



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION.

4.1. INSTRUMENTOS DE MEDICION.

Se entiende por medición de un sistema eléctrico a la operación de un conjunto de diferentes aparatos conectados a los secundarios de los transformadores de instrumentos de corriente y potencial, que miden las magnitudes de los diferentes parámetros eléctricos de las instalaciones de alta y baja tensión, así como de los dispositivos auxiliares de la subestación de que se trate.

En un sistema eléctrico es importante conocer; la corriente, la tensión, frecuencia, F.P., potencia activa y reactiva, temperatura, etc.

Es recomendable definir las zonas de medición las cuales son encaminadas para indicar los parámetros antes mencionados.



Ampérmetro



Vóltmetro



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



¿Qué son y para que se utilizan los equipos de medición?

La realización de los estudios para conocer el estado de las instalaciones eléctricas requiere de un análisis en el lugar que arroja los resultados de las mediciones y emite procedimientos para la prevención, identificación y resolución de estos problemas en los sistemas de potencia.

Esto se debe gracias a la tecnología disponible para el control y actualización de sistemas de potencia que nos provee de las siguientes ventajas:

1. Reducción de riesgos
2. Reducción de esfuerzos de Ingeniería
3. Mucho mayor eficiencia durante y después de los procesos

Existen diferentes perturbaciones en las redes eléctricas de distribución, entre las más usuales tenemos: variaciones de voltaje, sobre tensiones transitorias, interrupciones de energía, ruido eléctrico (interferencias) y distorsiones armónicas.

El mantenimiento preventivo en instalaciones de equipos de protección y de control es parte de las herramientas que pueden utilizarse para poder conservar un sistema de potencia, así como para tener un uso eficiente de la energía eléctrica.

4.1.1. Ampérmetros.

Son aparatos para medir la intensidad de corriente que circula por las líneas, cables, bancos de transformadores, alimentadores, etc.

Pueden ser de tipo electromagnético, electrodinámico o digital. Los dos primeros se basan en el principio de repulsión de dos imanes de igual polaridad, el tercero



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



utiliza un circuito electrónico y en lugar de escala utilizan números luminosos formados por diodos emisores de luz.

Los aparatos electromagnéticos son más económicos que los otros, pueden utilizarse en corriente directa o alterna, aunque para evitar ligeros errores de lectura, conviene adquirirlos para el tipo de corriente adecuado.

Estos aparatos se llegan a utilizar para medir hasta 300 A. Para valores de corriente superiores se utilizan los aparatos de 5A, con transformadores de corriente.

En conexiones trifásicas debe conectarse un ampérmetro por fase. En caso de existir la seguridad de que las cargas son balanceadas, se puede usar únicamente un aparato en cualquiera de las fases. Cuando las instalaciones son grandes, se acostumbra usar un solo ampérmetro por circuito trifásico, efectuándose las lecturas de cada fase a través de un conmutador de ampérmetro de tres vías.

4.1.2. Voltímetros

Son aparatos que miden la tensión en volts, de los diferentes circuitos de una instalación.

Los voltímetros se pueden utilizar para medir directamente hasta 800 V. Para magnitudes mayores sus bobinas son de 110V y la medición se efectúa a través de un transformador de potencial, con secundario de 110V.

En los circuitos trifásicos se acostumbra usar un solo voltímetro, que por medio de un conmutador de tres vías permite leer las tensiones entre cada par de fases de la instalación.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



4.1.3. Frecuencímetros

Se usan para medir la frecuencia, en hertz, de la energía que se recibe en las barras de mayor tensión en un sistema eléctrico, y reciben alimentación a 110V, proveniente de los transformadores de potencial, de los buses principales.

Estos aparatos pueden ser de dos tipos:

1. De lengüetas vibrantes.

El tipo de lengüeta o electromagnético esta formado por 21 pequeñas laminillas y cada una vibra a su frecuencia natural, propia e invariable, de tal manera que cubran las gamas de 45 a 55 Hz, o de 55 a 65 Hz, según se a la frecuencia del sistema.

El aparato en si, es un dispositivo que al someterse a una tensión de corriente alterna produce vibración en la lengüeta, cuya frecuencia natural coincide con la frecuencia de la señal de tensión.

2. De aguja

El frecuencímetro tipo aguja o convencional es más caro, pero permite obtener una lectura con mayor precisión.

4.1.4. Medidores del factor de potencia

Son aparatos que sirven para medir el factor de potencia; llevan una bobina de tensión y otra de corriente; la desviación de la aguja es proporcional al ángulo de fase, y como las lecturas de la escala no se refieren a los ángulos sino al coseno de ellos, la escala de lecturas no es uniforme, siendo las divisiones menores a medida que disminuye el coseno del ángulo de fase.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



Algunos medidores de factor de potencia tienen en su escala dos sentidos a partir de $\cos \varnothing = 1$, en que la aguja esta en 1 centro. Hacia la derecha se mide el adelanto de fase y hacia la izquierda, el atraso.

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa (en watts, W), y la potencia aparente (en volts-amperes, VA) y describe la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida.

El factor de potencia esta definido por la siguiente ecuación:

$$FP = \frac{P}{S}$$

El FP expresa en términos generales, el desfaseamiento o no, de la corriente con relación al voltaje y es utilizado como indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, el cual puede tomar valores entre 0 y 1 siendo la unidad (1) el valor máximo de FP y por tanto el mejor aprovechamiento de energía.

4.1.5. Wáttmetros

La medición de la potencia se efectúa mediante aparatos del tipo electrodinámico, formados por dos bobinas, una de corriente conectada en serie y la otra de tensión conectada en paralelo sobre la medición monofásica.

La carátula mide la potencia real en watts, de acuerdo con la expresión $VI \cos \varnothing$.

En este aparato, llamado wáttmetro, el campo magnético creado por la bobina fija, la de corriente reacciona con el campo creado por la bobina móvil, la de tensión, sobre la cual está fijada la aguja indicadora.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION

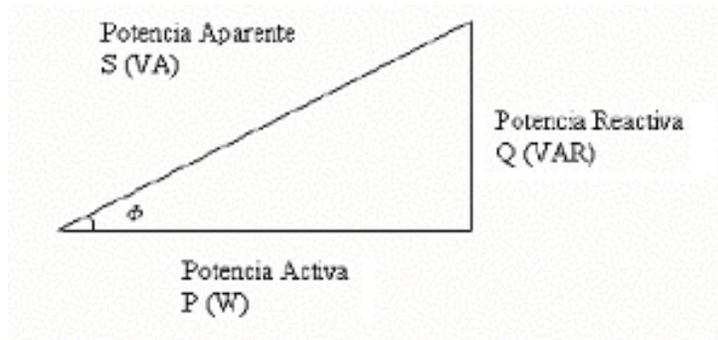


Para la medición trifásica se pueden utilizar dos wáttmetros monofásicos, con sus discos conectados a un mismo eje, debido a lo cual los pares de cada disco se suman algebraicamente y la lectura resultante es la magnitud de la potencia total.

4.1.6. Vármetros

Son aparatos semejantes a los wáttmetros, con la diferencia de que miden la potencia reactiva de una instalación, la cual expresa en volt-amperes-reactivos (VAR). Cuando se conocen los valores de las potencias activa (P_a) y reactiva (P_r) se puede calcular la magnitud del factor de potencia, mediante la fórmula

$$\cos\phi = \frac{P_a}{\sqrt{P_a^2 + P_r^2}}$$



Triangulo de Potencias Eléctricas

4.1.7. Puente de Kelvin

Al tratar de determinar el valor de resistencias relativamente pequeñas (p.ej., menores de 1Ω), las puntas de prueba de los instrumentos de medición y los contactos reales entre las puntas y la resistencia desconocida pueden originar errores significativos.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



El puente de Kelvin resuelve el problema y permite hacer mediciones en el rango de 1Ω hasta 0.0001Ω .

4.1.8. Transformadores para instrumento.

Estos transformadores proporcionan aislamiento a los equipos de protección y medición, alimentándolos con magnitudes proporcionales a aquellas que circulan en el circuito de potencia, pero lo suficientemente reducidas en magnitud para que los equipos de medición y protección sean fabricados pequeños y no costosos.

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL.

Es el transformador diseñado para suministrar la tensión adecuada a los instrumentos de medición como los voltímetros, frecuencímetros, wattmetros, wathorímetros, etc., así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la tensión secundaria es proporcional a la tensión primaria y defasada respecto a ella un ángulo cercano a cero.

Las terminales del devanado primario del transformador de potencial se conectan a las dos líneas del sistema donde se necesita medir la alta tensión y los instrumentos de medición se conectan en paralelo a las terminales del secundario.

Su función es brindar una imagen proporcional en magnitud con el mismo ángulo de tensión existente en el circuito de potencia conectado.

TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

Es el transformador diseñado para suministrar la corriente adecuada a los instrumentos de medición como los amperímetros, wattmetros y wathorímetros, así como a los aparatos de protección como los relevadores; en el cual la corriente



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



secundaria es proporcional a la corriente primaria y defasada respecto a ella un ángulo cercano a cero.



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE

El devanado primario del transformador de corriente se conecta en serie con el circuito donde circula la corriente que se desea medir, mientras que los aparatos de medición se conectan en serie a su devanado secundario.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



CLASES DE AISLAMIENTO

La otra función principal del transformador de medición es proporcionar un aislamiento seguro entre la línea de alta tensión y los instrumentos conectados al secundario y que están al alcance de los técnicos.

La clase de aislamiento debe estar en función de la máxima tensión de la línea donde está instalado el transformador; está asociada a un nivel básico de aislamiento al impulso e indica la capacidad del transformador de resistir sobre tensiones de duración muy breve, como las provocadas por descargas atmosféricas o transitorios de conexión.

4.1.9. Multímetro.

Un multímetro, a veces también denominado polímetro o tester, es un instrumento que puede ser del tipo analógico o electrónico, dicho instrumento puede combinar varias funciones en una sola unidad. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y ohmetro.

Es utilizado frecuentemente por personal de reparaciones en toda la gama de electrónica y electricidad. Existen distintos modelos que incorporan funciones básicas como:

* Un comprobador de continuidad, que emite un sonido cuando el circuito bajo prueba no está interrumpido o la resistencia no supera un cierto nivel. (También puede mostrar en la pantalla 00.0, dependiendo el tipo y modelo).



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



MULTIMETRO DIGITAL

- * Presentación de resultados mediante dígitos en una pantalla, en lugar de lectura en una escala.
- * Amplificador para aumentar la sensibilidad, para la medida de tensiones o corrientes muy pequeñas o resistencias de muy alto valor.
- * Medida de inductancias y capacitancias.
- * Comprobador de diodos y transistores.
- * Escalas y zócalos para la medida de temperatura mediante termopares normalizados.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



MULTIMETRO ANALOGICO.

Más raramente se encuentran también multímetros que pueden realizar funciones más avanzadas como:

- * Generar y detectar la Frecuencia intermedia de un aparato, así como un circuito amplificador con altavoz para ayudar en la sintonía de circuitos de estos aparatos. Permiten el seguimiento de la señal a través de todas las etapas del receptor bajo prueba.
- * Realizar la función de osciloscopio por encima del millón de muestras por segundo en velocidad de barrido, y muy alta resolución.
- * Sincronizarse con otros instrumentos de medida, incluso con otros multímetros, para hacer medidas de potencia puntual (Potencia = Voltaje * Intensidad).



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



- * Utilización como aparato telefónico, para poder conectarse a una línea telefónica bajo prueba, mientras se efectúan medidas por la misma o por otra adyacente.
- * Comprobación de circuitos de electrónica del automóvil.

4.1.10. Medidor de Energía

Los kWh se miden por integración de la demanda a lo largo del tiempo. Los medidores mecánicos llevan a cabo esta integración por medio de un sistema de relojería que va desplazando unos engranes con indicadores durante el periodo de consumo.

Los medidores electrónicos hacen el equivalente por medio de manejo de información. En este caso también es posible medir el consumo en diferentes periodos del día.

4.1.11. Medidor de Demanda

La medición de la demanda es la más sofisticada. Existen dos tipos de medidores:

1. De aguja. Este es un medidor que obtiene el valor de la demanda máxima por medio de dos agujas en una carátula: la aguja de "arrastre", que requiere ser inicializada a cero manualmente y que es empujada por la aguja de medición.

La aguja de medición es medida por medio de un elemento que cuenta con cierta inercia sobre el cual operan la multiplicación instantánea de voltaje y corriente. Este medidor está hecho para tener un tiempo de respuesta aproximado de 10 a 15 minutos.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



2. De pulsos. Este es el método más preciso y se utiliza tanto en medidores mecánicos, como electrónicos. A estos medidores se les conecta un registrador que permite indicar la hora a la que ocurrió el consumo. Este medidor es obligatorio para tarifas horarias.

4.2. CALIDAD DE LA ENERGIA Y DEMANDA MAXIMA

4.2.1. Energía

La energía eléctrica, para el caso que nos ocupa, es un concepto asociado al tiempo y a la potencia nominal de una determinada carga eléctrica, así asociamos que, entre más tiempo un equipo este operando, más energía estará consumiendo, de ahí la necesidad de apagar los equipos que estén encendidos ociosamente.

La energía (los kWh) se puede definir como la carga eléctrica expresada en Watts multiplicados por el tiempo en horas que se utilizó la energía, es decir, es el kilovatio-hora o kWh.

4.2.2. Calidad de la energía

La definición de la calidad de la energía es algo indeterminado, pero aún así, se podría definir como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua; en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica.

4.2.3. Demanda máxima

La Demanda máxima representa para un instante dado, la máxima coincidencia de cargas eléctricas (motores, compresores, iluminación, equipo de refrigeración, etc.) operando al mismo tiempo, es decir, la demanda máxima corresponde a un valor instantáneo en el tiempo. No es igual encender una línea de motores al mismo tiempo que hacerlo en arranque escalonado.

El medidor de energía almacenará únicamente, la lectura correspondiente al máximo valor registrado de demanda, en cualquier intervalo de cualquier día del ciclo de lectura.

Los picos por demanda máxima se pueden controlar evitando el arranque y la operación simultánea de cargas eléctricas.

4.3. LA ENERGIA ELÉCTRICA Y EL ANALIZADOR DE REDES

4.3.1. PARAMETROS A CONTROLAR EN LA ENERGIA ELECTRICA

a) Factor de potencia

En un sistema eléctrico, uno de los factores a controlar es el factor de potencia. Este factor resulta de la comparación de la potencia aparente (kVA) con la potencia real (kW).



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



El sensado se lleva a cabo por medio de un medidor de desfase entre voltaje y corriente. El actuador consiste en un sistema de conmutación que conecta y desconecta bancos de capacitores.

El sistema de control que puede ser analógico o digital interpreta los datos del sensor, calcula la manera como deben conectarse estos bancos de capacitores y también cuenta con un sistema de temporizadores que evita la oscilación y el mal funcionamiento.

b) Demanda (KW)

Otro parámetro importante controlar es el pico de demanda máxima de potencia.

Esta medición se hace continuamente por parte de la compañía suministradora y se registra el valor más alto de la demanda de todo el mes. En base a este valor máximo se calcula la facturación.

4.3.1.2. EL ANALIZADOR DE REDES

Para determinar la calidad, cantidad, el flujo y optimización de redes eléctricas, se utilizan los llamados Analizadores de Redes que son instrumentos capaces de analizar diferentes parámetros, es decir, especialmente aquellas propiedades asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas, conocidas como parámetros de dispersión (Parámetros-S).

Los analizadores de redes son más frecuentemente usados en altas frecuencias, que operan entre los rangos de 9 kHz hasta 110 GHz.

Actualmente existen Analizadores de redes multifuncionales de nueva generación que mejoran sustancialmente las prestaciones:

Precisión: Algunos equipos tienen una clase de precisión de 0,06%.

Robustez: Avalada por 4 años de garantía.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



Conectividad: Se trata de los medidores con mayores opciones de conectividad del mercado

ANALIZADORES DE PERTURBACIONES.

Los Perturbógrafos (Analizadores de Perturbaciones) son instrumentos desarrollados específicamente para mediciones de energía, permiten medir una amplia variedad de perturbaciones en el sistema desde transitorios de tensión de muy corta duración hasta fluctuaciones o interrupciones de suministro, el cual puede configurar los registros de disturbios por un periodo de tiempo determinado.

La información generalmente se registra en papel, pero muchos dispositivos permiten también guardar los datos en memoria, de tal suerte que el software permite emitir un informe de lo sucedido en la línea del análisis de dichos eventos.

ANALIZADORES DE ARMONICAS.

Estos son analizadores más potentes ya que incluyen un módulo que permite calcular rápidamente las transformadas de Fourier para determinar el menor orden de armónicas.

Es por ello que las mediciones de Armónicas requieren de instrumentos diseñados para el análisis espectral, los cuales requieren de:

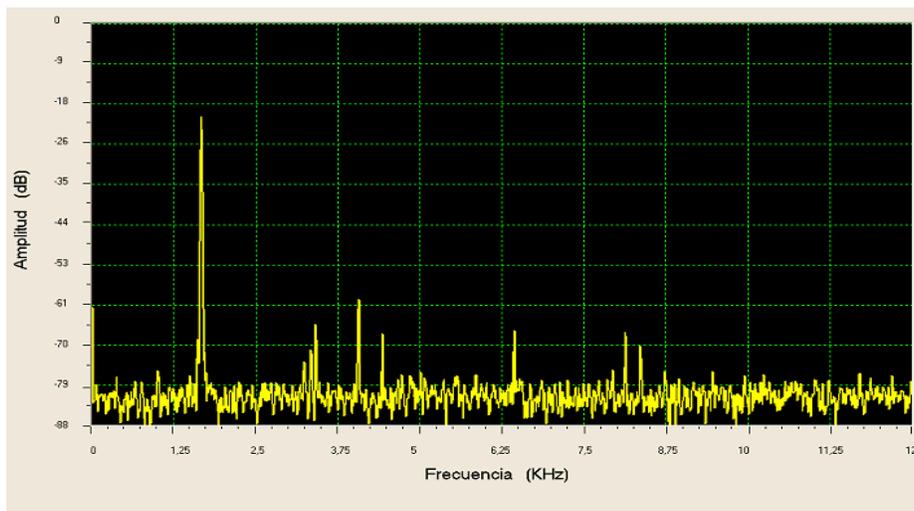
- La capacidad necesaria para medir en forma simultánea la tensión, la corriente y el contenido de Armónicas o espectral.
- La capacidad para medir el ángulo de fase de cada componente Armónica individual, así mismo es requerida para el cálculo de potencia.
- La capacidad de sincronización y alta tasa de muestreo para la adecuada medición de componentes.
- La capacidad de detección, de acuerdo a la naturaleza estadística de los niveles de distorsión Armónica.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



ANALIZADOR DE ARMONICAS



GRAFICA CARACTERISTICA DEL ANALIZADOR DE ARMONICAS



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



INSTRUMENTOS COMBINADOS (ANALIZADORES DE REDES).

En la actualidad los instrumentos utilizados en los estudios para conocer el estado de un sistema de red eléctrica combinan el muestreo de Armónicas y el monitoreo de las funciones de energía permitiendo el control de todas las fuentes de disturbios.

Debido a la tecnología se observa la salida en forma gráfica y los datos pueden ser monitoreados en forma remota mediante líneas telefónicas comunicadas a una base de datos centralizada con los cuales se realizará el análisis estadístico, en conclusión los instrumentos combinados permiten realizar un diagnóstico eficaz de las instalaciones permitiendo así las mediciones de:

- La distorsión armónica total o THD (Total Harmonic Distorsión)
- Nos indican el ángulo de fase de los diferentes armónicos.
- Factor de potencia por fases.
- Corriente por fase: I1, I2, I3 y calcula la corriente trifásica.
- Tensión entre fases: V1-2, V1-3, V2-3 y calcula la tensión trifásica.
- Factor de potencia trifásico
- Aportación de armónicas en corriente y tensión
- Potencia eléctrica activa total o trifásica (KW totales).
- Potencia eléctrica reactiva total o trifásica (KVAR).
- Potencia eléctrica aparente total o trifásica (KVA).

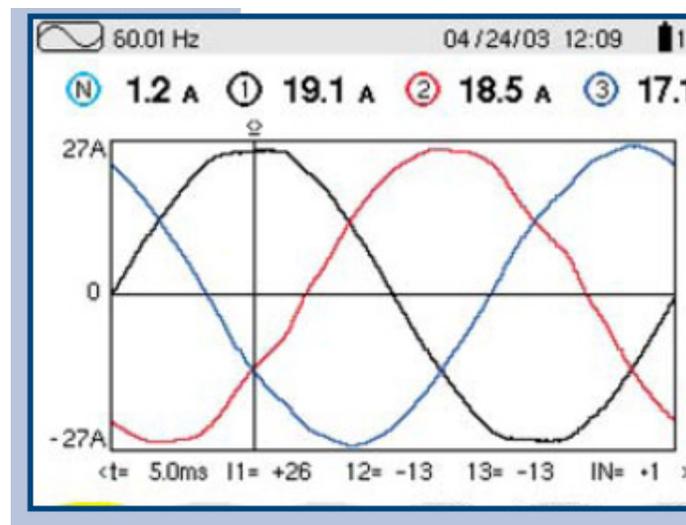
Estos instrumentos realizan una medición continua en tensión y en corriente ciclo a ciclo durante un periodo de tiempo determinado, lo que permite obtener la hora y fecha de los eventos, lo cual es requerido para aquellos problemas donde se demande el registro en tiempo de las posibles fallas.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



ANALIZADOR DE REDES



GRAFICA CARACTERISTICA DEL ANALIZADOR DE REDES

Además registran en memoria (y/o impresora) estos parámetros en sistema monobásicos y/o trifásicos, la programación puede realizarse para que las mediciones se realicen cada minuto, 5 minutos, 15 minutos durante un periodo de 24 horas, 48 horas, 72 horas, etc.; e inclusive algunos de estos equipos pueden registrar cada 125 milisegundos esto puede ser de gran ayuda para determinar el comportamiento en el arranque de algún equipo en particular.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



Los analizadores de redes son una gran herramienta de medición para el análisis de la energía eléctrica, tal como en los siguientes puntos:

- Analizar como es usada la energía y el costo que esta presenta.
- Análisis de la demanda máxima.
- Análisis de la calidad de la energía.
- .Análisis de armónicos.
- Problemas de distribución y equipos eléctricos.
- Índice de carga de transformadores.
- Análisis de motores eléctricos.

Para la localización de fallas, antes de que estos se vuelvan costosas. Los problemas de difícil localización la causa de transformador sobrecalentado, un conductor neutro sobrecargado, un tablero eléctrico vibrante.

El analizador de redes es idóneo para análisis y la optimización del rendimiento de los sistemas de potencia.

4.3.1.2.1. POWERPAD MODELO 3945

DESCRIPCION

El PowerPad Modelo 3945 es un analizador de la calidad de potencia para tres fases y es muy fácil de usar, compacto y resistente a descargas. Este instrumento está destinado para técnicos e ingenieros que desean saber las características de la red eléctrica a lo largo de una, dos o tres fases.

Al usarlo se pueden obtener formas de onda instantáneas de una red eléctrica así como sus características principales, y también monitorear las variaciones sobre un periodo de tiempo.

Una de sus principales características es que nos muestra un análisis detallado para diversas magnitudes.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



Analizador de redes Power Pad 3945

Características:

- Dimensiones de Voltaje RMS arriba de los 480V (de fase a neutro) o 830V (de fase a fase) para dos, tres o cuatro sistemas eléctricos.
- Dimensiones de Corriente RMS arriba de los 6500Amp.
- Dimensiones de frecuencia (10 a 70Hz).
- Cálculo de la corriente neutral para una configuración estrella.
- Cálculo de los factores de cresta para corrientes y voltajes.
- Cálculo del factor K para transformadores.
- Cálculo del desbalance de fase para voltaje y corriente (sistema de tres fases únicamente).
- Dimensiones de ángulos armónicos y proporciones (Fundamentado a la regencia o al valor RMS) para voltaje, corriente o potencia, arriba de las 50 armónicas.
- Cálculo de todos los factores de distorsión armónica.
- Monitorea los valores promedio de un parámetro, calculado sobre un periodo que corra de 5 seg. a 2 horas.
- Dimensiones de potencia activa, reactiva y aparente por fase y su respectiva suma total.



CAPITULO 4. EQUIPOS DE MEDICION



- Cálculo del factor de potencia, factor de potencia desplazado y el factor tangente.
- Potencia total de un punto en el tiempo, escogido por el operador.
- Detección de transitorios y grava las formas de onda asociadas.

4.3.1.2.2. DATAVIEW.PRO

El Dataview.Pro Programa compatible con el analizador de la calidad de potencia Modelo 3945 PowerPad tiene cuatro principales funciones:

- 1 La habilidad para configurar el PowerPad a la computadora.
- 2 La habilidad para iniciar a agravar en la computadora.
- 3 La habilidad para almacenar la prueba de resultados e imprimir los respectivos reportes de una prueba.
- 4 La habilidad para ver y Almacenar datos en tiempo real.

El Programa Dataview es simple, fácil de usar en conjunto con el analizador de calidad de potencia modelo 3945 para configurar y correr las pruebas realizadas, tan bueno como para imprimir los reportes de las pruebas resultantes.

Tiene muchas características que son aprovechables. Unas pocas de las más populares están listadas a continuación:

- Configura y muestra todas las funciones del modelo 3945
- Se pueden correr las pruebas en la computadora con un simple clic y un proceso de ejecución.
- Se pueden ver y capturar los datos en tiempo real.
- Recupera los datos de la memoria del instrumento.
- Grava la información que ha sido descargada.
- Crea una librería de funciones para diferentes aplicaciones.