerpo humano y dañar el módulo.
- Antes de utilizar el analizador de calidad de energía eléctrica, es necesario leer el manual de instrucciones, para poder configurar el equipo correctamente e implementar las configuraciones necesarias de conexión para su correcto funcionamiento.
- Colocar de manera adecuada los periféricos de medición del equipo analizador, para obtener mediciones correctas.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] AENOR. (Noviembre de 1999). *Norma española UNE EN 50160*. Recuperado el Viernes 15 de Junio de 2015, de Norma española UNE EN 50160: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_X7K04Kmde8J:www.sica.es/download/gesti%25C3%25B3n_y_supervisi%25C3%25B3n/calidad_energ%25C3%25ADa/Norma50160.PDF+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- [2] AP&C. (s.f.). *Calidad de la energía*. Recuperado el 06 de octubre de 2015, de Calidad de la energía: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vcwXcEPan28J:www.watergymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizand o%2520la%2520Operacion%2520y%2520e l%2520Mantenimiento/Calidad%2520de %2520la%2520Energia.pdf+&cd=1&hl=es &ct=clnk&gl=ec>
- [3] ARCONEL. (2015). *CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN (REGULACIÓN NO.*

- CONELEC 004/01). Recuperado el 03 de Marzo de 2015, de CALIDAD DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE DISTRIBUCIÓN (REGULACIÓN NO. CONELEC 004/01): http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=23
- [4] Autonell, J., & Balcells, J. y. (2012). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Barcelona: Lexus.
- [5] BALPER. (s.f.). *Perturbaciones en la red eléctrica*. Recuperado el 12 de Junio de 2015, de Perturbaciones en la red eléctrica: <http://www.balperin.com.mx/perturbaciones-en-la-red-electrica.shtml>
- [6] Castaño, J., González, M., & Vargas, G. y. (2001). *MICROCONTROLADORES*. Pereira: Cedit.
- [7] Cervantes, O. (Enero de 2015). *Metodología de medición de calidad de energía eléctrica*. Recuperado el 24 de Junio de 2015, de Metodología de medición de calidad de energía eléctrica: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gw0sqAsteQoJ:repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/234/Proyecto%2520de%2520grado%2520\(final\).pdf%3Fsequence%3D1+%&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gw0sqAsteQoJ:repositorio.cuc.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/234/Proyecto%2520de%2520grado%2520(final).pdf%3Fsequence%3D1+%&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ec)
- [8] Dugan R, M. M. (2004). *Electrical Power System Quality*. Estados Unidos: McGraw Hill.
- [9] IEC. (Febrero de 2003). *Power Quality Measurement Methods*. Recuperado el 01 de Abril de 2015, de Power Quality Measurement Methods: www.powerstandards.com/IEC-61000-4-30.php
- [10] Lexis. (16 de Enero de 2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Recuperado el 26 de Junio de 2015, de Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica: Lexis
- [11] Megacal. (S/F). *Calidad de suministro eléctrico*. Recuperado el 24 de Febrero de 2015, de Calidad de suministro eléctrico: www.elec-jvpastor.es/app/.../CALIDAD+SUMINISTRO+ELECTRICO.PDF
- [12] Meléndez, J., Herraiz, S., & Colomer, J. (Marzo de 2005). *Causas y efectos de las perturbaciones. Calidad de onda*. Recuperado el 28 de Octubre de 2015, de Causas y efectos de las perturbaciones. Calidad de onda: http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2144/Calidad_onda_servicio.pdf?sequence=1
- [13] METREL. (2011). Manual de funcionamiento. *Manual de funcionamiento Power Q4 y Power Q4 Plus*, 07.
- [14] Sarmiento, F., & Sánchez, V. (30 de Abril de 2009). *Fundamentos de la calidad de energía*. Recuperado el 02 de Marzo de 2015, de Fundamentos de la calidad de energía: dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/75/7/Capitulo1.pdf
- [15] Torre, B., & Lazo, M. P. (s.f.). *Trabajo_sobretensiones*. Recuperado el 10 de septiembre de 2015, de Trabajo_sobretensiones: https://www.academia.edu/9293010/TRABAJO_-_SOBRETENSIONES
- [16] Universidad de Girona. (Marzo de 2002). *Fluctuaciones de tensión y Flicker*. Recuperado el 18 de Mayo de 2015, de Fluctuaciones de tensión y Flicker: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jZEgY7-Mv-kJ:eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso5_fluctuaciones_flicker.pdf+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- [17] Víctor, H. S. (2007). *Perturbaciones en la red eléctrica*. Recuperado el 16 de Febrero de 2015, de Perturbaciones en la red eléctrica: <http://www.afinidadelctrica.com/articulo.php?IdArticulo=165>



Silvana Alejandra Cuamacás Fuertes

Nació en Ibarra, Ecuador, el 11 de Enero de 1992. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Nacional Ibarra, donde obtuvo el título de bachiller técnico, especialidad Informática. Terminó sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en el año 2015.

Áreas de interés: Energías renovables, redes eléctricas, control y automatización.



Mayra Alexandra Guamán Guamán

Nació en Ibarra, Ecuador, el 9 de Noviembre de 1992. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Técnico Víctor Manuel Guzmán, donde obtuvo el título de bachiller técnico, especialidad Informática. Terminó sus estudios en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico en el año 2015.

Áreas de interés: Calidad y eficiencia energética, Energías renovables, Redes eléctricas, Mantenimiento eléctrico e industrial, control y automatización.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO



SCIENTIFIC REPORT

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO QUE PERMITA
LA GENERACIÓN DE PERTURBACIONES ELÉCTRICAS Y SU
CORRECCIÓN, PARA EL ANÁLISIS Y MONITOREO UTILIZANDO
UN ANALIZADOR DE RED”**

**AUTORAS: SILVANA ALEJANDRA CUAMACÁS FUERTES
MAYRA ALEXANDRA GUAMÁN GUAMÁN**

DIRECTOR: ING. HERNÁN PÉREZ

IBARRA – ECUADOR

MARZO 2016

“Design and implementation of a module that allows the generation of electrical perturbations and its correction, for analysis and monitoring using a network analyzer”

Silvana Alejandra Cuamacás Fuertes, Mayra Alexandra Guamán Guamán

Technical University of North, Electrical Engineering Careers in Maintenance

Ibarra, Ecuador

silvana.fuertes@gmail.com

mayra99gg@gmail.com

Summary - This paper deals with the analysis of perturbations in electrical systems and their effect on the quality of electric service, rules and regulations governing its monitoring and control, analysis of its causes, effects and possible solutions.

Within the development of design a module that can generate three most frequent electrical perturbations in the electrical system, swells, sags and voltage fluctuations that are electronically controlled, signals generated by designing these phenomena are connected to resistive loads to display their effects, and using a power quality analyzer are monitored and recorded measurements of electrical parameters associated to these perturbations during the reproduction and correction period.

These measurements are performed to evaluate technical reports that can be applied to a real load and thus discuss possible solutions to this problem.

INTRODUCTION

Electricity is a source of energy used worldwide, allowing operation of machines, motors, lighting, appliances and electrical appliances, and improves

industrial production worldwide, being an important part of social development, and technology.

Due to increasing loads such new technology, they have affected the proper operation of the power supply signal and the power supply, by the appearance of electrical phenomena affecting the life thereof.

To determine these phenomena in the electrical system should be investigated aspects concerning energy quality, and reduce perturbations electrical affecting the operating conditions and operation of equipment and machines, to be guided to establishing regulations concerning the power quality.

In addition, using measuring equipment such as network analyzers can be made to energy efficiency and quality, to help correct and improve the waveform of the electrical network studies related providing a solution within the electrical system.

I. QUALITY OF ELECTRICITY

It is the energy that is supplied without deformation wave voltage equipment and devices.

The problems affecting the quality energy due to the deviation of the voltage, current and frequency generated by the increase of electrical charges which in turn produce energy losses, damage industrial production and economy, and high energy consumption .

International standards that define power quality:

- IEEE 1159-1995 which defines the quality of energy as "a set of electromagnetic phenomena that characterize voltage and current at a given time and at a certain point of the grid."
- IEC 61000-4-30 this standard "ensures that power quality instrument are suitable for measuring various parameters of power quality" also it defines the quality of energy as "certain characteristics of electricity at a given point a power grid, evaluated relative to a set of technical benchmarks ".
- EN 50160 is a standard that describes "at the point of delivery to the customer, the main characteristics of the voltage supplied by a general distribution network in low voltage and medium voltage under normal operating conditions.

II. ELECTRICAL PERTURBATIONS

An electrical perturbation is the effect of a bad power quality through the onset of some phenomena that alter the electrical supply.

A. Types of electrical disturbances generated in the module

1) Power Swells: These are unexpected increases in voltage between 90 and 1% of the nominal system voltage, its period of duration oscillates (microseconds), and originating from natural (atmospheric origin and switching operations in machines and electrification networks), causing immediate damage to electrical installations and a delay in the life of electrical equipment.

2) Voltage dips: A sharp drop in voltage between 90 and 1% of rated voltage of the network occur due to short circuits, lightning and by the sudden operation of powerful loads, its duration is understood 1min 10ms.

3) Voltage fluctuations: are rapid variations in voltage generated in the wave of nominal voltage constant or random, are produced by the connection and disconnection of powerful loads on the network, its duration can range from milliseconds to several minutes.

III. DESIGN AND CALCULATION OF THE COMPONENTS OF TEACHING MODULE

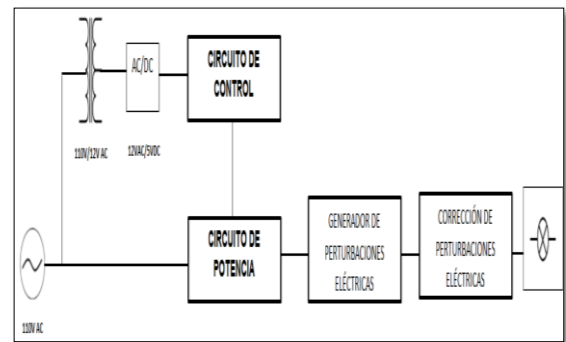


Figure 1: General structure of the circuit

Module power 120V, nominal voltage of the network.

For the circuit design should be divided into three main stages:

- 1) Step control: Controls the generation times and each perturbation correction and activation and deactivation of the same.
- 2) Power amp or uncoupling: output for simulation of the three disturbances.
- 3) Switching stage: activate the correction, as shown in fig.



Figure 2: Electronic payments each stage

A. Control stage

Through a Atmega8 AVR microcontroller inputs and outputs voltage signals as their generation times and correction for each perturbation is controlled.

And by a power supply to 5VDC the microcontroller for correct operation will feed such as shown in figure 3.

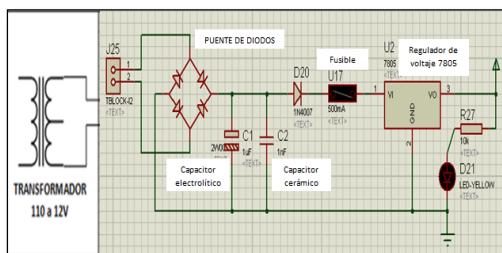


Figure 3: Circuit power source simulated in PROTEUS ISIS

B. Power amp or uncoupling

It is a circuit called Optoacoplador.Triac, which is fed the nominal mains voltage (120V), to allow control of alternating current signals through the control circuit for DC signals.

This circuit serves as an output for generating each of the electrical perturbations and for activating and deactivating the pilot lights that indicate the time of that generation.

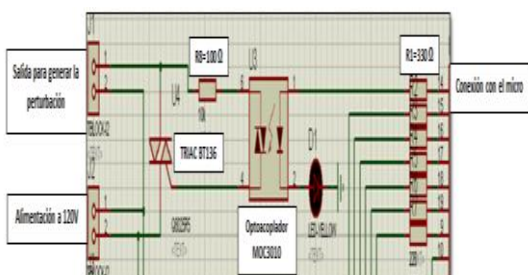


Figure 4: Circuit-Triac optocoupler

1) Generator electrical swells

To generate an electrical overvoltage is necessary to use a transformer booster, which increases the output voltage higher than input voltage.

Because the transformer raises the voltage to 220V and only a voltage of 150V is required six power resistors 120Ω / 20W in series and two of 47Ω / 20W are connected in parallel to the transformer, in order to allow generation and visualization through the load (focus 220V), which in turn is connected to a relay for activation and deactivation of this perturbations.

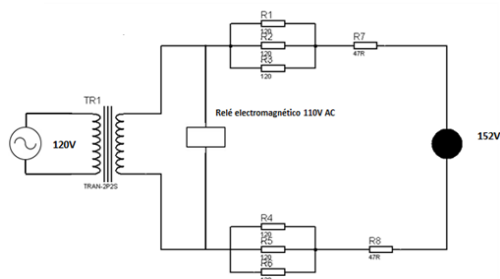


Figure 5: Connecting the power resistors with transformer

2) Voltage dip generator

Design of a voltage step-down transformer that reduces the voltage up to 63V to be controlled.

Kernel data:

Width (a) = 1.9 cm

High (b) = 1 inch - 2.54cm

Voltages between:

Input: 110V

Transformer output: 63V

$$\text{Area} = a * b * 2.54\text{cm} \rightarrow 1.9 \text{ cm} = 4.826 \text{ cm}^2$$

The core area, the number of turns is calculated per volt winding, through the constant k = 42.

$$\# \text{ Spires} = k / \text{Area} \rightarrow 42 / 4,826 = 8,702 \text{ turns} \times \text{Volt}$$

2) Corrections voltage fluctuations

Variations generated in the voltage waveform, are mitigated through a Snubber (snubber network) circuit, consisting of an auxiliary circuit RC, which will dampen the effect of a change between the voltage / time; ie it will improve the output waveform.

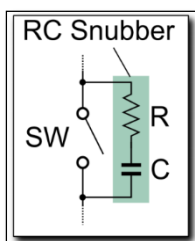


Figure 9: Snubber Circuit

IV. MEASUREMENTS AND ANALYSIS OF DIFFERENT ELECTRIC PARAMETERS PERFORMED IN THE MODULE

A. Power Quality Analyzer POWERQ4 MI 2792 PLUS

Measuring equipment of different electrical parameters regarding quality and energy efficiency.



Figure 10: Power quality analyzer METREL MI 2792 Plus POWERQ4

1) General measurement settings and events in the analyzer

Measurement settings	
Scale U	110-240V L-N
Pinza I1/2/3	Smart (1x1000A), scale 100%
Pinza Ln	Smart (1x1000A), scale 100%
Sinc. Frequency	U1

Connection	IH
Event settings	
Rated voltage	120,00 V
Drop threshold	92,00 % (110,4 V)
Threshold rise	108,00 % (129,6 V)
Interruption threshold	1,00 % (1,20 V)
Propeties instrument	
Model	Metrel MI2792 Fw11.0.869
Version	hw:7.0, fw:11.0.689
N/s	14230153
Data operator	Operator

Table 1: Overall Configuration Analyzer

A. Measurements in the module

1) Measurement and analysis of power swells

Symbol	Name	LI	Unidad
Umáx	Maximum voltage	156,300	V
Umin	Rated voltage	120,000	V
I _{max}	Peak current max.	0,8616	A
F	Frequency	60,00	Hz
THD U	THD voltage	6,2537	%
Pst(1min)	Flicker PST 1min	4,3	
P	Active power	1,13	mW
Q	Reactive power	0	mVAr
Fp	Power factor	---	

Table 2: Report from electrical surges

The analysis measurement was performed at an interval of 4 minutes, where the maximum increase

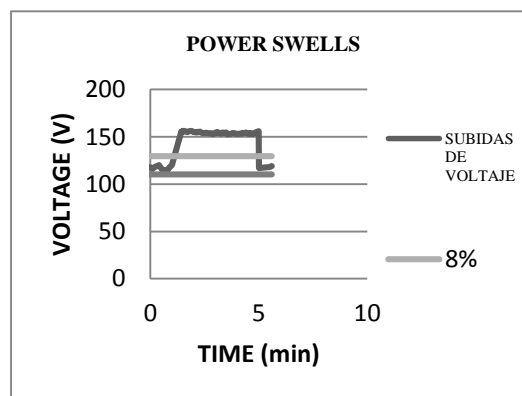


Figure 11: Graphical representation of power surges in interval 4min

in voltage reaches a value of 156,300V.

The voltage has risen to an approximate value of 25 to 30% of the supply voltage (120V), if the perturbation exceeds the 1s in several repetitive cycles over a long period of time can cause irreversible damage to fixtures, computer systems, stops equipment, among others.

2) Measurement and analysis of voltage sag

Symbol	Name	L1	Unit
U_{Nom}	Network nominal voltage	120,00	V
$U_{M\acute{a}x}$	Maximum voltage	119,96	V
$U_{M\acute{i}n}$	Minimum voltage	55,80000	V
$I_{M\acute{a}x}$	Peak current max	0,6701	A
F	Frequency	60,00	Hz
THD U	THD voltage	5,3648	%
THD I	THD current	127,42	%
$P_{st(1min)}$	Flicker PST 1min	1,100	
P	Active power	1.640,90	Mw
Q	Reactive power	0	MVAr
Fp	Power factor	---	

Table 3: Report sags

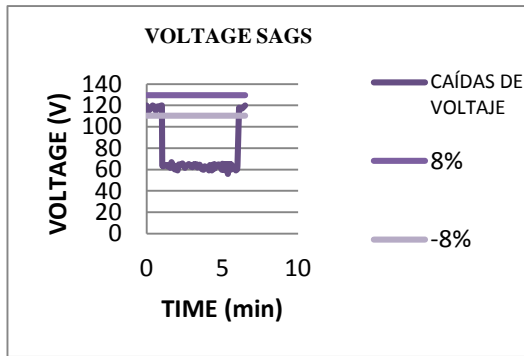


Figure 12: Graphical representation of sags at an interval of 5 minutes.

The measurement of voltage sags have occurred in a time interval of 5 minutes, where there have been brownouts of up to 45 and 50% over the nominal voltage of the network.

This perturbation could cause problems and affect the useful life of equipment and appliances.

3) Measurement and analysis of voltage fluctuations

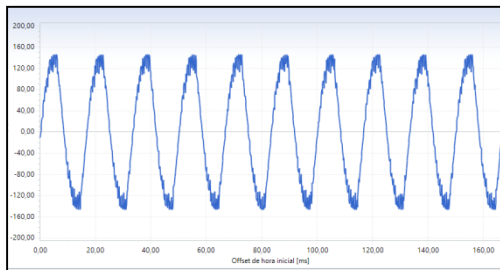


Figure 13: Waveform of flicker in a time interval 5 minutes

Flicker is shown as a voltage variation causing a distortion in the voltage wave; measurements of the severity of flicker, usually represented by long-term

Plt registered for a total of 2 hours and the short term Pst registering for an interval of 10 minutes.

B. Analysis of a real load through the power quality analyzer METREL MI 2792 Plus POWERQ4 a record of 7 days.

Urban sector and according to industry ruled by regulation No. CONELEC - 004/01, acceptability limit voltage for voltage rises and falls is given by +/- 8% of rated voltage.

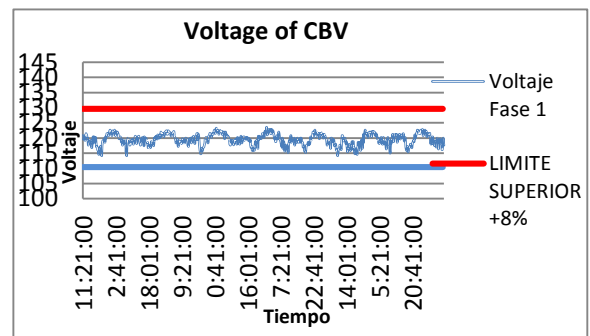


Figure 14: Trend graph of voltage recorded at an interval of 7 days.

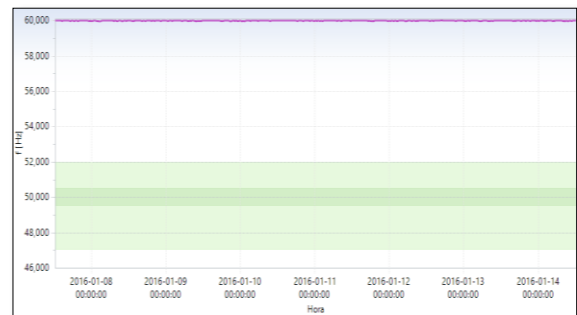


Figure 15: Grafica frequency trend

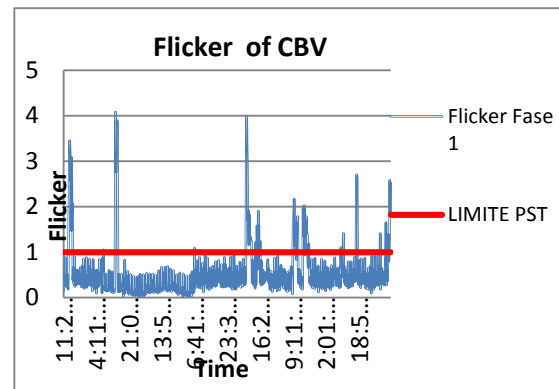


Figure 16: Trend Graph Flicker (Pst)

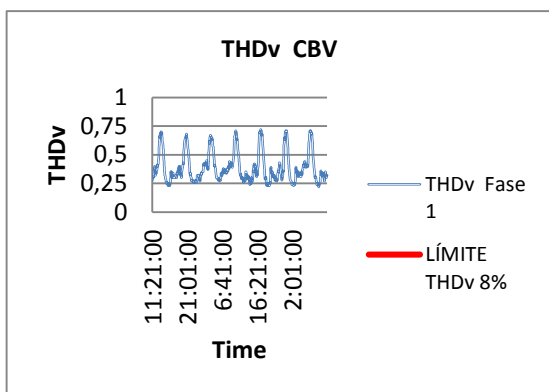


Figure 18: Curve CBEMA registered with the analyzer

C. Tolerance curves

1) Curve CBEMA

It is a graph that evaluates the quality of equipment operation and its susceptibility presented to the phenomena occurring in such an environment, the Y axis represents the existing nominal voltage (%) in the electrical system and the X axis represents time or duration of the event.

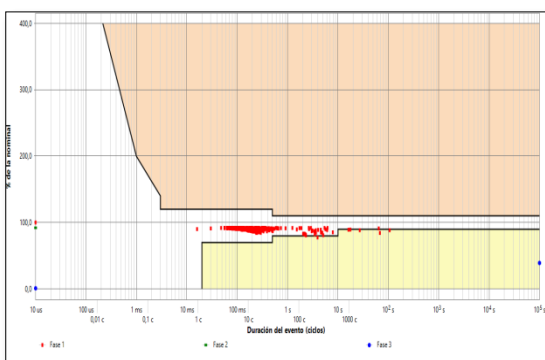


Figure 19: ITIC curve recorded through the analyzer

The red dots seen in the graph, are the events that have occurred during the measurement interval.

- The white area represents the tolerable area where teams are working properly.
- The red zone surges are not allowed inside the curve.
- The yellow area is unpermitted area sags.

2) ITIC Curve

It is an improved CBEMA curve describes a more strictly the voltage level that can tolerate the electronic and technological equipment for proper operation.

According to registered, there brownouts that are outside the range specified in the curve, it ie that some teams are not working properly.

V. C ONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

CONCLUSIONS

- This training module, allows you to generate and analyze three different electrical disturbances that often occur in the electrical system, surges, sags and flicker, using a network analyzer and its correction by electronic devices.
- Disturbances presented in the module through simulation will be mitigated through electronic circuits, while the network these problems are mitigated by several special systems that act before the appearance of these anomalies.
- The time for load shedding in the event of a permanent disturbance, can be varied from 1 to 5 minutes according to the type and sensitivity of the load to disturbances.
- In the training module, analysis of changes in the electrical parameters caused by a disturbance, you can display, record and store in the power quality analyzer in the period that remains connected.
- The analysis establishes a particular burden to the ease with which you can make a report identifying that type of disturbance is occurring, the percentage of records that are outside the limits allowed by regulation.
- Using the CBEMA curves you can be established if the number of disturbances present in the electricity grid in a period of time are not responsible for damage or artifacts, according to international

standards such as EN 50160, IEC 61000-4 IEEE 1159 and -30.

RECOMMENDATIONS

- Before the management module must read the user manual for proper use in the generation and correction of each disturbance and recording readings required for reporting.
- Checks should be performed prior to using the module for proper operation because the electronic elements and circuits are exposed to any eventuality; avoid handling electronic circuits when it is energized equipment to prevent electric shock in the human body and damage the module.
- Before using the analyzer power quality, please read the instruction manual to configure your computer correctly and implement the necessary connection settings for proper operation.
- Place properly peripheral analyzer measuring equipment for accurate measurements.

BIBLIOGRAPHY

- [1] AENOR. (November 1999). Spanish UNE EN 50160. Retrieved on Friday June 15, 2015, of Spanish UNE EN 50160: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:_X7K04Kmde8J:www.sica.es/download/gesti%25C3%25B3n_y_supervisi%25C3%25B3n/calidad_energ%25C3%25ADa/Norma50160.PDF+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- [2] AP & C. (N.d.). Power quality. Retrieved on October 6, 2015, Power Quality: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vcwXcEPan28J:www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Optimizand o%2520la%2520Operacion%2520y%2520el%2520Mantenimiento/Calidad%2520de%2520la%2520Energia.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>
- [3] ARCONEL. (2015). ELECTRIC SERVICE QUALITY DISTRIBUTION (REGULATION NO. CONELEC 004/01). Retrieved on March 3, 2015, ELECTRIC SERVICE QUALITY DISTRIBUTION (REGULATION NO 004/01 CONELEC.): Http://www.conelec.gob.ec/normativa_detalle.php?cd_norm=23
- [4] Autonell, J., & Balcells, J. and. (2012). Efficient use of electricity. Barcelona: Lexus.
- [5] Balper. (N.d.). Disturbances in the power grid. Retrieved on June 12, 2015, Disturbance in the power grid: <http://www.balperin.com.mx/perturbacione s-en-la-red-electrica.shtml>
- [6] [Brown, J., Gonzalez, M., & Vargas, G. and. (2001). MICROCONTROLLERS. Pereira: Cedit.
- [7] Cervantes, O. (January 2015). Methodology for measuring power quality. Retrieved on June 24, 2015, Methodology for measuring power quality: [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gw0sqAsteQoJ:repositorio.cu c.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/234 /Proyecto%2520de%2520grado%2520\(fina l\).pdf%3Fsequence%3D1+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ec](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:gw0sqAsteQoJ:repositorio.cu c.edu.co/xmlui/bitstream/handle/11323/234 /Proyecto%2520de%2520grado%2520(fina l).pdf%3Fsequence%3D1+&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=ec)
- [8] R Dugan, M. M. (2004). Electrical Power System Quality. USA: McGraw Hill.
- [9] IEC. (February 2003). Power Quality Measurement Methods. Retrieved on April 1, 2015, Power Quality Measurement Methods: www.powerstandards.com/IEC-61000-4-30.php
- [10] Lexis. (16 January 2015). Organic Law of Public Electricity Service. Retrieved on June 26, 2015, Organic Law of Public Service Electric Power: Lexis
- [11] MegaCal. (S / F). Power quality. Retrieved on February 24, 2015, Quality power: www.elec-jvpastor.es/app/.../CALIDAD+SUMINIST RO+ELECTRICO.PDF
- [12] Melendez, J., Herraiz, S., & Colomer, J. (March 2005). Causes and effects of perturbaciones. Calidad wave. Retrieved on October 28, 2015, of causes and effects of

- wave perturbaciones.Calidad: http://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2144/Calidad_onda_servicio.pdf?sequence=1
- [13] METREL. (2011). Operation Manual. Operation Manual Power and Power Q4 Q4 Plus 07.
- [14] Sarmiento, F., & Sanchez, V. (April 30, 2009). Basics of power quality. Retrieved on March 2, 2015, Fundamentals of Power Quality: dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/75/7/Capitulo1.pdf
- [15] Torre, B., & Lazo, M. P. (S. F.). Trabajo_sobretensiones. Retrieved on September 10, 2015, of Trabajo_sobretensiones: https://www.academia.edu/9293010/TRABAJO_-_SOBRETENSIONES
- [16] University of Girona. (March 2002). Voltage fluctuations and Flicker. Retrieved on May 18, 2015, of Voltage Fluctuations and Flicker: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jZEgY7-Mv-kJ:eia.udg.es/~secse/curso_calidad/curso5_fluctuaciones_flicker.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec
- [17] Victor H. S. (2007). Disturbances in the power grid. Retrieved on February 16, 2015, Disturbance in the power grid: <http://www.afinidadelctrica.com/articulo.phpItemID=165>



Silvana Alejandra Cuamacás Fuertes

She was born in Ibarra, Ecuador, on January 11, 1992. She completed his secondary education at the Colegio Nacional Ibarra, where he earned a bachelor technical degree, specialty Computer. She completed his studies at the Technical University in North Engineering in Electrical Maintenance in 2015.

Areas of interest: renewable energy, electricity grids, control and automation.



Mayra Alexandra Guamán Guamán

She was born in Ibarra, Ecuador, on November 9, 1992. She completed his secondary education at the Technical College Victor Manuel Guzman, where he earned a bachelor technical degree, specialty Computer. She completed his studies at the Technical University in North Engineering in Electrical Maintenance in 2015.

Areas of interest: Quality and energy efficiency, renewable energy, power grids, electrical and industrial maintenance, control and automation.

