sica
manual
m
de calidad de la energía
teoría
materiales
instalaciones
prácticos
miscelaneas
Harmonics
PIRELLI

acerca del CD-ROM

manual

Glosario de Calidad de la Energía

t teoría — *Nociones generales de calidad de la energía*

p puestas a tierra — *Conceptos de puestas a tierra*

t transitorios — *Análisis de transitorios*

h armónicas — *Distorsiones de la forma de onda*

m mediciones — *Monitoreo y Análisis de la Calidad de la energía*

i instalaciones — *Acondicionamiento de líneas*

p prácticos — *Casos de Ejemplo e Información de Interés*

Calidad de la Energía	Anexo
Glosario de términos habituales	*Pág. 1/1*

La tecnología relativa a la Calidad de la Energía (Power Quality) se halla aún en desarrollo, por tal motivo los términos creados para definir los problemas que involucra han tenido interpretaciones diferentes según los diversos fabricantes, utilizándose la mayoría de ellos en ingles (lengua en la que fueron creados).

El propósito de esta sección es suministrar definiciones concisas de los términos más comunes, según se las emplea habitualmente en la industria, mencionando también aquellos términos con interpretaciones ambiguas.

A B C D E F G H I L M N O P R S T U V W
Términos Ambiguos

Active Filter. Dispositivo electrónico para eliminar las distorsiones Armónicas.

***Arc furnace*:** Horno de arco

Arcing: formación de arco

***Amperage*:** La IEEE desarrolló formas de onda típicas para pruebas. En estas líneas guía, las corrientes de descarga (surge currents) son de 200A, 5OOA, y 3000A. Estos valores, combinados con la forma de onda apropiada para el transitorio, representan la posible actividad de los transitorios de acuerdo con la ANSI / IEEE C62.4 1 - 1980.

Bonding*:* unión, vínculo, anclaje

Burning out*:* quemarse o fundirse (un fusible)

CBEMA Curve Conjunto de curvas que representan la aptitud de los computadores en función de l la magnitud y duración de las perturbaciones de tensión. Fue desarrollada por la Computer Business Equipment Manufacturers Association (CBEMA), y se convirtió de hecho en el standard para las mediciones de performance de todo tipo de equipos y sistemas de potencia; comúnmente se hace referencia a ellas por este nombre.

Choke*:* bobina

Clamping device: dispositivo de enclavamiento

Common Mode Voltage*.* Ruido de tensión que aparece normalmente en el transporte de corriente del conductor a tierra.

Coupling*.* Elemento o elementos de los circuitos o de redes, que se pueden transferir de uno a otro.

Crest Factor*.* Valor reportado por muchos instrumentos de monitoreo de la calidad de la energía que representa la relación del valor de cresta de la forma de onda medida del valor RMS de la fundamental. Por ejemplo, el factor de cresta de una onda sinusoidal es 1,1414.

Critical Load*.* Son dispositivos o equipos que pueden continuar operando satisfactoriamente aún en casos de fallas, constituyendo un peligro para la seguridad del personal, u ocasionando fallas de procesos o daños a otros equipos críticos.

Crowbar: descargador

Current Distortion *(distorsión de corriente).* Distorsión en las líneas de corriente alterna.

Damped*:* amortiguado

DC:: tensión o corriente continua

DC Offset: presencia de tensión o de corriente continua en un sistema de potencia con corriente alterna.

Differential Mode Voltage*.* Tensión entre dos conductores activos especificados.

Dynamic Test**:** Prueba realizada aplicando la tensión normal de operación.

Dip*.* Ver Sag.

Distortion*.* Cualquier desviación de la onda senoidal normal, en un sistema de corriente alterna.

Disturbance*:* perturbación

Drop Out*.* Pérdida de operación en los equipos (señales de datos discretas) debidas a ruidos, sags, o interrupciones.

Drop Out Voltage*.* Tensión a la cual el dispositivo pasa a la posición de desenergizado (a los efectos del presente trabajo es la tensión a la cual el dispositivo produce una falla de operación).

Eddy**:** Corrientes parásitas.

Electric welders*:* soldadoras eléctricas

Electromagnetic Compatibility*.* Habilidad de un dispositivo, equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables a otros equipos de su entorno.

Energy**:** Máxima energía admisible para un impulso simple de 10/1000 ps de forma de onda de corriente. Es un indicador de la máxima cantidad de energía que un supresor puede disipar. Esta energía es transitoria y dependiente de tres variables: 1. tensión, 2. corriente y 3. tiempo. Cualquier variación de las mismas afecta este parámetro.

Equipment Grounding Conductor*.* Conductor empleado para conectar las partes que habitualmente no conducen corriente al conductor de tierra y al electrodo de tierra del tablero principal o al secundario de un sistema separado de derivación (ej. transformador de aislamiento).

Failure Mode*:* Efecto que se observa en las fallas

Fast Tripping*.* Se refiere a una práctica común de *relaying* en las protecciones de las distribuidoras, en la cual las protecciones o los reconectadores de línea operan con mayor rapidez de lo que un fusible e puede fundir. También se llama protector de fusibles. Es efectivo para superar fallas de transitorios sin interrupciones sostenidas, pero algunas veces es controvertido debido a que las cargas industriales están sujetas a interrupciones momentáneas o temporarias.

Fault*.* Generalmente se refiere a un cortocircuito en el sistema de potencia.

Fault, Transient*.* Es un cortocircuito en el sistema de potencia generalmente inducido por descargas atmosféricas, ramas de árboles, o animales que pueden ocasionar interrupciones momentáneas de corriente.

Filter Frequency Range: Rango de frecuencias en los que opera un filtro. Generalmente se sitúa en 3db por debajo y por encima de los extremos de la escala de frecuencias.

Flicker*.* Impresión de parpadeo inducida por un estímulo de luz cuya luminancia o distribución espectral fluctúa con el tiempo.

Frequency Deviation*.* Incremento o decremento en la frecuencia de potencia. La duración de una desviación de frecuencia puede durar desde algunos ciclos hasta varias horas.

Frequency (Noise) Attenuation: Rango de atenuación para un rango de frecuencias determinado. Un número grande de signo negativo indica una gran atenuación.

Frequency Response*.* En la terminología de calidad de la energía, generalmente se refiere a la variación de impedancia del sistema, o a la medición de transductancia, como función de la frecuencia.

Fundamental (Component)*.* Componente de orden 1 (50 o 60 Hz) de la serie de Fourier de una cantidad periódica.

Gap*:* brecha

Ground. Conductor de conexión, tanto intencional como accidental, a través del cual un circuito eléctrico se conecta a tierra, o a un elemento conductor relativamente grande que puede actuar como tierra en lugar de esta.

Ground Electrode *(electrodo de tierra)*. Conductor o grupo de conductores en contacto íntimo con la tierra con el propósito de proveer una conexión con tierra.

Ground Grid *(grilla de tierra).* Sistema de barras conductoras interconectadas dispuestas en forma de cuadrícula sobre un área determinada, colocada debajo de la superficie de la tierra. Su propósito fundamental es proveer seguridad a las personas limitando las diferencias de potencial a los límites de seguridad permitidos en el caso de que altas corrientes puedan fluir por el circuito mientras se está trabajando, debido a su energización por cualquier razón o por estar en adyacencias de un circuito energizado por una condición de falla. No es necesariamente la misma que la Grilla de Referencia de Señales.

Ground Loop. Situación potencialmente peligrosa que se presenta cuando dos o mas puntos en un sistema eléctrico, que está nominalmente al potencial de tierra, se conectan por un camino conductor tal que uno o ambos puntos no están al mismo potencial de tierra.

Ground Window. Se emplea habitualmente en sistemas de comunicaciones donde el sistema de tierra del edificio se conecta a un área que de otra manera no tiene conexión a tierra.

Harmful*:* dañino

Harmonic (component)*.* Componente de orden mayor a uno en la serie de Fourier de una cantidad periódica.

Harmonic Content*:* Es la cantidad obtenida de sustraer la componente fundamental de una cantidad alternativa.

Harmonic Distortion*.* Distorsión periódica de la onda senoidal. Ver Distortion y Total Harmonic Distortion (THD).

Harmonic Filter. En sistemas de potencia, dispositivo para filtrado de una o mas harmónicas de un sistema de potencia. Muchos son combinaciones de inductancias, capacitancias y resistencias. Las tecnologías más modernas incluyen filtros activos que pueden requerir energía reactiva.

Harmonic Number*.* Número entero dado por la relación entre la frecuencia de la harmónica y la frecuencia fundamental.

Harmonic Resonance*.* Condición en la que el sistema de potencia está en resonancia cerca de una de las mayores harmónicas producidas por un elemento no lineal en el sistema, exacerbando la Distorsión Armónica.

Impulse. Pulso que, para una aplicación determinada, se aproxima a un pulso unitario o a la función de Dirac. Cuando se emplea en relación al monitoreo de la calidad de la energía, es conveniente emplear el término transitorio impulsivo en vez de impulso.

Impulsive transient*.* Cambio repentino en la condición de estado instantáneo de tensión o corriente que es unidireccional en polaridad (positiva o negativa).

Input Power Frequency: Rango de frecuencias en que opera un supresor sin causar daños al supresor o al equipo y sin interferir con las señales de potencia. Se aplica en circuitos de corriente alterna.

Instantaneous*.* Cuando se usa para cuantificar una variación de corta duración, se refiere al rango de tiempo entre medio ciclo y 30 ciclos, a la frecuencia de potencia.

Instantaneous Reclosing*.* Término comúnmente aplicado al reconectado de los interruptores de las Distribuidoras tan rápido como sea posible después de interrumpir la corriente de falla. Tiempos típicos son entre 18-30 ciclos.

Interharmonic (component)*.* Inter Armónicas. Tensiones o corrientes que tienen componentes de frecuencias de una cantidad periódica que no es múltiplo entero de la frecuencia a la que fue diseñada para operar el sistema (50 Hz o 60 Hz).

Interruptions, temporary Ocurren cuando la tensión de alimentación o las corrientes de carga disminuyen a valores inferiores a 0.1 del nominal, por períodos de tiempo que no exceden de 1 minuto.

Interruption, **Momentary:** Interrupción de duración limitada al periodo requerido para restablecer el servicio por sistemas de control automático o por sistemas manuales donde el operador está siempre disponible. El tiempo de reconexionado no debe exceder de 5 minutos.

Interruption, Sustained:*.* Variación de larga duración o pérdida completa de tensión.

Isolation *(aislación).* Separación de una sección de un sistema de la influencia no deseada de otras secciones.

Lightning arrester*:* protector de descargas atmosféricas

Lightning stroke*:* Descarga atmosférica

Listings**:** Listado de laboratorios independientes para ensayos de seguridad y / o performance.

Linear Load*:* Carga eléctrica de un dispositivo que, en el estado instantáneo de operación, presenta una impedancia de carga esencialmente constante a la fuente de potencia a través de ciclo de tensión aplicado.

Log*:* registro

Long Duration Variation*.* Variación del valor nominal de la tensión RMS por un período superior a un minuto. Generalmente se describe mejor indicando como se modifica la magnitud de tensión (ej. Bajo Tensión, sobre Tensión o Interrupción de Tensión).

Low-Side Surges*.* Término acuñado por los fabricantes de transformadores para describir el pico de corriente que se inyecta en los terminales del secundario de un transformador debido a una descarga atmosférica a tierra en el vecindario.

Maximum Operating Voltage**:** Máxima tensión sinusoidal RMS admisible a 50 hz.Si el supresor está expuesto a tensiones continuas superiores a la especificada, el supresor puede sufrir daños.

Measured Limiting (Let-Through) Voltage**:** Magnitud máxima de tensión medida a través de los terminales de un SPD durante la aplicación de impulsos de forma de onda y amplitud determinada.

Mistaken*:* erróneo

Momentary*:* Cuando se usa para cuantificar la duración de una variación, se refiere al rango de tiempo (a la frecuencia de potencia) que oscila entre 30 ciclos y 3 segundos.

Noise: señal eléctrica desconocida con contenido espectral menor de 200 kHz sobreimpuesta sobre la tensión o corriente del sistema de potencia en los conductores de fase, en el conductor neutro o en las líneas de señales.

Nominal Voltage. (Vn). Valor nominal asignado a un circuito o sistema con el fin de diseñar correctamente su clase de tensión (ej. 208/120, 480/277, 600).

Nonlinear Load. Carga eléctrica que dibuja una onda de corriente discontinua o cuya impedancia varia a través del ciclo, en una línea alimentada con tensión alterna (ac).

Normal Mode Voltage. Tensión que aparece entre o a través de los conductores de un circuito activo.

Notching: Perturbación periódica de la tensión causada por la operación normal de dispositivos electrónicos cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Es un efecto de percepción de las personas en la variación del brillo de las lámparas.

On - load tap chargers: variadores de tensión bajo carga

Oscillatory Transient: Cambio repentino en la condición instantánea de tensión o corriente, que incluye valores de polaridad positiva y negativa.

Outage: salida de servicio en una red de energía (de una Distribuidora)

Overvoltage: Incremento en la tensión RMS de corriente alterna por encima del 110 porciento del valor nominal, a la frecuencia de alimentación, con duraciones superiores a 1 minuto.

Passive Filter: Combinación de inductores, capacitores y resistores diseñados para eliminar una o mas harmónicas. El tipo mas común es simplemente un inductor en serie con un capacitor shunt, que cortocircuita los mayores componentes harmónicos del sistema.

***Phase Angle*:** Es el punto de la onda senoidal donde ocurre un transitorio. Es importante para determinar el dispositivo supresor de perturbaciones responda a los transitorios a varios ángulos de fase.

Phase Shift: Es el desplazamiento en tiempo de una forma de onda de tensión en relación a otra forma de onda de tensión.

***Physical Dimensions*:** Longitud, ancho y peso del dispositivo supresor de perturbaciones. Cuando existen consideraciones de espacio en cualquier aplicación, esta especificación representa la condición de aceptabilidad.

Peak Surge Current: Corriente máxima permitida para un transitorio impulsivo 8x20,µs con tensión continua.

Plot: representación gráfica.

***Positive of Negative Polarity*:** Indica la dirección en que ocurre la perturbación.

Power Factor, Displacement: El factor de potencia del componente de frecuencia fundamental de la forma de onda de tensión y corriente.

Power Factor (True): Relación entre la potencia activa (watts) y la potencia aparente (voltamperes).

Power Frequency Variations: Variación de la frecuencia fundamental del sistema de potencia respecto del valor nominal especificado.

***Protection Modes*:** Indica la habilidad del supresor para proteger diferentes caminos de actividad de transitorios. El modo normal es de "línea a tierra" y / o "neutro a tierra".

Pulse. Variación abrupta y de corta duración de una cantidad física seguida de un rápido retorno al valor inicial.

Reclosing: Práctica común en las distribuidoras con líneas sobrecalentadas, consistente en reconectar las líneas poco tiempo después de desaparecida la falla, teniendo en cuenta de que muchas de las fallas son transitorias o temporarias.

Recovery Time. Intervalo de tiempo necesario para que la tensión o corriente de salida retorne a un

valor que esté dentro de los especificados luego de agregarse una carga o producirse un cambio en la línea. También indica el intervalo de tiempo en que entra en operación una alimentación auxiliar luego de producida una interrupción en la alimentación.

Recovery Voltage*.* Tensión existente entre los terminales de un polo o dispositivo interruptor de un circuito durante la interrupción de corriente.

Regardless**:** Indiferente.

Response Time: Tiempo en que un dispositivo supresor de transitorios responde al transitorio.

Rise times*:* cantidad de veces de incremento

Safety Ground*.* Ver: Equipment Grounding Conductor.

Sags (dips): Disminución de entre 0.1 y 0.9 pu en la tensión o corriente RMS, a la frecuencia de alimentación, con duraciones de entre 0.5 ciclos a 1 minuto.

Sharp: puntiagudo

Shield*:* Blindaje. Se aplica normalmente a los cables de instrumentación para referirse a la capa conductora (generalmente metálica) aplicada sobre la aislación de uno o varios conductores, con el propósito de reducir el acoplamiento entre el conductor blindado y los otros conductores que pueden ser susceptibles a, o que pueden generar campos electrostáticos o electromagnéticos desconocidos (ruidos).

Shielding (of utility lines)*.* Construcción de un conductor de tierra o de una torre sobre las líneas para interceptar las descargas atmosféricas, de forma de mantener las corrientes de las descargas fuera del sistema de potencia.

Short Duration Variation*.* Variación del valor RMS de tensión desde su valor nominal por un tiempo mayor de medio ciclo a la frecuencia de potencia, con una duración menor o igual que un minuto. Generalmente se describe mejor indicando como se modifica la magnitud de tensión (ej. Sag, Swell, o Interrupción) e indicando la duración de la variación (ej. Instantánea, Momentánea o Temporaria).

Shutdown*:* suspensión, interrupción.

Signal Reference Grid (or Plane)*.* Sistema de caminos conductivos entre equipos interconectados, que reduce el nivel de ruidos inducidos a niveles que permiten una operación adecuada. Las configuraciones más comunes incluyen grillas y planos.

Sympton: síntoma

Smoothed: Uniforme

Sustained *(sostenido):* Cuando se emplea para cuantificar la duración de una interrupción de tensión, se refiere a una duración prolongada de dicha variación (ej. mayor de un minuto).

Static Test: Ensayo realizado aplicando tensiones diferentes de la normal de operación.

Steady: firme, seguro.

Stray: extraviada***.***

Strike*:* golpear

Swell*.* Incremento temporario del valor RMS de tensión de mas del 10% del nominal, a la frecuencia de potencia, con duración de 0.5 ciclos hasta un minuto.

Switching Mode*:* modo conmutado

Synchronous Closing*.* Generalmente se emplea en referencia a la colocación de los tres polos del conmutador de un capacitor en sincronismo con el sistema de potencia, a efectos de minimizar los transitorios.

Temporary. Cuando se emplea para cuantificar la duración de una variación de corta duración, se refiere a rangos de tiempo entre 3 segundos y 1 minuto.

***Threshold**:* tolerancia

Total Demand Distortion (TDD). Es la relación entre la raíz cuadrática media de las corrientes harmónicas a la raíz cuadrática media de la demanda máxima de corriente fundamental, expresada como porcentaje.

Total Disturbance Level Es el nivel de perturbación electromagnética causada por la superposición de la emisión de todas las piezas de equipo en un determinado sistema.

Total Harmonic Distortion (THD). Es la relación entre la raíz cuadrática media del contenido harmónico a la raíz cuadrática media del valor fundamental, expresado como porcentaje de la fundamental.

Transient. (Transitorio) Define fenómenos en los que una magnitud determinada varía entre dos valores de estado consecutivos durante un breve intervalo de tiempo comparado con la escala de tiempos en que se maneja el sistema. Los transitorios pueden ser impulsos unidireccionales de cualquier polaridad o bien ondas oscilatorias amortiguadas con el primer pico ocurriendo en cualquier polaridad.

***Trench*:** Surco, trinchera

Triggering: gatillo, disparador

Triplen Harmonics. Término frecuentemente empleado para referirse a los múltiplos superiores de la tercera Armónica, sobre los que se debe prestar especial atención debido a los perjuicios que ocasiona.

***True RMS**:* valor eficaz verdadero (se refiere a tensión o corriente)

Undervoltage: Cuando se usa para describir un tipo específico de variación de larga duración, se refiere a una disminución del valor RMS de tensión por debajo del 90 porciento, a la frecuencia nominal, por una duración superior a un minuto.

***Voltage*:** Es el pico de tensión que se aplica a una unidad bajo ensayo. De acuerdo a la ANSI / IEEE C62.41 1980, sección 4.1:es valor es de 6 kV, por lo tanto, puede ser seleccionado como un valor típico de corte para la ocurrencia de picos de tensión en sistemas interiores de potencia.

***Voltage Change**:* Variación sostenida del valor RMS o del valor pico de tensión entre dos niveles consecutivos, pero de duración no especificada.

Voltage Dip. Ver Sag.

Voltage Distortion. Distorsión en la onda de tensión en corriente alterna. Ver Distortion.

***Voltage Fluctuation*:** Es una variación sistemática en el sentido de la tensión o una serie de cambios al azar en la tensión; el rango que no debe ser superado por la tensión está especificado en la norma ANSI C84.1-1982 de 0.9 a 1.1 pu.

Voltage Imbalance (Unbalance). Condición en la cual la tensión de las tres fases difiere en amplitud o está desplazada de la normal en 120 grados. Generalmente se expresa como una relación entre el promedio de los valores máximos de desvío de tensión o corriente de las tres fases, dividido por el promedio de tensión o corriente de las tres fases, expresado en %.

Voltage Interruption. Desaparición de la tensión de alimentación en una o mas de las fases. Generalmente se califica con un término adicional que indica la duración de la interrupción (ej. Momentánea, Temporaria o Sostenida)

Voltage Regulation. Grado de control o estabilidad de la tensión RMS de la carga. Algunos lo especifican en relación a otros parámetros, tales como los cambios en la tensión de entrada, cambios en las cargas o cambios de temperatura.

Voltage Magnification. Es la amplificación de un transitorio oscilatorio de tensión producido por la conmutación de un capacitor.

Waveform Distortion *(distorsión de la forma de onda):* Desviación en el estado instantáneo de la onda ideal (senoidal) a la frecuencia fundamental, caracterizada por el contenido espectral de la desviación.

***Weight*:** Peso del dispositivo supresor. Útil para verificar los requerimientos de instalación.

Winding: bobinado

W + G - Descripción del tipo de conexión para una aplicación, ej. 2W + G significa 2 cables + tierra.

- Configuración Delta (triángulo).

Y - Configuración en estrella (Wye).

Términos ambiguos

La historia reciente de la Calidad de la Energía estuvo condicionada por los desarrollos de un gran número de fabricantes de equipos que luchaban por imponer sus productos en el mercado. De esta forma crearon términos y frases destinadas a convencer a sus potenciales compradores. Desafortunadamente, muchos de los términos que emplearon son ambiguos y no se pueden emplear para una definición técnica.

Los términos siguientes han tenido usos diversos, y algunos tienen definiciones específicas para otras aplicaciones. El empleo de estas palabras para describir fenómenos de Calidad de la Energía debe ser acompañado en la mayoría de los casos por otros textos descriptivos del fenómeno.

Blackout
Blink
Brownout
Bump
Clean Ground
Clean Power
Dirty Ground
Dirty Power
Glitch
Interruption
Outage
Power Surge
Raw Power
Spike
Surge
Wink

Referencia utilizadas para las definiciones anteriores:

ANSI/IEEE C62.4 1-1980

UL Segunda Edición 1449

Diccionario de Electrónica

Calidad de la Energía

Cap. 1

1 Generalidades sobre Calidad de la Energía

2 Cambios sufridos por las instalaciones

3 Origen de los problemas de Calidad de la Energía

4 Categorías de problemas de Calidad de la Energía

5 Mecanismos para interpretar los problemas

6 Normativas sobre Calidad de la Energía

7 Normativas en la Argentina

8 Disposiciones del ENRE para las Distribuidoras

9 Disposiciones del ENRE para los usuarios

Puestas a Tierra

Cap. 2

1 Generalidades sobre puestas a Tierra y protección a las personas

2 Exigencias de los Reglamentos

3 Tipos de Puestas a Tierra

4 Puesta a Tierra de servicio

5 Sistemas de Puesta a Tierra

6 Electrodos para Puestas a tierra

7 Sistemas de resistencias

8 Resistencias reducidas

9 Circulación de Corriente por Tierra

10 Circulación de corriente en el neutro

11 Protección de edificios - Pararrayos

12 Recomendaciones sobre los Sistemas de Puesta a Tierra en edificios residenciales

13 Problemas en las Puestas a Tierra en edificios residenciales

14 Separación de los circuitos de alimentación

15 Puestas a Tierra de Alta Frecuencia

Actualmente, se dispone de una amplia variedad de dispositivos para obtener una correcta Calidad de la Energía en todos los equipos atendidos. La selección de los equipos necesarios requiere analizar previamente si el equipamiento a proteger es crítico y, en ese caso, los tiempos que puede tolerar.

Las técnicas de acondicionamiento se han incrementado, tanto en su variedad como en su complejidad; las más comunes que se suelen emplear son:

- Sobredimensionamiento de la instalación.
- Técnicas de Cableado:
  - Aumento en la sección del neutro
  - Separación de Fases
- Agregado de dispositivos:
  - Reguladores de tensión
  - Supresores de Transitorios
  - Transformadores con blindaje de aislamiento
  - Sintetizadores magnéticos
  - UPS estáticas
  - UPS rotativas
  - Conmutadores de estado sólido
  - Acondicionadores de línea

Es una técnica muy importante en instalaciones con presencia de armónicos. Aún en casos de transformadores que operen al 75% de su potencia nominal si existen cargas deformantes se pueden presentar síntomas relevantes, como ser vibraciones, ruidos, sobrecalentamientos y disparos accidentales de las protecciones.

Estos fenómenos afectan la calidad de la energía provocando una tasa de distorsión de tensión elevada.

Con fuentes de mayor potencia y pletinas y cables de mayor sección de consigue que el efecto de los armónicos tenga menor incidencia. Al tener mayor potencia la fuente la distorsión será menor, ya que la relación de la potencia armónica respecto de la potencia de la fuente será menor.

Si los Armónicos tienen una sección mayor de cable o de pletina por donde circular, el efecto piel o pelicular tendrá menor incidencia provocando un menor calentamiento de los conductores y de las protecciones.

Es decir que al sobredimensionar la instalación disminuye su impedancia total, evitando que aumenten las pérdidas por efecto Joule ocasionadas por los armónicos.

Actualmente, se dispone de una amplia variedad de dispositivos para obtener una correcta Calidad de la Energía en todos los equipos atendidos. La selección de los equipos necesarios requiere analizar previamente si el equipamiento a proteger es crítico y, en ese caso, los tiempos que puede tolerar.

Las técnicas de acondicionamiento se han incrementado, tanto en su variedad como en su complejidad; las más comunes que se suelen emplear son:

- Sobredimensionamiento de la instalación.
- Técnicas de Cableado:
  - Aumento en la sección del neutro
  - Separación de Fases
- Agregado de dispositivos:
  - Reguladores de tensión
  - Supresores de Transitorios
  - Transformadores con blindaje de aislamiento
  - Sintetizadores magnéticos
  - UPS estáticas
  - UPS rotativas
  - Conmutadores de estado sólido
  - Acondicionadores de línea

Es una técnica muy importante en instalaciones con presencia de armónicos. Aún en casos de transformadores que operen al 75% de su potencia nominal si existen cargas deformantes se pueden presentar síntomas relevantes, como ser vibraciones, ruidos, sobrecalentamientos y disparos accidentales de las protecciones.

Estos fenómenos afectan la calidad de la energía provocando una tasa de distorsión de tensión elevada.

Con fuentes de mayor potencia y pletinas y cables de mayor sección de consigue que el efecto de los armónicos tenga menor incidencia. Al tener mayor potencia la fuente la distorsión será menor, ya que la relación de la potencia armónica respecto de la potencia de la fuente será menor.

Si los Armónicos tienen una sección mayor de cable o de pletina por donde circular, el efecto piel o pelicular tendrá menor incidencia provocando un menor calentamiento de los conductores y de las protecciones.

Es decir que al sobredimensionar la instalación disminuye su impedancia total, evitando que aumenten las pérdidas por efecto Joule ocasionadas por los armónicos.

Ya se discutieron los serios problemas ocasionados por la presencia de Armónicas. La forma mas sencilla de evitar estos inconvenientes es colocar un neutro de sección doble o, alternativamente, se puede utilizar un neutro separado para cada fase. El costo adicional suele estar plenamente justificado considerando los problemas que se evitan.

La técnica de separación de las fases consiste en la separación de las cargas sensibles de las fuentes de ruido dentro del sistema. Cada circuito debe alimentar a cargas de un mismo tipo (sensibles o no sensibles) y, de ser posible, los tableros deben ser diferentes.

Circuitos separados para cargas sensibles significa que tanto las fases como el neutro deben ser diferentes.

En las oficinas suele ser una buena idea colocar líneas dedicadas para las computadoras o bien tener un subsistema de alimentación para las mismas.

Los problemas de tensión generados por la conexión y desconexión de grandes cargas, arranques de motores, o las condiciones de bajotensión de las distribuidoras de electricidad durante las horas pico del verano, normalmente pueden controlarse con reguladores de tensión. La función de los mismos es la de mantener constante la tensión a una carga determinada, bajo condiciones anormales en la tensión de alimentación.

Empleando más de un regulador en el mismo sistema eléctrico (en serie) pueden ocurrir problemas de inestabilidad. Estos problemas dependen del tiempo de respuesta y de la sensibilidad del regulador.

La alimentación de los equipos basados en microprocesadores dispone de un valor límite para regular la capacidad de las cargas; regulaciones adicionales pueden o no ser necesarias.

Los circuitos empleados en los reguladores de tensión son vulnerables a los daños producidos por picos de tensión, por lo que deben estar adecuadamente protegidos por supresores de transitorios.

Antes de seleccionar el dispositivo de regulación de tensión, es imperativo que los ingenieros conozcan la configuración del sistema eléctrico, la naturaleza de los problemas a corregir, las tolerancias admisibles, así como los pasos en los cambios de tensión a considerar.

Los Reguladores mantienen constante la tensión de salida a las cargas aún con variaciones importantes en la tensión de entrada. Existen varios tipos, cada uno con ventajas y desventajas en su operación, los principales son:

- Los *Transformadores Ferroresonantes, que* pueden separar las tensiones de entrada y salida y permiten tanto la transformación de tensiones como el aislamiento de ruidos. Tienen excelente regulación, pero admiten una capacidad de sobrecarga limitada, tienen una eficiencia pobre a cargas bajas y pueden interactuar con formas de onda no lineales.
- Los *Reguladores Magnéticos de Tensión, que* constituyen un tipo especial de autotransformador.

Acondicionamiento de líneas	Cap.6
Filtros de ruidos	Pág. 5/13

Son unidades que se conectan a las redes de computadoras. Permiten el pasaje de la frecuencia de alimentación, pero presentan una elevada impedancia que bloquea o atenúa los ruidos o señales desconocidas, usualmente de alta frecuencia.

Algunos filtros pueden eliminar todas las tensiones en un rango de +/- 2V de la tensión instantánea en cualquier punto de la onda sinusoidal. los filtros suelen estar combinados con supresores de transitorios o con otros dispositivos de acondicionamiento de líneas

Los ***Supresores de Tansitorios***, denominados también ***Dispositivos de Protección contra Perturbaciones (Surge Protective Device)***, son equipos de gran importancia teniendo en cuenta la protección que brindan.

Existen algunos conceptos que se debe conocer para una adecuada selección de estos equipos, estos son:

- Corriente Máxima de descarga (Imax): es la corriente máxima que se requiere que el protector pueda descargar una vez en su vida útil, correspondiendo a condiciones excepcionales. Las corrientes transitorias son generalmente representadas como formas de onda 8 / 20. Donde el 8 representa el tiempo de crecimiento y el 20 el de caída hasta la mitad de su amplitud. Ambos tiempos expresados en microsegundos.
- Nivel de protección (Up): es el nivel de protección de tensión compatible con la sensibilidad de los equipos a proteger, donde:

Up = 2,5 kV para equipamiento electrotécnico, controles eléctricos, interruptores, etc.
Up = 1,8 kV para equipamiento electrotécnico que contenga circuitos electrónicos sensibles, como TV, audio, lavarropas, etc.
Up = 1,5 kV para equipamiento electrotécnico sensible, como ser computadoras, máquinas registradoras, etc.

En capítulos anteriores se mencionaba las dos tecnologías básicas utilizadas para los Supresores de Transitorios (TSN o ATN), siendo esta última fundamental cuando es necesario proteger circuitos electrónicos sensibles, donde se debe utilizar un dispositivos que puedan suprimir efectivamente los transitorios antes que alcancen el pico de la onda senoidal.

Dentro de la categoría de Supresores de Transitorios existen varios tipos de dispositivos, entre ellos podemos mencionar::

1. Dispositivos de Descarga

En esta categoría se incluyen dispositivos tales como Descargadores Gaseosos, Protectores de Rayos y Dispositivos de Comando.

Los Dispositivos de Descarga son relativamente lentos, tomando varios microsegundos para operar, por lo que someten a los dispositivos a proteger a elevados crecimientos iniciales de tensión, que pueden llegar a varios miles de Volt por microsegundo. Por tal motivo aguas abajo debe colocarse una protección adicional contra picos.

Los dispositivos mas comunes para protección de computadoras y otros equipos sensibles son los Tubos de Descarga de gas (GDT's). Consisten en dos o tres electrodos con sales en un tubo de vidrio lleno con una mezcla de gases a baja presión. Tienen una vida relativamente prolongada y habilidad para transportar cantidades importantes de corriente.

2. Dispositivos de Enclavamiento de Tensiones

Estos dispositivos, tales como Varistores (resistores no-lineales),Varistores metal-óxido (MOV's), Diodos Zener (avalanchas) y Rectificadores de Selenio, son conductores unidireccionales hasta que se alcanza un nivel de tensión determinado; a partir de ese momento conducen en sentido contrario.

Normalmente están conectados en los circuitos en el sentido de no-conducción, presentando una impedancia muy elevada; cuando se alcanza la máxima tensión permitida la impedancia cae rápidamente. Es decir que la elevación de corriente trae aparejada la baja de la impedancia, impidiendo el paso del transitorio a las cargas.

Los Dispositivos de Enclavamiento operan en el rango de nanosegundos, miles de veces más rápido que los descargadores, pero generalmente son capaces de disipar mucho menos energía de los

transitorios. Son efectivos para empalmar las tensiones pico de máximo nivel.

Los de tipo MOV están disponibles para un amplio rango de tensiones y corrientes, desde 4 V. para líneas de datos hasta varios miles de volt para redes de potencia; para pulsos pico desde unos pocos hasta 10000 Ampere, y para la disipación de energía desde 1 hasta 10000 Joule. Son de bajo costo, compactos y fáciles de aplicar, por lo que son los de mayor uso para la protección de transitorios.

Una característica de los MOV es que se deterioran con la repetición de los transitorios, aunque ello se ha mejorado en los equipos mas modernos.

Los Diodos de Zener también se emplean para el enclavamiento de tensiones. Se trata de dispositivos de avalancha que mantienen impedancias elevadas hasta la tensión de ruptura, donde esta cae rápidamente hasta permitir la acción de enclavamiento. Los diodos de Zener empleados para enclavamiento de tensión son de características diferentes a los utilizados como reguladores de tensión.

Bajo condiciones de avalancha, cuando el diodo tiene Sobre Tensiones, flujos sustanciales de corriente pueden atravesar la junta semiconductora. La habilidad para disipar el calor en la juntura limita la máxima energía que puede manejar.

Los Varistores de Carburo de Silicio tienen elevada capacidad de manejo de potencia y se emplean para transitorios de alta tensión, como los supresores para descargas atmosféricas. Tienden a manejar corrientes importantes en el estado normal, por lo que normalmente se emplean en serie con dispositivos que mantienen abierto el circuito hasta que ocurre algún transitorio. Esta propiedad los vuelve insatisfactorios para operaciones de enclavamiento a bajas tensiones.

También se suelen utilizar los Supresores de Transitorios de Celdas de Selenio, que manejan satisfactoriamente transitorios repetidos de alta energía, pero que tienen un pobre desempeño como enclavadores de tensión.

3. Dispositivos de Atenuación

Estos dispositivos están insertos en un circuito para permitir el pasaje de potencia a frecuencia de línea, mientras atenúan los transitorios con frecuencias en el rango de KHz o MHz, varios ordenes de magnitud superiores que los de la potencia de 50 Hz.

Los Filtros de Paso Bajo (low-pass) consisten en una combinación de capacitores en paralelo e inductancias en serie. Sus componentes deben estar capacitados para resistir las altas tensiones de los transitorios, mientras que las inductancias en serie deben permitir circular las muchas veces importantes corrientes de carga.

Los filtros deben estar dimensionados para el tipo de transitorio a atenuar. Por lo tanto, su impedancia debe estar de acuerdo a la impedancia de entrada y salida; de lo contrario, con las variaciones los filtros pueden asumir compromisos perjudiciales.

En circuitos de baja potencia un transitorio puede hacerlo entrar en oscilación, y la salida en filtros de pobre desempeño puede contener más tensiones y frecuencias espurias que la entrada.

Un dispositivo especial de ajuste activo (active tracking) censa la tensión sinusoidal instantánea a cualquier punto en el ciclo y otros dispositivos limitan la tensión máxima. Ello limita la desviación de la tensión sinusoidal instantánea verdadera, en cualquier punto de la onda sinusoidal, a +/- 2V. Cuando se censa una desviación de tensión, la unidad provee un filtro integral en menos de 5 nanosegundos.

4. Dispositivos híbridos

Son supresores de transitorios que combinan dos o mas tecnologías para proveer supresiones de transitorios en un amplio rango de tensiones, tasas de crecimiento, etc., que un solo dispositivo no podría proveer.

Como ejemplo de ello podemos encontrar los productos de la firma INNOVATIVE TECHNOLOGY que incorporan una variedad de componentes como la indicada en la Tabla 6.1:

Componentes	Ventaja aprovechada

Varistor de óxido - metal	● Gran capacidad de manejo. ● Tiempo de respuesta en nseg.
Diodo	● Excelente confiabilidad. ● Tiempo de respuesta en nseg.
Descargador Gaseoso	● Buen manejo de sobrecorrientes. ● Tamaño pequeño.
Capacitor	● Sin umbral de operación. ● Filtra transitorios de Onda Amortiguada. ● Filtra interferencias electromagnéticas y de Radiofrecuencia.

Tabla 6.1

Las función básica de los transformadores es la de **cambiar o ajustar los niveles de tensión**.

Actualmente se les ha asignado otras dos funciones que consisten en:

- Proporcionar un separador para la fuente de potencia
- Permitir el aislamiento de las terceras Armónicas,

Los transformadores con Blindaje de Aislación no proveen protección contra anomalías de tensión como Baja-tensiones o Sobre-tensiones. En efecto, debido a las características de estos transformadores, las variaciones de tensión ocurridas en el arrollamiento primario inducen corrientes en el arrollamiento secundario del transformador.

Adicionalmente, por la naturaleza propia de los transformadores se pueden generar transitorios. Por ello, los transformadores con Blindaje de Aislación de alta calidad vienen acompañados de supresores de transitorios de tensión, que pueden superar ciertos tipos de anomalías en la alimentación. La resolución de problemas creados por múltiples caminos de corrientes en el circuito de tierra son ejemplos del uso efectivo de esta combinación.

Transformadores estrella - triángulo:

Permiten retener en ese punto de la instalación los Armónicos 3º, 9º y múltiplos de tres, los que solo pueden circular desde la carga hasta el transformador, pero no aguas arriba.

También permiten liberar al neutro de la fuente de las corrientes armónicas, que pueden ser muy importantes, evitando el recalentamiento del mismo.

Transformadores de doble secundario:

Cuando las cargas generadoras de Armónicos son trifásicas, predominan principalmente los armónicos 5to. y 7mo., por lo que la solución anterior no es válida y debe recurrirse a otra técnica que consiste en realizar un desfasaje angular de 30º entre las dos salidas. El mismo efecto podría obtenerse si se utilizaran dos transformadores con distinto acoplamiento.

En esta aplicación las cargas se reparten en dos salidas separadas que se conectan a ambos secundarios.

Debido al desfasaje entre secundarios las corrientes Armónicas de ambos secundarios están desfasadas y aguas arriba se suman, obteniéndose como resultado una disminución en la tasa de distorsión de corrientes y en particular en los armónicos de grado 5º y 7º ya que dichos armónicos de uno de los devanados está en oposición de fase con los equivalentes del otro devanado.

No obstante, para que este procedimiento pueda dar resultado se deben conectar solamente cargas trifásicas en ambos secundarios y las cargas deformantes han de tener características similares (el mismo espectro Armónico) en las dos distribuciones para que se anulen por su signo opuesto.

Emplean ferroresonantes magnéticos (transformadores e inductores) y capacitores para sintetizar una salida trifásica de alta calidad, empleando la entrada sólo como fuente de energía.

Permiten mantener una salida trifásica de capacidad reducida aún si se pierde una de las fases, aunque el ángulo entre fases no será de 120°.

Los sintetizadores magnéticos carecen de partes móviles y de dispositivos semiconductores, excepto en los controles. Sus capacitores almacenan suficiente energía para superar cortes en la alimentación de hasta un ciclo.

Cuando se cuenta con una fuente alternativa confiable en la alimentación, como ser una segunda línea desde la distribuidora, los sintetizadores magnéticos se combinan con switch estáticos de transferencia que alternan la fuente en 1/4 de ciclo, proveyendo energía ininterrumpida a las cargas sensitivas y eliminando la necesidad de una UPS.

Estos equipos protegen contra transitorios oscilatorios, Sobre y Baja Tensiones pero no son de utilidad contra cortes totales de tensión; en estos casos deben complementarse con baterías.

Sus características principales son:

- operan con rangos de tensión de alimentación de +/- 40% del nominal
- la Distorsión Armónica Total es menor al 4%
- la eficiencia es del orden del 94% a plena carga
- requieren un mínimo mantenimiento, en particular una inspección anual a los capacitores para reemplazar los que hallan fallado.

Los sintetizadores magnéticos, como cualquier otro sistema que alimente cargas críticas, debe contar con sistemas de by-pass para tareas de mantenimiento del sintetizador.

Constituyen uno de los equipos más populares en las instalaciones actuales; su función es mantener constante la alimentación de energía a una carga determinada, o a un grupo de cargas a la vez. En los casos donde son esperables los cortes de energía, las UPS combinadas con equipos de protección de Sobre Tensiones suelen ser la solución más efectiva al menor costo.

No solo proveen el filtro y acondicionamiento necesario para asegurar la calidad de la energía requerida por los equipos electrónicos sensitivos sino que sirven de fuente de alimentación en caso de salidas de servicio en la alimentación principal.

Partes componentes:

Constan de las siguientes partes:

- Rectificador de Corriente Alterna en Continua.
- Un bus de corriente continua con una batería flotante continuamente conectada
- Un inversor de Corriente Continua a Alterna y
- un switch de by-pass de estado sólido.

Las UPS estáticas vienen en rangos amplios, desde unos pocos cientos de VA para la protección de cargas individuales hasta 750 k VA (o más) para proteger instalaciones enteras. Cargas mayores se atienden mediante el empleo de unidades en paralelo.

Los sistemas de UPS estáticas están disponibles en tres configuraciones típicas:

UPS "On Line":

Son el tipo más común en las instalaciones para cargas críticas. En estas configuraciones las cargas son continuamente alimentadas por las salidas del inversor. En caso de fallas la alimentación se transfiere a la fuente de backup, generalmente la línea de alimentación de la distribuidora.

La fuente alternativa de potencia sirve para un segundo propósito: provee corriente para limpiar las fallas, una función importante, debido a que muchos inversores no pueden generar las corrientes necesarias para fundir un fusible o abrir un interruptor de una carga crítica. El by pass estático retransfiere la carga a la salida de la UPS cuando el dispositivo de protección limpia la falla.

Una ventaja de las UPS "on-line" es que las cargas críticas continúan recibiendo potencia acondicionada y nunca se quedan sin alimentación. Un requerimiento importante de estos equipos es que deben ser adecuadamente dimensionados para alimentar las cargas y para mantener en carga a las baterías.

UPS "Off Line":

Son diferentes a las anteriores en la medida que en condiciones normales proveen potencia sin acondicionar. El switch de transferencia solo direcciona al inversor de AC cuando censa una fluctuación o interrupción de la corriente normal.

Esta configuración se suele aplicar para cargas pequeñas y no requiere de otros equipos de acondicionamiento de línea. El tiempo de transferencia de la fuente normal a la alternativa, via by-pass estático, es del orden de 4 milisegundos.

UPS de Línea Interactiva:

La potencia no se convierte en corriente continua (DC) y se envía directamente a las cargas críticas mediante un inductor o transformador. La regulación y alimentación continua a las cargas críticas se obtiene a través de switchers de inversión en combinación con inversores magnéticos como inductores, transformadores de línea o transformadores ferroresonantes.

Para especificar una UPS se debe considerar:

- Redundancia o no de los sistemas: se debe analizar factores tales como confiabilidad requerida, costo y disponibilidad de espacio. La estrategia usual consiste en implementar sistemas con redundancia en paralelo, con todos los módulos on-line alimentando a las cargas críticas en paralelo.
- Switch de by-pass: La transferencia de las cargas desde las UPS a los sistemas de las distribuidoras, que ocurren en las fallas de las UPS, deben permitir su mantenimiento sin estar energizados.
- Selección de baterías: las más comunes son las de plomo - ácido debido a su simplicidad y bajo costo, siendo convenientes las denominadas "sin mantenimiento"; no obstante, existen nuevos tipos de baterías que conviene evaluar por su performance.
- Factor de potencia de la alimentación: El factor de potencia en la alimentación de estos equipos suele ser de sólo el 80%, por lo que para llevarlo a los valores deseados (cercanos al 95%) se debe recurrir a capacitores.
- Corrientes Armónicas: Las UPS estáticas generan Armónicas tanto en la línea de alimentación como en la de salida (del orden del 12 y 5% respectivamente), debido a los rectificadores de silicio. Ello puede ocasionar inconvenientes en los sistemas de control y sobrecalentamientos en el neutro, por lo que se requiere colocar filtros que limiten la presencia de Armónicas.

Las fallas eléctricas son comunes a todos los equipos, más aún desde que se introdujeron los dispositivos de estado sólido. Las soluciones primitivas incluían el empleo de equipos rotativos y conmutadores para derivar la alimentación de la fuente "primaria" a la "alternativa"; estos switches eran básicamente electromecánicos.

Su principio de funcionamiento consistía en que una reducción de tensión en el relay, por debajo de un cierto valor, producía su desenergización, desconectando el contactor de la línea preferida y energizando el contactor alternativo.

La fuente preferida debía estar completamente desconectada cuando entre en operación la secundaria, a efectos de evitar cortocircuitos. Para alimentar equipamientos de estado sólido ello no es posible por las siguientes razones:

- las interrupciones de potencia son prolongadas,
- los arcos producidos durante las transferencias son una fuente intensa de radiaciones y de ruidos eléctricos,
- la conmutación descontrolada puede producir importantes transitorios de corriente, y
- los conmutadores electromecánicos no pueden alcanzar altas velocidades de switcheo.

Por tal motivo, para conmutaciones en Corriente Alterna con tiempos de switcheo de varios microsegundos se introdujeron los rectificadores de estado sólido en base a silicio (SCR) . Los controladores más modernos tienen dispositivos incorporados que no se ven afectados por condiciones de tensión cero menores a 8 ms.

Los conmutadores de estado sólido que se aplican a cargas sensitivas incluyen censores de fallas en la fuente preferida de alimentación que permiten la transferencia a la fuente alternativa manteniendo las relaciones de fases, restableciendo la tensión rápidamente para evitar malfuncionamientos. La transferencia se efectúa sin producir arcos.

Los PLC's son los dispositivos que más se benefician con este tipo de equipos. Los PLC's son sistemas lógicos que constan de un procesador y tarjetas de entrada - salida alimentadas por una o mas fuentes de corriente continua. Estas tarjetas tienen tiempos típicos de respuesta de 10 a 25 ms, por lo que no se ven afectados por ausencias de tensión de 6 ms.

Generalmente, las tarjetas analógicas de entrada están conectadas a sensores o transductores alimentados desde fuentes de corriente continua protegidas contra disturbios.

La lógica de las tarjetas de salida también suele estar alimentada en corriente continua, que no se ve afectada por perturbaciones. Existen tarjetas de salida que conmutan corriente alterna y que requieren estudios mas profundos.

Adicionalmente, el empleo de reguladores ferroresonantes limita la corriente en caso de cortocircuitos, proveyendo una protección adicional.

Como respuesta a los deseos de los consumidores de contar con una solución completa para todos los problemas de Calidad de la Energía compactadas en un solo equipo, en los últimos años se desarrolló el concepto de "Acondicionadores de Línea" o "Acondicionadores de Potencia". Los mismos incluyen el tablero de distribución y los elementos de diagnóstico.

El objetivo de los Acondicionadores de Línea es modularizar o combinar varias funciones de acondicionamiento del potencia tales como aislamiento, regulación de tensión y distribución a través de un tablero del tablero correspondiente.

Los tipos más comunes incluyen Transformadores con Blindaje de Aislación, especiales para acondicionamiento de líneas. Estos equipos cuentan con reguladores de tensión ferroresonantes con un rango de regulación +10% / -20% y tableros de distribución, incorporados o en grupos exteriores.

Otros desarrollos pueden incluir Filtros de Ruidos y simples Supresores de Perturbaciones. Los Supresores de Transitorios de Tensión están incluidos en la salida de los Acondicionadores de Línea que atienden cargas múltiples.

Consiste en determinar el método más eficiente para acondicionar el sistema de potencia, para ello se considera en primera instancia los requerimientos de potencia limpia de las computadoras y otros equipos así como las características de los problemas posibles (severidad y extensión de los mismos).

Posteriormente se considera la efectividad de cada tipo de acondicionador de potencia para resolver los problemas examinados y, finalmente se analiza el costo y la efectividad de cada tecnología disponible.

Los requerimientos de los equipos electrónicos sensibles, en términos de alimentación de energía limpia, se pueden obtener de los fabricantes de dichos equipos. En general, estos requerimientos se ajustan a las normativas CBEMA, aunque algunos equipos permiten mayores tolerancias que otros en el control de potencia. Asimismo, se debe evaluar la gravedad de ocurrencia de posibles errores y crash del sistema de computación.

La calidad de la alimentación se puede determinar en base a la experiencia previa de monitoreo de la potencia en los locales con computadoras, empleando instrumentos capaces de registrar transitorios y variaciones de voltaje.

Combinando las necesidades de potencia, de garantizar la continuidad de operación de los equipos y las imperfecciones admisibles en el suministro, se puede definir los requerimientos del sistema de acondicionamiento de potencia.

El estudio mencionado revela la frecuencia de ocurrencia de varios tipos de fallas, analizando la efectividad de los acondicionadores sobre cada una de ellas

La comparación de efectividad es solo uno de los pasos para elegir la tecnología de equipo más adecuada. Se debe considerar el costo de las mismos, tanto en su valor propiamente dicho como en el costo anual de mantenimiento y el costo de la energía resultante, considerando las pérdidas que ocurren con cargas parciales. Todo ello permite una comparación realista entre las diferentes marcas y tecnologías.

Si sólo se considera la performance, la elección suele recaer en una UPS; si sólo se considera el costo la elección recae en un supresor de transitorios de pico, pero este equipo solo resuelve unos pocos problemas por lo que raramente se emplea en forma aislada.

Si se considera la relación costo - beneficio un transformador con blindaje de aislación suele ser la mejor elección.

La única tecnología totalmente efectiva es la combinación de una UPS con un generador que suministre energía antes que las baterías se agoten.

Si el costo de salida de servicio de los equipos productivos es elevado y los equipos electrónicos son críticos para su operación, la UPS es la única solución aceptable.

Si se cuenta con alimentación desde dos vías (por ej, desde dos distribuidoras diferentes) se puede emplear un sintetizador magnético (de baja eficiencia a cargas parciales) combinado con un desconectador en paralelo, como una alternativa efectiva a las UPS.

En síntesis, la decisión consiste en emplear el sistema más efectivo al menor costo, pero el problema se complica debido a que no existen dos instalaciones con similares requerimientos.

La gran mayoría de los problemas de energía se originan dentro de las instalaciones. Las máquinas y equipos de oficina ocasionan un sinnúmero de anormalidades que actúan como un arma mortal para los equipos electrónicos sensitivos.

Los cables de corriente alterna no son los únicos culpables, las líneas de comunicación -- teléfono, video, redes de computadoras, etc. -- también son rutas de transmisión.

La instalaciones son vulnerables en un gran número de frentes, lo que hace necesaria una estrategia coordinada para garantizar la calidad de la energía, que incluye:

Primer Paso: El principal énfasis se debe poner en las líneas comunes del edificio, tanto de potencia como de telecomunicaciones; es allí donde las instalaciones están más expuestas a potenciales problemas -- descargas atmosféricas, fallas de las distribuidoras, etc. Por este motivo, deben instalarse dispositivos de protección de transitorios en todos los servicios de entrada del edificio.

Segundo Paso: Cada piso o apartamento debe contar con elementos de protección para eliminar cualquier disturbio remanente que haya pasado por las protecciones de los servicios de entrada.

Tercer Paso: Los componentes sensitivos (computadoras, equipos de control de procesos, etc.) deben contar con sus propias medidas de protección.

Se debe tener presente que si se instala un dispositivo de protección en un componente (como ser en una red de PC), se debe instalar protecciones en todos los equipos del mismo sistema. De otro modo, las variaciones en el potencial de tierra pueden dañar los componentes que no tengan protección.

Ya se discutieron los serios problemas ocasionados por la presencia de Armónicas. La forma mas sencilla de evitar estos inconvenientes es colocar un neutro de sección doble o, alternativamente, se puede utilizar un neutro separado para cada fase. El costo adicional suele estar plenamente justificado considerando los problemas que se evitan.

La técnica de separación de las fases consiste en la separación de las cargas sensibles de las fuentes de ruido dentro del sistema. Cada circuito debe alimentar a cargas de un mismo tipo (sensibles o no sensibles) y, de ser posible, los tableros deben ser diferentes.

Circuitos separados para cargas sensibles significa que tanto las fases como el neutro deben ser diferentes.

En las oficinas suele ser una buena idea colocar líneas dedicadas para las computadoras o bien tener un subsistema de alimentación para las mismas.

Los problemas de tensión generados por la conexión y desconexión de grandes cargas, arranques de motores, o las condiciones de bajotensión de las distribuidoras de electricidad durante las horas pico del verano, normalmente pueden controlarse con reguladores de tensión. La función de los mismos es la de mantener constante la tensión a una carga determinada, bajo condiciones anormales en la tensión de alimentación.

Empleando más de un regulador en el mismo sistema eléctrico (en serie) pueden ocurrir problemas de inestabilidad. Estos problemas dependen del tiempo de respuesta y de la sensibilidad del regulador.

La alimentación de los equipos basados en microprocesadores dispone de un valor límite para regular la capacidad de las cargas; regulaciones adicionales pueden o no ser necesarias.

Los circuitos empleados en los reguladores de tensión son vulnerables a los daños producidos por picos de tensión, por lo que deben estar adecuadamente protegidos por supresores de transitorios.

Antes de seleccionar el dispositivo de regulación de tensión, es imperativo que los ingenieros conozcan la configuración del sistema eléctrico, la naturaleza de los problemas a corregir, las tolerancias admisibles, así como los pasos en los cambios de tensión a considerar.

Los Reguladores mantienen constante la tensión de salida a las cargas aún con variaciones importantes en la tensión de entrada. Existen varios tipos, cada uno con ventajas y desventajas en su operación, los principales son:

- Los *Transformadores Ferroresonantes, que* pueden separar las tensiones de entrada y salida y permiten tanto la transformación de tensiones como el aislamiento de ruidos. Tienen excelente regulación, pero admiten una capacidad de sobrecarga limitada, tienen una eficiencia pobre a cargas bajas y pueden interactuar con formas de onda no lineales.
- Los *Reguladores Magnéticos de Tensión, que* constituyen un tipo especial de autotransformador.

Son unidades que se conectan a las redes de computadoras. Permiten el pasaje de la frecuencia de alimentación, pero presentan una elevada impedancia que bloquea o atenúa los ruidos o señales desconocidas, usualmente de alta frecuencia.

Algunos filtros pueden eliminar todas las tensiones en un rango de +/- 2V de la tensión instantánea en cualquier punto de la onda sinusoidal. los filtros suelen estar combinados con supresores de transitorios o con otros dispositivos de acondicionamiento de líneas

Los ***Supresores de Tansitorios***, denominados también ***Dispositivos de Protección contra Perturbaciones (Surge Protective Device)***, son equipos de gran importancia teniendo en cuenta la protección que brindan.

Existen algunos conceptos que se debe conocer para una adecuada selección de estos equipos, estos son:

- Corriente Máxima de descarga (Imax): es la corriente máxima que se requiere que el protector pueda descargar una vez en su vida útil, correspondiendo a condiciones excepcionales. Las corrientes transitorias son generalmente representadas como formas de onda 8 / 20. Donde el 8 representa el tiempo de crecimiento y el 20 el de caída hasta la mitad de su amplitud. Ambos tiempos expresados en microsegundos.
- Nivel de protección (Up): es el nivel de protección de tensión compatible con la sensibilidad de los equipos a proteger, donde:

Up = 2,5 kV para equipamiento electrotécnico, controles eléctricos, interruptores, etc.
Up = 1,8 kV para equipamiento electrotécnico que contenga circuitos electrónicos sensibles, como TV, audio, lavarropas, etc.
Up = 1,5 kV para equipamiento electrotécnico sensible, como ser computadoras, máquinas registradoras, etc.

En capítulos anteriores se mencionaba las dos tecnologías básicas utilizadas para los Supresores de Transitorios (TSN o ATN), siendo esta última fundamental cuando es necesario proteger circuitos electrónicos sensibles, donde se debe utilizar un dispositivos que puedan suprimir efectivamente los transitorios antes que alcancen el pico de la onda senoidal.

Dentro de la categoría de Supresores de Transitorios existen varios tipos de dispositivos, entre ellos podemos mencionar::

1. Dispositivos de Descarga

En esta categoría se incluyen dispositivos tales como Descargadores Gaseosos, Protectores de Rayos y Dispositivos de Comando.

Los Dispositivos de Descarga son relativamente lentos, tomando varios microsegundos para operar, por lo que someten a los dispositivos a proteger a elevados crecimientos iniciales de tensión, que pueden llegar a varios miles de Volt por microsegundo. Por tal motivo aguas abajo debe colocarse una protección adicional contra picos.

Los dispositivos mas comunes para protección de computadoras y otros equipos sensibles son los Tubos de Descarga de gas (GDT's). Consisten en dos o tres electrodos con sales en un tubo de vidrio lleno con una mezcla de gases a baja presión. Tienen una vida relativamente prolongada y habilidad para transportar cantidades importantes de corriente.

2. Dispositivos de Enclavamiento de Tensiones

Estos dispositivos, tales como Varistores (resistores no-lineales),Varistores metal-óxido (MOV's), Diodos Zener (avalanchas) y Rectificadores de Selenio, son conductores unidireccionales hasta que se alcanza un nivel de tensión determinado; a partir de ese momento conducen en sentido contrario.

Normalmente están conectados en los circuitos en el sentido de no-conducción, presentando una impedancia muy elevada; cuando se alcanza la máxima tensión permitida la impedancia cae rápidamente. Es decir que la elevación de corriente trae aparejada la baja de la impedancia, impidiendo el paso del transitorio a las cargas.

Los Dispositivos de Enclavamiento operan en el rango de nanosegundos, miles de veces más rápido que los descargadores, pero generalmente son capaces de disipar mucho menos energía de los transitorios. Son efectivos para empalmar las tensiones pico de máximo nivel.

Los de tipo MOV están disponibles para un amplio rango de tensiones y corrientes, desde 4 V. para líneas de datos hasta varios miles de volt para redes de potencia; para pulsos pico desde unos pocos hasta 10000 Ampere, y para la disipación de energía desde 1 hasta 10000 Joule. Son de bajo costo, compactos y fáciles de aplicar, por lo que son los de mayor uso para la protección de transitorios.

Una característica de los MOV es que se deterioran con la repetición de los transitorios, aunque ello se ha mejorado en los equipos mas modernos.

Los Diodos de Zener también se emplean para el enclavamiento de tensiones. Se trata de dispositivos de avalancha que mantienen impedancias elevadas hasta la tensión de ruptura, donde esta cae rápidamente hasta permitir la acción de enclavamiento. Los diodos de Zener empleados para enclavamiento de tensión son de características diferentes a los utilizados como reguladores de tensión.

Bajo condiciones de avalancha, cuando el diodo tiene Sobre Tensiones, flujos sustanciales de corriente pueden atravesar la junta semiconductora. La habilidad para disipar el calor en la juntura limita la máxima energía que puede manejar.

Los Varistores de Carburo de Silicio tienen elevada capacidad de manejo de potencia y se emplean para transitorios de alta tensión, como los supresores para descargas atmosféricas. Tienden a manejar corrientes importantes en el estado normal, por lo que normalmente se emplean en serie con dispositivos que mantienen abierto el circuito hasta que ocurre algún transitorio. Esta propiedad los vuelve insatisfactorios para operaciones de enclavamiento a bajas tensiones.

También se suelen utilizar los Supresores de Transitorios de Celdas de Selenio, que manejan satisfactoriamente transitorios repetidos de alta energía, pero que tienen un pobre desempeño como enclavadores de tensión.

3. Dispositivos de Atenuación

Estos dispositivos están insertos en un circuito para permitir el pasaje de potencia a frecuencia de línea, mientras atenúan los transitorios con frecuencias en el rango de KHz o MHz, varios ordenes de magnitud superiores que los de la potencia de 50 Hz.

Los Filtros de Paso Bajo (low-pass) consisten en una combinación de capacitores en paralelo e inductancias en serie. Sus componentes deben estar capacitados para resistir las altas tensiones de los transitorios, mientras que las inductancias en serie deben permitir circular las muchas veces importantes corrientes de carga.

Los filtros deben estar dimensionados para el tipo de transitorio a atenuar. Por lo tanto, su impedancia debe estar de acuerdo a la impedancia de entrada y salida; de lo contrario, con las variaciones los filtros pueden asumir compromisos perjudiciales.

En circuitos de baja potencia un transitorio puede hacerlo entrar en oscilación, y la salida en filtros de pobre desempeño puede contener más tensiones y frecuencias espurias que la entrada.

Un dispositivo especial de ajuste activo (active tracking) censa la tensión sinusoidal instantánea a cualquier punto en el ciclo y otros dispositivos limitan la tensión máxima. Ello limita la desviación de la tensión sinusoidal instantánea verdadera, en cualquier punto de la onda sinusoidal, a +/- 2V. Cuando se censa una desviación de tensión, la unidad provee un filtro integral en menos de 5 nanosegundos.

4. Dispositivos híbridos

Son supresores de transitorios que combinan dos o mas tecnologías para proveer supresiones de transitorios en un amplio rango de tensiones, tasas de crecimiento, etc., que un solo dispositivo no podría proveer.

Como ejemplo de ello podemos encontrar los productos de la firma INNOVATIVE TECHNOLOGY que incorporan una variedad de componentes como la indicada en la Tabla 6.1:

Componentes	Ventaja aprovechada
Varistor de óxido - metal	● Gran capacidad de manejo. ● Tiempo de respuesta en nseg.

Diodo	● Excelente confiabilidad. ● Tiempo de respuesta en nseg.
Descargador Gaseoso	● Buen manejo de sobrecorrientes. ● Tamaño pequeño.
Capacitor	● Sin umbral de operación. ● Filtra transitorios de Onda Amortiguada. ● Filtra interferencias electromagnéticas y de Radiofrecuencia.

Tabla 6.1

Las función básica de los transformadores es la de **cambiar o ajustar los niveles de tensión**.

Actualmente se les ha asignado otras dos funciones que consisten en:

- Proporcionar un separador para la fuente de potencia
- Permitir el aislamiento de las terceras Armónicas,

Los transformadores con Blindaje de Aislación no proveen protección contra anomalías de tensión como Baja-tensiones o Sobre-tensiones. En efecto, debido a las características de estos transformadores, las variaciones de tensión ocurridas en el arrollamiento primario inducen corrientes en el arrollamiento secundario del transformador.

Adicionalmente, por la naturaleza propia de los transformadores se pueden generar transitorios. Por ello, los transformadores con Blindaje de Aislación de alta calidad vienen acompañados de supresores de transitorios de tensión, que pueden superar ciertos tipos de anomalías en la alimentación. La resolución de problemas creados por múltiples caminos de corrientes en el circuito de tierra son ejemplos del uso efectivo de esta combinación.

Transformadores estrella - triángulo:

Permiten retener en ese punto de la instalación los Armónicos 3º, 9º y múltiplos de tres, los que solo pueden circular desde la carga hasta el transformador, pero no aguas arriba.

También permiten liberar al neutro de la fuente de las corrientes armónicas, que pueden ser muy importantes, evitando el recalentamiento del mismo.

Transformadores de doble secundario:

Cuando las cargas generadoras de Armónicos son trifásicas, predominan principalmente los armónicos 5to. y 7mo., por lo que la solución anterior no es válida y debe recurrirse a otra técnica que consiste en realizar un desfasaje angular de 30º entre las dos salidas. El mismo efecto podría obtenerse si se utilizaran dos transformadores con distinto acoplamiento.

En esta aplicación las cargas se reparten en dos salidas separadas que se conectan a ambos secundarios.

Debido al desfasaje entre secundarios las corrientes Armónicas de ambos secundarios están desfasadas y aguas arriba se suman, obteniéndose como resultado una disminución en la tasa de distorsión de corrientes y en particular en los armónicos de grado 5º y 7º ya que dichos armónicos de uno de los devanados está en oposición de fase con los equivalentes del otro devanado.

No obstante, para que este procedimiento pueda dar resultado se deben conectar solamente cargas trifásicas en ambos secundarios y las cargas deformantes han de tener características similares (el mismo espectro Armónico) en las dos distribuciones para que se anulen por su signo opuesto.

Emplean ferroresonantes magnéticos (transformadores e inductores) y capacitores para sintetizar una salida trifásica de alta calidad, empleando la entrada sólo como fuente de energía.

Permiten mantener una salida trifásica de capacidad reducida aún si se pierde una de las fases, aunque el ángulo entre fases no será de 120°.

Los sintetizadores magnéticos carecen de partes móviles y de dispositivos semiconductores, excepto en los controles. Sus capacitores almacenan suficiente energía para superar cortes en la alimentación de hasta un ciclo.

Cuando se cuenta con una fuente alternativa confiable en la alimentación, como ser una segunda línea desde la distribuidora, los sintetizadores magnéticos se combinan con switch estáticos de transferencia que alternan la fuente en 1/4 de ciclo, proveyendo energía ininterrumpida a las cargas sensitivas y eliminando la necesidad de una UPS.

Estos equipos protegen contra transitorios oscilatorios, Sobre y Baja Tensiones pero no son de utilidad contra cortes totales de tensión; en estos casos deben complementarse con baterías.

Sus características principales son:

- operan con rangos de tensión de alimentación de +/- 40% del nominal
- la Distorsión Armónica Total es menor al 4%
- la eficiencia es del orden del 94% a plena carga
- requieren un mínimo mantenimiento, en particular una inspección anual a los capacitores para reemplazar los que hallan fallado.

Los sintetizadores magnéticos, como cualquier otro sistema que alimente cargas críticas, debe contar con sistemas de by-pass para tareas de mantenimiento del sintetizador.

Constituyen uno de los equipos más populares en las instalaciones actuales; su función es mantener constante la alimentación de energía a una carga determinada, o a un grupo de cargas a la vez. En los casos donde son esperables los cortes de energía, las UPS combinadas con equipos de protección de Sobre Tensiones suelen ser la solución más efectiva al menor costo.

No solo proveen el filtro y acondicionamiento necesario para asegurar la calidad de la energía requerida por los equipos electrónicos sensitivos sino que sirven de fuente de alimentación en caso de salidas de servicio en la alimentación principal.

Partes componentes:

Constan de las siguientes partes:

- Rectificador de Corriente Alterna en Continua.
- Un bus de corriente continua con una batería flotante continuamente conectada
- Un inversor de Corriente Continua a Alterna y
- un switch de by-pass de estado sólido.

Las UPS estáticas vienen en rangos amplios, desde unos pocos cientos de VA para la protección de cargas individuales hasta 750 k VA (o más) para proteger instalaciones enteras. Cargas mayores se atienden mediante el empleo de unidades en paralelo.

Los sistemas de UPS estáticas están disponibles en tres configuraciones típicas:

UPS "On Line":

Son el tipo más común en las instalaciones para cargas críticas. En estas configuraciones las cargas son continuamente alimentadas por las salidas del inversor. En caso de fallas la alimentación se transfiere a la fuente de backup, generalmente la línea de alimentación de la distribuidora.

La fuente alternativa de potencia sirve para un segundo propósito: provee corriente para limpiar las fallas, una función importante, debido a que muchos inversores no pueden generar las corrientes necesarias para fundir un fusible o abrir un interruptor de una carga crítica. El by pass estático retransfiere la carga a la salida de la UPS cuando el dispositivo de protección limpia la falla.

Una ventaja de las UPS "on-line" es que las cargas críticas continúan recibiendo potencia acondicionada y nunca se quedan sin alimentación. Un requerimiento importante de estos equipos es que deben ser adecuadamente dimensionados para alimentar las cargas y para mantener en carga a las baterías.

UPS "Off Line":

Son diferentes a las anteriores en la medida que en condiciones normales proveen potencia sin acondicionar. El switch de transferencia solo direcciona al inversor de AC cuando censa una fluctuación o interrupción de la corriente normal.

Esta configuración se suele aplicar para cargas pequeñas y no requiere de otros equipos de acondicionamiento de línea. El tiempo de transferencia de la fuente normal a la alternativa, via by-pass estático, es del orden de 4 milisegundos.

UPS de Línea Interactiva:

La potencia no se convierte en corriente continua (DC) y se envía directamente a las cargas críticas mediante un inductor o transformador. La regulación y alimentación continua a las cargas críticas se obtiene a través de switchers de inversión en combinación con inversores magnéticos como inductores, transformadores de línea o transformadores ferroresonantes.

Para especificar una UPS se debe considerar:

- Redundancia o no de los sistemas: se debe analizar factores tales como confiabilidad

requerida, costo y disponibilidad de espacio. La estrategia usual consiste en implementar sistemas con redundancia en paralelo, con todos los módulos on-line alimentando a las cargas críticas en paralelo.

- Switch de by-pass: La transferencia de las cargas desde las UPS a los sistemas de las distribuidoras, que ocurren en las fallas de las UPS, deben permitir su mantenimiento sin estar energizados.
- Selección de baterías: las más comunes son las de plomo - ácido debido a su simplicidad y bajo costo, siendo convenientes las denominadas "sin mantenimiento"; no obstante, existen nuevos tipos de baterías que conviene evaluar por su performance.
- Factor de potencia de la alimentación: El factor de potencia en la alimentación de estos equipos suele ser de sólo el 80%, por lo que para llevarlo a los valores deseados (cercanos al 95%) se debe recurrir a capacitores.
- Corrientes Armónicas: Las UPS estáticas generan Armónicas tanto en la línea de alimentación como en la de salida (del orden del 12 y 5% respectivamente), debido a los rectificadores de silicio. Ello puede ocasionar inconvenientes en los sistemas de control y sobrecalentamientos en el neutro, por lo que se requiere colocar filtros que limiten la presencia de Armónicas.

Las fallas eléctricas son comunes a todos los equipos, más aún desde que se introdujeron los dispositivos de estado sólido. Las soluciones primitivas incluían el empleo de equipos rotativos y conmutadores para derivar la alimentación de la fuente "primaria" a la "alternativa"; estos switches eran básicamente electromecánicos.

Su principio de funcionamiento consistía en que una reducción de tensión en el relay, por debajo de un cierto valor, producía su desenergización, desconectando el contactor de la línea preferida y energizando el contactor alternativo.

La fuente preferida debía estar completamente desconectada cuando entre en operación la secundaria, a efectos de evitar cortocircuitos. Para alimentar equipamientos de estado sólido ello no es posible por las siguientes razones:

- las interrupciones de potencia son prolongadas,
- los arcos producidos durante las transferencias son una fuente intensa de radiaciones y de ruidos eléctricos,
- la conmutación descontrolada puede producir importantes transitorios de corriente, y
- los conmutadores electromecánicos no pueden alcanzar altas velocidades de switcheo.

Por tal motivo, para conmutaciones en Corriente Alterna con tiempos de switcheo de varios microsegundos se introdujeron los rectificadores de estado sólido en base a silicio (SCR) . Los controladores más modernos tienen dispositivos incorporados que no se ven afectados por condiciones de tensión cero menores a 8 ms.

Los conmutadores de estado sólido que se aplican a cargas sensitivas incluyen censores de fallas en la fuente preferida de alimentación que permiten la transferencia a la fuente alternativa manteniendo las relaciones de fases, restableciendo la tensión rápidamente para evitar malfuncionamientos. La transferencia se efectúa sin producir arcos.

Los PLC's son los dispositivos que más se benefician con este tipo de equipos. Los PLC's son sistemas lógicos que constan de un procesador y tarjetas de entrada - salida alimentadas por una o mas fuentes de corriente continua. Estas tarjetas tienen tiempos típicos de respuesta de 10 a 25 ms, por lo que no se ven afectados por ausencias de tensión de 6 ms.

Generalmente, las tarjetas analógicas de entrada están conectadas a sensores o transductores alimentados desde fuentes de corriente continua protegidas contra disturbios.

La lógica de las tarjetas de salida también suele estar alimentada en corriente continua, que no se ve afectada por perturbaciones. Existen tarjetas de salida que conmutan corriente alterna y que requieren estudios mas profundos.

Adicionalmente, el empleo de reguladores ferroresonantes limita la corriente en caso de cortocircuitos, proveyendo una protección adicional.

Como respuesta a los deseos de los consumidores de contar con una solución completa para todos los problemas de Calidad de la Energía compactadas en un solo equipo, en los últimos años se desarrolló el concepto de "Acondicionadores de Línea" o "Acondicionadores de Potencia". Los mismos incluyen el tablero de distribución y los elementos de diagnóstico.

El objetivo de los Acondicionadores de Línea es modularizar o combinar varias funciones de acondicionamiento del potencia tales como aislamiento, regulación de tensión y distribución a través de un tablero del tablero correspondiente.

Los tipos más comunes incluyen Transformadores con Blindaje de Aislación, especiales para acondicionamiento de líneas. Estos equipos cuentan con reguladores de tensión ferroresonantes con un rango de regulación +10% / -20% y tableros de distribución, incorporados o en grupos exteriores.

Otros desarrollos pueden incluir Filtros de Ruidos y simples Supresores de Perturbaciones. Los Supresores de Transitorios de Tensión están incluidos en la salida de los Acondicionadores de Línea que atienden cargas múltiples.

Consiste en determinar el método más eficiente para acondicionar el sistema de potencia, para ello se considera en primera instancia los requerimientos de potencia limpia de las computadoras y otros equipos así como las características de los problemas posibles (severidad y extensión de los mismos).

Posteriormente se considera la efectividad de cada tipo de acondicionador de potencia para resolver los problemas examinados y, finalmente se analiza el costo y la efectividad de cada tecnología disponible.

Los requerimientos de los equipos electrónicos sensibles, en términos de alimentación de energía limpia, se pueden obtener de los fabricantes de dichos equipos. En general, estos requerimientos se ajustan a las normativas CBEMA, aunque algunos equipos permiten mayores tolerancias que otros en el control de potencia. Asimismo, se debe evaluar la gravedad de ocurrencia de posibles errores y crash del sistema de computación.

La calidad de la alimentación se puede determinar en base a la experiencia previa de monitoreo de la potencia en los locales con computadoras, empleando instrumentos capaces de registrar transitorios y variaciones de voltaje.

Combinando las necesidades de potencia, de garantizar la continuidad de operación de los equipos y las imperfecciones admisibles en el suministro, se puede definir los requerimientos del sistema de acondicionamiento de potencia.

El estudio mencionado revela la frecuencia de ocurrencia de varios tipos de fallas, analizando la efectividad de los acondicionadores sobre cada una de ellas

La comparación de efectividad es solo uno de los pasos para elegir la tecnología de equipo más adecuada. Se debe considerar el costo de las mismos, tanto en su valor propiamente dicho como en el costo anual de mantenimiento y el costo de la energía resultante, considerando las pérdidas que ocurren con cargas parciales. Todo ello permite una comparación realista entre las diferentes marcas y tecnologías.

Si sólo se considera la performance, la elección suele recaer en una UPS; si sólo se considera el costo la elección recae en un supresor de transitorios de pico, pero este equipo solo resuelve unos pocos problemas por lo que raramente se emplea en forma aislada.

Si se considera la relación costo - beneficio un transformador con blindaje de aislación suele ser la mejor elección.

La única tecnología totalmente efectiva es la combinación de una UPS con un generador que suministre energía antes que las baterías se agoten.

Si el costo de salida de servicio de los equipos productivos es elevado y los equipos electrónicos son críticos para su operación, la UPS es la única solución aceptable.

Si se cuenta con alimentación desde dos vías (por ej, desde dos distribuidoras diferentes) se puede emplear un sintetizador magnético (de baja eficiencia a cargas parciales) combinado con un desconectador en paralelo, como una alternativa efectiva a las UPS.

En síntesis, la decisión consiste en emplear el sistema más efectivo al menor costo, pero el problema se complica debido a que no existen dos instalaciones con similares requerimientos.

La gran mayoría de los problemas de energía se originan dentro de las instalaciones. Las máquinas y equipos de oficina ocasionan un sinnúmero de anormalidades que actúan como un arma mortal para los equipos electrónicos sensitivos.

Los cables de corriente alterna no son los únicos culpables, las líneas de comunicación -- teléfono, video, redes de computadoras, etc. -- también son rutas de transmisión.

La instalaciones son vulnerables en un gran número de frentes, lo que hace necesaria una estrategia coordinada para garantizar la calidad de la energía, que incluye:

Primer Paso: El principal énfasis se debe poner en las líneas comunes del edificio, tanto de potencia como de telecomunicaciones; es allí donde las instalaciones están más expuestas a potenciales problemas -- descargas atmosféricas, fallas de las distribuidoras, etc. Por este motivo, deben instalarse dispositivos de protección de transitorios en todos los servicios de entrada del edificio.

Segundo Paso: Cada piso o apartamento debe contar con elementos de protección para eliminar cualquier disturbio remanente que haya pasado por las protecciones de los servicios de entrada.

Tercer Paso: Los componentes sensitivos (computadoras, equipos de control de procesos, etc.) deben contar con sus propias medidas de protección.

Se debe tener presente que si se instala un dispositivo de protección en un componente (como ser en una red de PC), se debe instalar protecciones en todos los equipos del mismo sistema. De otro modo, las variaciones en el potencial de tierra pueden dañar los componentes que no tengan protección.

Los servicios vinculados a la Calidad de la Energía incluyen análisis en el lugar, análisis del resultado de las mediciones y resolución de problemas. Otros servicios pueden incluir la emisión de procedimientos para la prevención, identificación y resolución de estos problemas. T

Gracias a la tecnología y al software disponible actualmente, el monitoreo de la Calidad de la Energía es altamente efectivo para detectar, resolver y aún prevenir problemas en los sistemas de potencia. Los sistemas de monitoreo no sólo pueden proporcionar información acerca de las perturbaciones en los sistemas y sus posibles causas, sino que pueden detectar condiciones de problemas en el sistema antes de que lleguen a provocar malfuncionamientos o fallas en los equipos.

Entre las principales ventajas del monitoreo se pueden mencionar:

- Reducción de riesgos,
- Reducción de esfuerzos de ingeniería y
- Mayor eficiencia en los procesos.

Monitoreo y Análisis de la Calidad de la Energía	Cap. 5
Generalidades	Pág. 1/14

Los servicios vinculados a la Calidad de la Energía incluyen análisis en el lugar, análisis del resultado de las mediciones y resolución de problemas. Otros servicios pueden incluir la emisión de procedimientos para la prevención, identificación y resolución de estos problemas. T

Gracias a la tecnología y al software disponible actualmente, el monitoreo de la Calidad de la Energía es altamente efectivo para detectar, resolver y aún prevenir problemas en los sistemas de potencia. Los sistemas de monitoreo no sólo pueden proporcionar información acerca de las perturbaciones en los sistemas y sus posibles causas, sino que pueden detectar condiciones de problemas en el sistema antes de que lleguen a provocar malfuncionamientos o fallas en los equipos.

Entre las principales ventajas del monitoreo se pueden mencionar:

- Reducción de riesgos,
- Reducción de esfuerzos de ingeniería y
- Mayor eficiencia en los procesos.

Cada tipo de perturbación está caracterizada por determinadas “magnitudes típicas”. Por lo tanto, para poder obtener conclusiones válidas, es necesario conocer cual es la que caracteriza a cada uno de ellas.

Las correspondientes a los principales problemas de Calidad de la Energía son:

1. Análisis de datos de Transitorios

Los Transitorios se caracterizan normalmente por su forma de onda instantánea, aunque una descripción sumaria de los mismos incluye otros parámetros como ser:

- Magnitud Pico.
- Frecuencia Primaria.
- Tiempo de Ocurrencia.
- Tasa de Crecimiento.

Cuando convivimos con grandes cantidades de datos es preferible mostrar la información de todos los eventos en un único tipo de gráfico. Quizás la mejor forma de ver la información sobre magnitudes pico en transitorios es con un gráfico de barras, como se observa en la Figura 5.1:

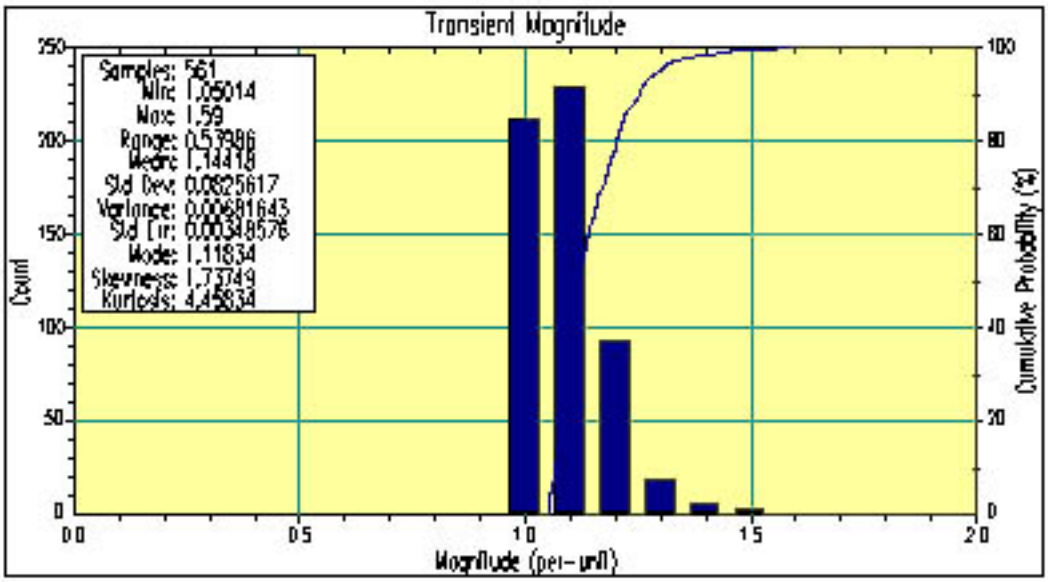


Figura 5.1

En este gráfico de barras existe información de gran valor. El sector de datos indica el mínimo y el máximo pico de tensión medidos, en pu.

Otra información estadística que se observa en el sector de datos es la sumatoria de cada evento, que puede ser representada como probabilidad acumulativa sobre el eje Y. Empleando la curva de probabilidades acumulativas, se puede determinar que el 80% de los 561 transitorios registrados tuvieron un pico de tensión menor que 1.3 pu.

Otra posibilidad interesante que involucra a los transitorios es el gráfico de barras con los tiempos de ocurrencia, que puede ayudar a determinar el tipo de transitorio presente en el sistema.

2. Análisis de datos en casos de Variaciones en la Tensión Eficaz (RMS)

Las variaciones de la Tensión Eficaz (RMS) están generalmente caracterizadas por el valor RMS a lo largo del tiempo o por la magnitud mínima de la tensión durante el evento vs. la duración del evento.

En la Figura 5.2 se observa la evolución en el tiempo de la tensión RMS (graficada en un período de 24 horas).

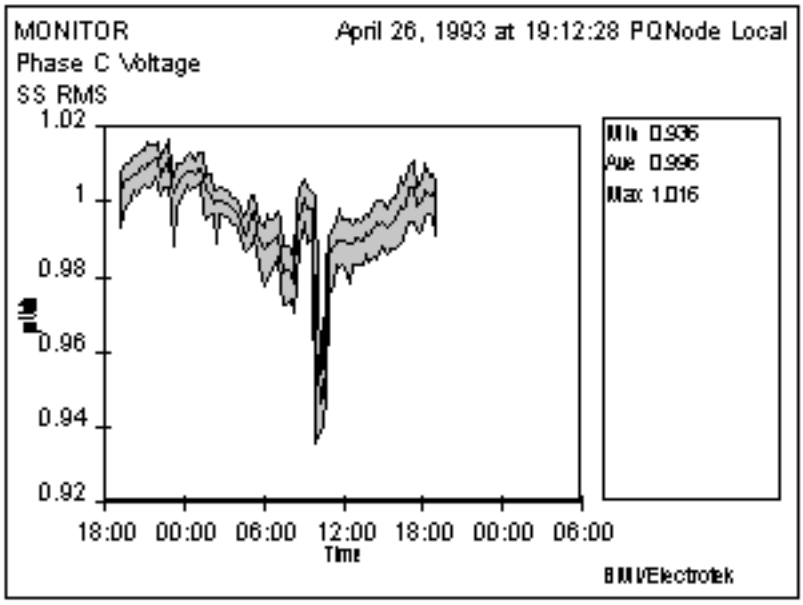


Figura 5.2

Este método es apropiado para determinar los lugares de ocurrencia y los eventos individuales; pero cuando todo el sistema está involucrado, es preferible observar un rango de eventos (ej. un mes, un año, etc.) para múltiples sitios.

Otro método para graficar ente tipo de datos es un gráfico de barras tridimensional donde se contabilicen las variaciones en la magnitud y su duración en el tiempo.

3. Análisis de datos en casos de Armónicas

El matemático Fourier presentó una tesis en 1812 por la cual una onda periódica deformada se puede estudiar como suma de ondas sinusoidales o Armónicas de distintas frecuencias, múltiplos de la onda senoidal de la frecuencia fundamental. Este método es el que aún hoy se aplica para el análisis de Armónicas. Las magnitudes típicas para estas perturbaciones son:

Componente Fundamental*.* La componente de orden uno (50 Hz) de la serie de Fourier de una cantidad periódica.

Componente Armónico*.* Componente de orden mayor que uno de la serie de Fourier de una cantidad periódica. Representa la amplitud de cada armónica individual (an) expresada como porcentual de la fundamental (a1).

Distorsión Armónica Total *(Dt ó THD).* Expresa el disturbio global presente y se define como la relación de la raíz cuadrada del Contenido Armónico a la raíz cuadrada de la Cantidad Fundamental, expresada en % de la fundamental. Con la Ecuación siguiente se puede calcular el valor Dt de tensión.

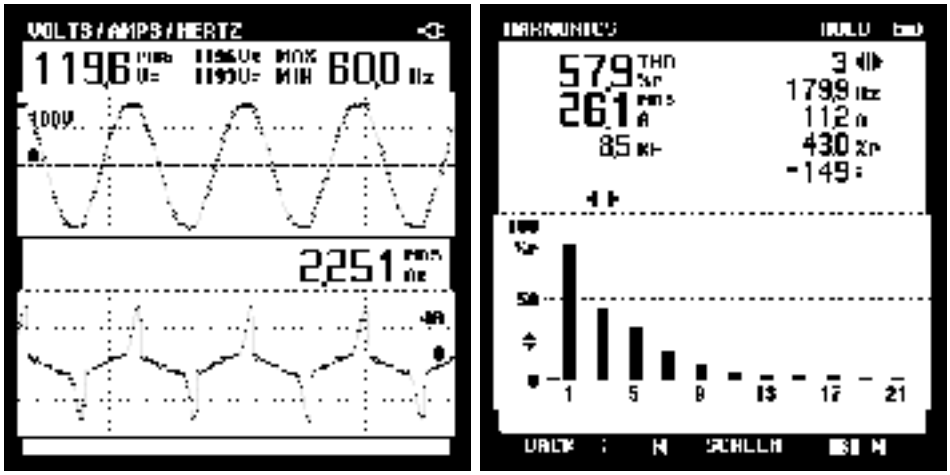
$$D_t = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} D_n^2} = 100\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a_n}{a_1}\right)^2}$$

Número Armónico*.* El número entero dado por la relación de la frecuencia de una Armónica a la frecuencia fundamental.

Cuando tratamos con Armónicas la distorsión de tensión es generalmente la magnitud más importante, ya que es la que afecta a las cargas conectadas. Los motores de inducción se vuelven menos eficientes debido al torque negativo producido por las secuencias de Armónicas negativas de

tensión, y los circuitos digitales fallan debido a los pasajes adicionales por el cero debidos a variaciones severas de tensión.

En la Figura 5.3 se pueden ver las formas de onda de tensión y corriente, que de por sí solas no muestran el contenido Armónico, y en la Figura 5.4 el análisis del espectro, que muestra las amplitudes de cada espectro individual.



Figuras 5.3 y 5.4

Pero estos valores solo son válidos para un momento determinado, por lo que se hace necesario analizar la tendencia, es decir el contenido Armónico vs. tiempo.

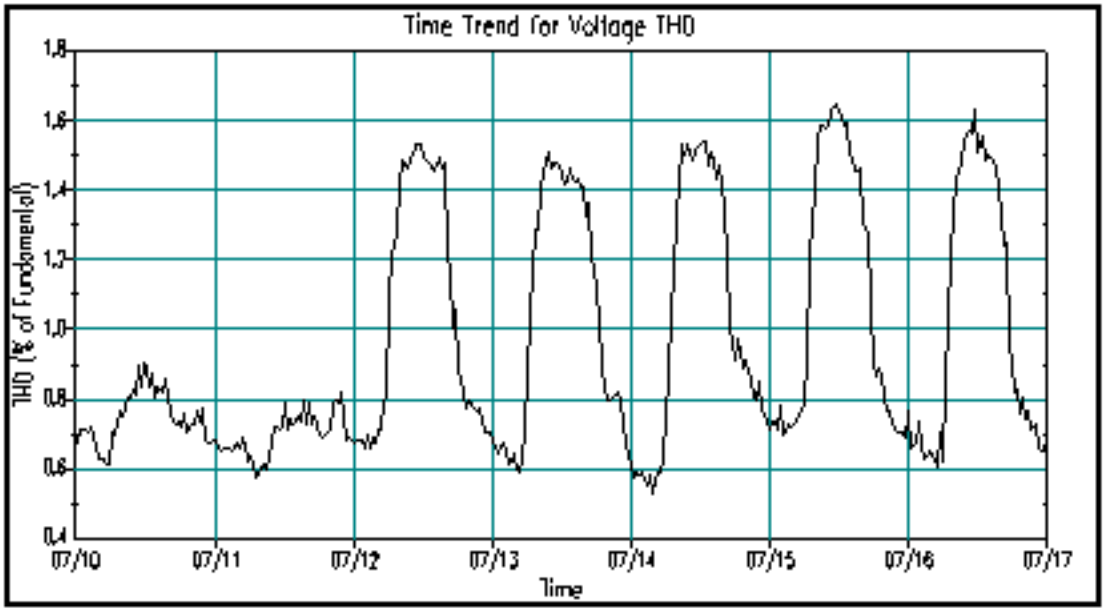


Figura 5.5

Como se puede ver en la Figura 5.5, las distorsiones de tensión de esta instalación aumentan y decrecen a lo largo de los días y las semanas. En particular, la distorsión de tensión en los fines de semana es menor que la distorsión de tensión a través de la semana. Esto indica que el proceso generador de Armónicas no está presente en el sistema durante los fines de semana. Se puede observar también que se producen Armónicas repetitivas a lo largo del día, comenzando temprano en las mañanas y finalizando por las tardes (horario normal de trabajo).

Este tipo de gráfico es normalmente aceptado para graficar el THD de tensión, pero no para corrientes Armónicas. Las corrientes cambian de acuerdo a la variación de las cargas, y el valor THD sufre pequeñas modificaciones. Ello significa que las corrientes se deben graficar de otra forma.

En la Figura 5.6 se ilustran las corrientes Armónicas presentes en la entrada de servicio de una instalación industrial (histograma de corrientes Armónicas para cuatro meses). Utilizando este tipo de gráfico, se puede ver que hay dos tipos distintos de corrientes Armónicas entrando a la instalación.

Una centrada alrededor de 6 ampere RMS y la otra alrededor de 10 ampere RMS.

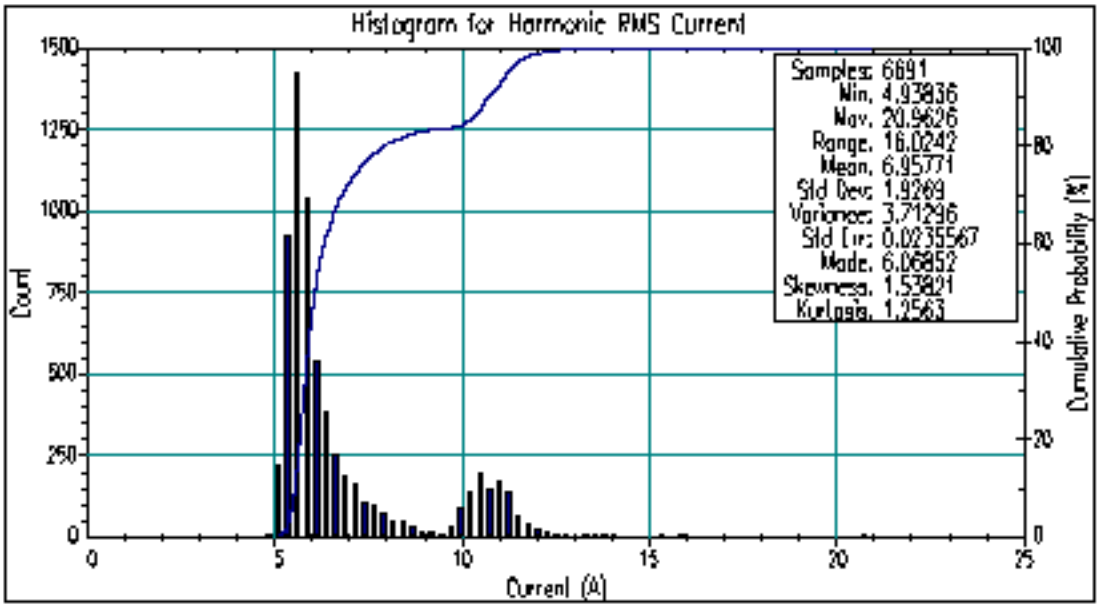


Figura 5.6

Los tipos de instrumentos habitualmente empleados son:

- Multímetros
- Osciloscopios
- Perturbógrafos o Analizadores de Perturbaciones
- Analizadores de Espectro y Analizadores de Armónicas
- Instrumentos combinados para Análisis de Perturbaciones y de Armónicas.

Los instrumentos térmicos se aplican en cargas resistivas, censando el calor generado, permitiendo obtener valores RMS verdaderos, pero tienen la desventaja de que el valor se consigue muy lentamente en el tiempo.

Los instrumentos analógicos también pueden obtener mediciones RMS verdaderas, pero son complejos, lentos y de un uso limitado.

Los instrumentos electrónicos permiten obtener los valores RMS verdaderos mediante microprocesadores, muestreando la señal de entrada a alta velocidad, generalmente 100 veces la mayor frecuencia Armónica. Por ejemplo, para medir la Armónica 25ta. (a frecuencia de 1500 Hz.) la tasa de muestreo debe ser de alrededor de 150000 veces por segundo.

Luego de los ensayos iniciales sobre integridad de cableado, es necesario efectuar chequeos rápidos de los niveles de tensión y/o corriente dentro de una instalación. Las sobrecarga de circuitos, problemas de baja y sobre tensión y desbalances entre circuitos, se pueden detectar de la misma manera. Estas mediciones requieren de un simple multímetro, y las señales a chequear son:

- Tensión entre fase y tierra.
- Tensión de fase a neutro.
- Tensión de neutro a tierra.
- tensión de fase a fase.
- corrientes de fase.
- corrientes de neutro.

El factor más importante a considerar cuando se selecciona y emplea un multímetro es el método de cálculo que emplea en la medición. Los equipos comúnmente empleados están calibrados para suministrar el valor RMS de la señal medida; pero existen diferentes métodos para calcular este valor, los tres mas comunes son:

1. **Método de Picos:** El instrumento lee el pico de la señal y divide el resultado por 1.414 (raíz cuadrada de 2) para obtener el valor RMS.
2. **Método de Promedios:** El medidor determina el promedio de valores de la señal rectificadas. Para una señal sinusoidal limpia, este valor promedio se relaciona al valor RMS por la constante k=1.1. Este valor k se emplea como escala en todas las mediciones de forma de onda.
3. **Valor RMS verdadero:** El valor RMS verdadero de una señal es una medición del calentamiento que se ocasionará si la tensión se aplica a una carga resistiva. Un método para detectar el valor RMS verdadero consiste en emplear un detector térmico para medir el valor de calentamiento. Los medidores digitales modernos realizan el cálculo digital del valor RMS a través de la raíz de los valores de muestreo, y luego promediándolas en un período, para luego calcular la raíz cuadrada del resultado.

Estos diferentes métodos brindan el mismo resultado para una señal limpia (sinusoidal), pero pueden tener diferencias significativas para señales distorsionadas. Esto es muy importante dado que es común encontrarnos con estas distorsiones, especialmente para las corrientes de fase y de neutro dentro de las instalaciones. La Tabla 5.1 sirve para una mejor ilustración de este punto.

Cada forma de onda en la Tabla 5.1 tiene un valor RMS de 1.0 pu (100.0%). El valor correspondiente medido, para cada tipo de medición, se muestra asociado a su forma de onda respectiva, pre-inicializados al 1.0 pu del valor RMS.

Tipo de Medición	Circuito	Onda Senoidal	Onda Cuadrada	Onda Distors.	Dimmer de luz	Onda Triangular
Método de Pico	Pico / 1.414	100 %	82 %	184 %	113 %	121 %
Promedio	Promedio Seno x 1.1	100 %	110 %	60 %	84 %	96 %
RMS Verdadero	Conversión a RMS	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabla 5.1

En síntesis, sólo los instrumentos que lean valores RMS verdaderos pueden dar una medición correcta para formas de onda no sinusoidales.

Los osciloscopios son de gran ayuda cuando se realizan ensayos en tiempo real. Observando la forma de onda de tensión y corriente se puede conocer bastante sobre lo que está sucediendo, aún sin realizar análisis Armónicos detallados de la forma de onda. Se pueden ver las magnitudes de tensión y corriente, observando las distorsiones obvias y detectando variaciones en las señales.

Existen muchos modelos de osciloscopios entre los que se puede optar. Los de mayor utilidad son los digitales con almacenamiento de datos, debido a que la forma de onda se puede almacenar y analizar.

Los osciloscopios de este tipo suelen permitir también el análisis de la forma de onda (cálculos de energía, análisis espectral, etc.). Asimismo, estos aparatos suelen incluir sistemas de comunicaciones para almacenar los datos de forma de onda en una PC para análisis adicionales por software específicos.

Encontramos en la marca FLUKE dos series de osciloscopios digitales portátiles adecuados para este tipo de mediciones. Si se necesita alta velocidad de muestreo y potencia de análisis se puede utilizar la serie 190 (Figuras 5.7 y 5.8); si el requerimiento es menos exigente, la simplicidad del "tres en uno" de la serie 123 es el adecuado.

Para aplicaciones exigentes los osciloscopios digitales de alta performance ScopeMeter serie 190 (Figuras 5.7 y 5.8) ofrecen especificaciones típicas de instrumentos de banco de alta complejidad. Con anchos de banda de 60, 100 y 200 MHz; de hasta 2.5 GS/s (2.5 Giga muestras por segundo) de muestreo en tiempo real y una capacidad de memoria de 27500 puntos por canal, son ideales para técnicos e ingenieros quienes necesitan todas las prestaciones de un osciloscopio de alta performance pero transportable y operado a baterías. Esta serie incluye un multímetro de verdadero valor eficaz de 5000 cuentas.

Figura 5.7 y 5.8

Estas especificaciones permitirán al usuario realizar mediciones más confiables y en menor tiempo, y obtener los datos necesarios para la solución de los problemas. Permiten ver formas de onda complejas sin la necesidad de estar ejecutando operaciones desde el panel frontal. Toda variación posterior en la señal, ya sea en amplitud y / o en tiempo se detectan e interpretan por el instrumento, realizando este los ajustes de sus atenuadores, de su base de tiempo y del modo de disparo, para permitir su correcta visualización.

Este tipo de osciloscopio almacena en forma continua las últimas pantallas visualizadas , permitiendo de esta manera al usuario revisar y analizar minuciosamente los datros obtenidos en la medición, con la ventaja de poder volver a verlas en forma continua o una por vez, expandiéndola y adicionándole cursores (Figura 5.9).

Figura 5.9 y 5.10

Para los usuarios que trabajen con referencia de tiempo se puede utilñizar el reloj en tiempo real (Figura 5.10 Y 5.11).

La comunicación a PC se puede realizar vía RS232 acoplada ópticamente, lo que asegura el no cerrar lazos de masa a través de la vía de comunicación entre el instrumento y la PC (Figura 5.12).

Figura 5.11 y 5.12

Los modelos compactos constituyen una solución para la localización de fallas en la industria e instalaciones. Son herramientas integradas por un osciloscopio de 20 MHz de ancho de banda, un multímetro digital de 5000 cuentas y un registrador continuo sin papel de dos canales. Permiten respuestas rápidas a problemas en máquinas - herramientas, instrumentación, control y sistemas de potencia.

Los **Perturbógrafos** o **Analizadores de Perturbaciones** constituyen una categoría de instrumentos desarrollados específicamente para mediciones de la Calidad de la Energía. Pueden medir una amplia variedad de perturbaciones en el sistema, desde transitorios de tensión de muy corta duración hasta bajo tensiones o interrupciones de suministro.

Se puede configurar las tolerancias de los instrumentos para registrar disturbios por un período de tiempo determinado. La información generalmente se registra en papel, pero muchos dispositivos permiten también guardar los datos en disco.

Existen básicamente dos categorías de estos dispositivos:

1. **Analizadores convencionales,** que suman información acerca de eventos de una determinada característica, como Baja o Sobre-tensiones, tanto en magnitud como en duración.
2. **Analizadores gráficos,** que guardan e imprimen la forma de onda actual junto con la información descriptiva que puede ser generada con los analizadores convencionales.

Generalmente es difícil determinar las características de una perturbación o un transitorio en base a la información sumaria obtenida con un perturbógrafo convencional.

Por ejemplo, un transitorio oscilatorio no se puede describir adecuadamente por un pico y su duración; por lo tanto, es necesario disponer de capacidad para capturar la forma de onda en un analizador de perturbaciones para un análisis detallado de la calidad de la energía. No obstante, un simple analizador de perturbaciones puede ser apto para un chequeo inicial y para la localización del problema.

Registrador de eventos:

Para un análisis simple de las perturbaciones de líneas se utilizan registradores de eventos, como el VR 101S de Fluke (Figura 5.13), apto para el análisis de las perturbaciones en la red de baja tensión. Este sistema permite capturar subidas y caídas (en nivel y duración), transitorios (simples, múltiples, entre fase y neutro, entre neutro y tierra, su posición relativa en la onda senoidal), cortes (ausencia de varios ciclos de la señal) y variaciones de frecuencia de la tensión de red

Normalmente se los instala en aquellos tomacorrientes en los que se conectan las cargas más sensibles. Todos estos datos se almacenan con el correspondiente registro de tiempo. Estos equipos suelen estar conformados por el registrador de eventos, un cable de interfase óptico y el software necesario, permitiendo obtener información sobre la calidad de la energía.

Figura 5.13

La capacidad de registro suele estar en el orden de los 4000 eventos, definiendo evento a todo aquel que supere la configuración dada previamente. El software permite emitir un informe de lo sucedido en la línea a través del análisis de dichos eventos.

Site Report - SN F10189

Status | Events

Event #	Start Time	Event	Extreme	End time/Duration/Degree
99	12/1/97 11:30:08 AM	Outage	0 Vrms	05:36:24
98	12/1/97 11:30:08 AM	N-G Swell	11 Vrms	1.0 cycles
97	12/1/97 4:41:28 PM	H-N Sag	103 Vrms	1.5 cycles
96	12/1/97 10:54:16 AM	1 N-G Transient	+175 Vp	44°
95	11/26/97 5:23:36 PM	1 H-N Transient	+331 Vp	196°
94	11/25/97 8:38:00 PM	4 N-G Transients	+819 Vp	290°
93	11/25/97 9:02:24 AM	H-N Sag	103 Vrms	00:00:16
92	11/24/97 6:08:16 PM	1 H-N Transient	+865 Vp	94°
91	11/24/97 8:28:56 AM	1 H-N Transient	+156 Vp	190°
90	11/23/97 9:05:44 PM	H-N Sag	99 Vrms	5.0 cycles
89	11/21/97 4:45:52 PM	1 H-N Transient	+635 Vp	0°
88	11/19/97 9:52:48 AM	Outage	0 Vrms	03:25:36

Figura 5.14

Cumple con las normativas de seguridad IEC 1010-1 CAT III 300V que se describen en capítulos sucesivos.

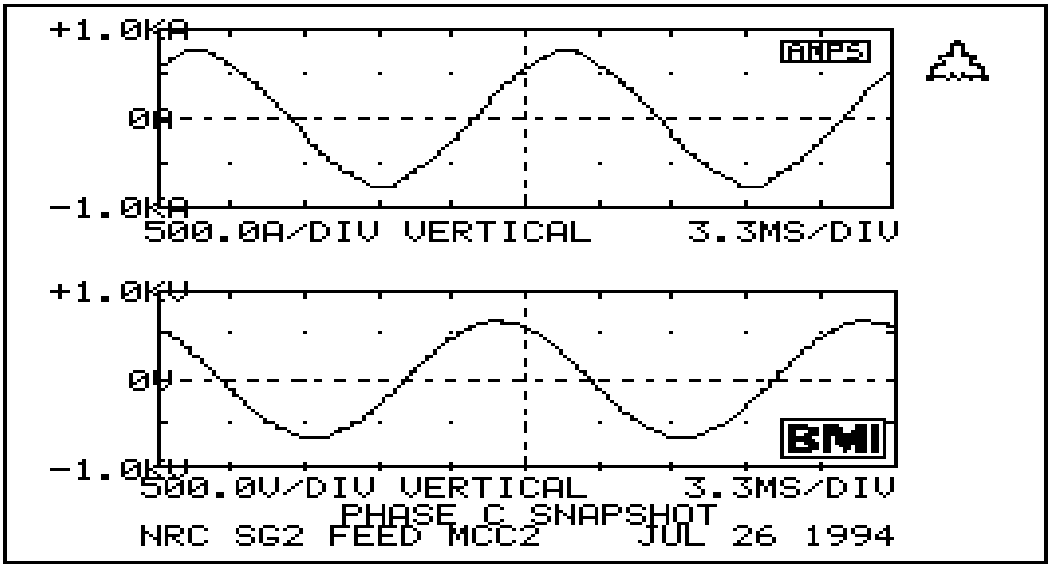
Los instrumentos para el análisis de perturbaciones tienen una muy baja capacidad para el análisis de Armónicas. Algunos de los analizadores más potentes incluyen un módulo que permite calcular rápidamente las Transformadas de Fourier para determinar el menor orden de Armónicas.

Por lo tanto, las mediciones de Armónicas requieren de instrumentos diseñados para el análisis espectral o el análisis de Armónicas. Los mas potentes incluyen:

- Capacidad para medir en forma simultánea tensión, corriente y el contenido de Armónicas.
- Capacidad para medir ambas magnitudes y el ángulo de fase de cada componente Armónica individual (también necesaria para el cálculo de potencia).
- Sincronización y alta tasa de muestreo para la adecuada medición de componentes Armónicas, como mínimo hasta la Armónica 51 (este requerimiento es una combinación de elevada tasa de muestreo y los intervalos de muestreo basados en el de 50 Hz o fundamental).
- Capacidad de caracterizar la naturaleza estadística de los niveles de distorsión Armónica (cambios en los niveles de Armónicas con cambio en las condiciones de carga y en las condiciones del sistema).

Existen tres categorías básicas de instrumentos a considerar para el análisis de Armónicas:

1. **Medidores Simples.** Muchas veces es necesario efectuar un chequeo rápido de los niveles de Armónicas que ocasionan un determinado problema. En estos casos es ideal un equipo simple y transportable. Están basados en un micro procesador que calcula las Armónicas individuales hasta la de orden 51; así como el valor RMS, la Distorsión Armónica Total (THD), y el Factor de Influencia Telefónica (Telephone Influence Factor ó TIF). Este último es similar al THD excepto que está basado en la sensibilidad del oído humano para proveer una mejor medición del potencial de interferencia en los circuitos de comunicación por voz. Los instrumentos más simples emplean un circuito analógico para filtrar la salida a 50 Hz para calcular el valor de THD.
2. **Analizadores de Espectro de Propósito General.** Los instrumentos de esta categoría están diseñados para efectuar análisis de espectro de forma de onda para una amplia variedad de aplicaciones. La ventaja de estos instrumentos es su gran potencia de medición a precios razonables dado que están diseñados para aplicaciones en el mercado masivo. La desventaja es que no están diseñados específicamente para muestreos de forma de onda de 50 Hz y, por lo tanto, deben ser usados con cuidado para asegurar la precisión del análisis de Armónicas. Existe una amplia variedad de instrumentos de esta categoría.
3. **Analizadores Específicos para Armónicas**. Al igual que en el caso anterior existe un gran número de instrumentos de estas características, cuyos resultados son del tipo de los representados en la Figura 5.15. Tienen tasas de muestreo específicamente diseñadas para determinar el Componente Armónico de las señales de potencia. Suelen incluir además medios de comunicaciones para el monitoreo remoto.



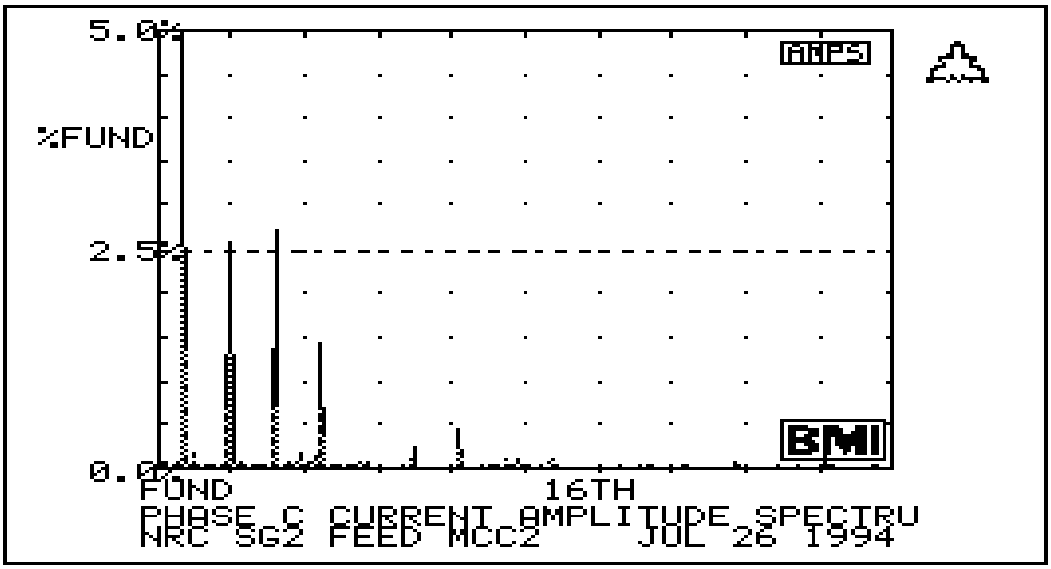


Figura 5.15

Los requerimientos mínimos para los analizadores de Armónicas incluyen:

- Posibilidad de medición simultánea de tensión y corriente así como contenido de Armónicas.
- Muestreo de la forma de onda en forma sincronizada con la frecuencia fundamental, para permitir el cálculo adecuado de los ángulos Armónicos de fase.
- Tasas de muestreo suficientes para determinar hasta la Armónica 51 o superior.
- Alta resolución en la conversión analógica - digital. Ello es necesario debido a que los elevados valores de las Armónicas de tensión y corriente son generalmente varios ordenes de magnitud menores que las lecturas a fondo de escala de los instrumentos.

Las distorsiones Armónicas son fenómenos continuos; se pueden caracterizar en un punto en el tiempo por la frecuencia espectral de tensión y corriente. Por lo tanto, para obtener representaciones adecuadas, las mediciones sobre un período de tiempo deben ser realizadas por una caracterización estadística de sus componentes Armónicos y por la distorsión total determinada

Los instrumentos mas recientes combinan el muestreo de Armónicas y el monitoreo de las funciones de energía permitiendo el control de todas las fuentes de disturbios. La salida suele ser gráfica y los datos se pueden monitorear en forma remota mediante líneas telefónicas comunicadas a una Base de Datos centralizada. Con esos datos se pueden obtener análisis estadísticos. Los datos están también disponibles para su entrada y manipulación por otros programas como hojas de cálculo y otros procesadores gráficos.

Entre los instrumentos disponibles en plaza se puede mencionar al Analizador de Calidad de Energía eléctrica modelo FLUKE-43 (Figura 5.16), que permite medir parámetros tales como tensión, corriente, potencia, Armónicos, etc., es decir que permite realizar un diagnóstico eficaz de las instalaciones.

Figura 5.16

Son aptos para la medición de Armónicos de tensión, corriente y potencia hasta el 51además de la Distorsión Armónica Total ó THD; tambien nos indican el ángulo de fase de los diferentes Armónicos (Figura 5.17).

Figura 5.17

Pueden ser analizados los valores de: factor de potencia total, factor de potencia (**cos** φ), potencias activa (W), reactiva (VAR) y aparente (VA) y formas de onda de tensión y corriente (Figura 5.18).

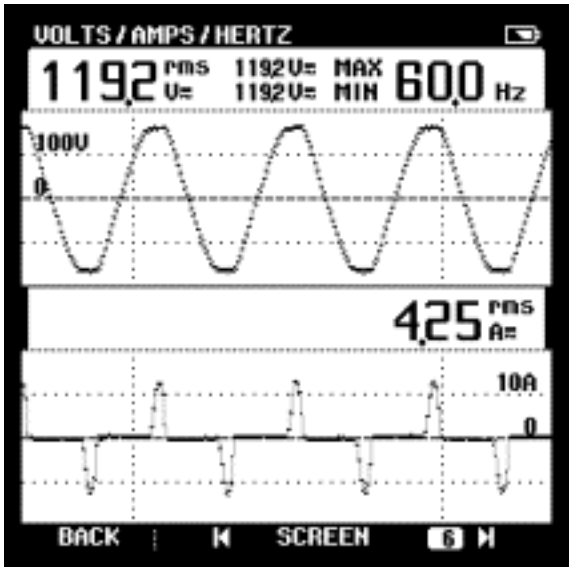
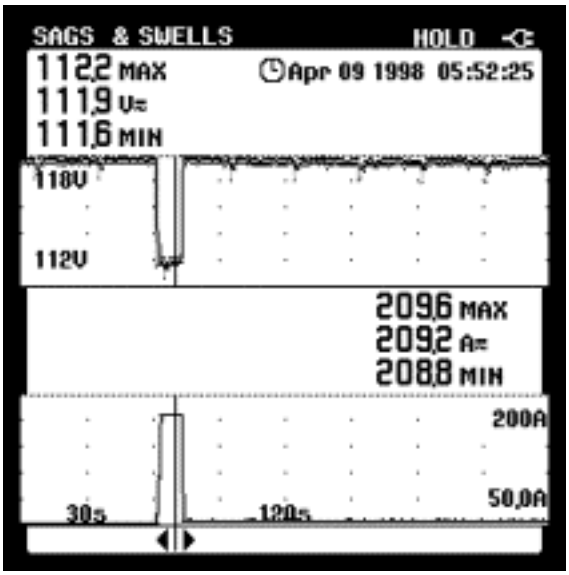


Figura 5.18

Para los problemas intermitentes en los cuales se requiera un registro en el tiempo de las posibles fallas (como ser bajas de tensión, entrada y salida de servicio de maquinaria). Estos instrumentos brindan una medida continua en tensión y en corriente ciclo a ciclo durante un periodo de tiempo determinado y la posibilidad de tener hora y fecha de los eventos con la ayuda de los cursores (Figura 5.19).



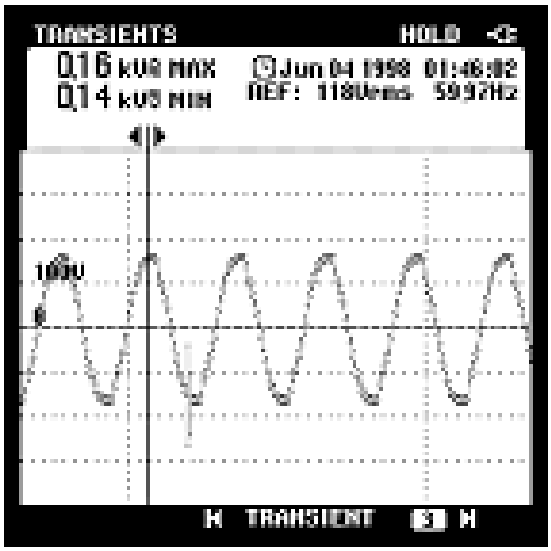


Figura 5.19 y 5.20

El avance en las comunicaciones, los sistemas de control, los computadores y sus componentes permitió la creación de un "Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos", conocido como SCADA por sus siglas en ingles.

Estos sistemas se pueden aplicar, además del control de redes eléctricas, para agua, telecomunicaciones, transporte y otras aplicaciones.

La firma MOTOROLA desarrolló es sistema MOSCAD, que es uno de los mas avanzados en la materia, y cuyas características se observan en las Figuras 5.21 al 5.23.

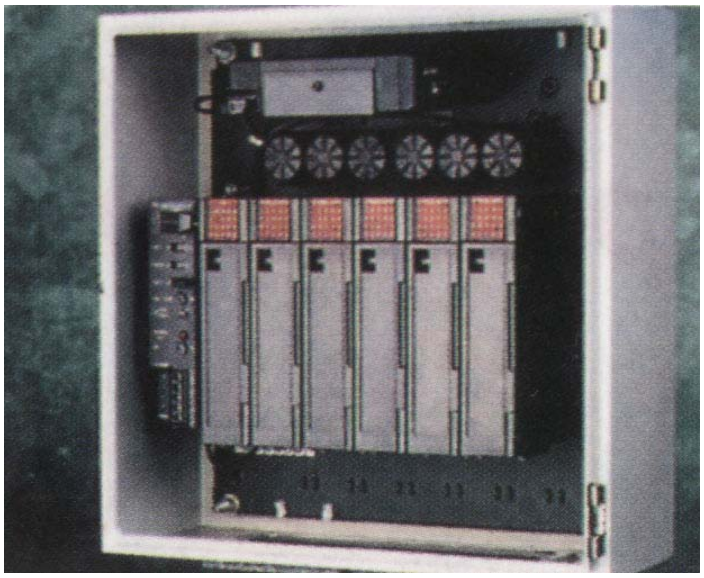


Figura 5.21 al 5.23

Los modernos sistemas SCADA, presentan características como las siguientes:

- Unidades Remotas de Terminal (RTU's) inteligentes, modulares, fáciles de instalar y de utilizar.
- Soluciones de avanzada de ingeniería con una impresionante versatilidad de comunicaciones.
- Sistema on-line de diagnóstico remoto, que simplifica el mantenimiento y garantiza años de funcionamiento fiable del sistema.
- Posibilidad de carga a distancia , en ambos sentidos, de programas de aplicación, ases de datos y parámetros, a través de los enlaces de comunicaciones.
- Software específico, en función de las necesidades de cada usuario, para realizar las

siguientes funciones:

- Configuración para cada emplazamiento y para la red.
- Base de datos mediante símbolos fácilmente comprensibles por parte del usuario.
- Vigilancia y comprobación de los programas de aplicación de los RTU's.
- Comprobación y calibración del hardware
- Diagnósticos y estadísticas del sistema
- Diversos protocolos de transmisión

El proceso de auditoria de la Calidad de la Energía requiere de cuatro pasos. Ellos son:

1. Inventario de líneas y equipos:

Se comienza con un diagrama a mano alzada de la instalación, donde se indica la localización aproximada de todas sus secciones importantes. El diagrama ayudará al auditor en la localización relativa de cada equipamiento eléctrico y de los principales circuitos.

Luego se puede proceder al inventario físico. Se debe asegurar que los formularios tengan espacios suficientes para todos los datos a registrar, como ser:

- Área física y localización de cada pieza de equipo,
- Nombre y descripción de los equipamientos,
- Placas con datos eléctricos (si se requieren),
- Tableros eléctricos y circuitos que alimentan a los equipos, y
- Síntomas y frecuencia de los problemas operativos

Caminando a través de la instalación se puede efectuar una lista de cada pieza de los equipos eléctricos empleados. Se debe incluir en la misma tanto a los grandes motores eléctricos como a los pequeños dispositivos electrónicos. Esta información ayudará para aislar cargas críticas que puedan causar problemas a otros equipamientos eléctricos, como motores, fotocopiadoras y enfriadores de agua.

Muchos tableros están identificados con las cargas que sirven, pero otros no lo están. Se debe verificar que las etiquetas no contengan errores. Si los tableros no están etiquetados, o los diagramas de cableado no son correctos o no están disponibles, es un buen momento para actualizarlos.

Se debe estar seguro de que el personal de la instalación (que está familiarizado con equipos eléctricos) esté disponible, y que los electricistas de la instalación tomen la precaución de operar los interruptores.

2. Registro de Problemas:

El segundo paso para dirigir una auditoria de Calidad de la Energía es registrar los síntomas para cada pieza de equipo. Es una buena práctica involucrar al personal que opera los equipos dado que que suelen tener una amplia información sobre los problemas actuales y pasados.

En los formularios de inventario se debe registrar cada síntoma y su frecuencia de aparición. Estos datos ayudarán al auditor a diagnosticar los problemas y proponer las mejores soluciones.

3. Examen de los Circuitos y del Cableado:

El tercer paso para conducir una auditoria es revisar el sistema de cableado, que suele ser el origen de muchos de los problemas.

Se comienza desde los tableros y se recorre los circuitos hasta los diferentes equipos. Se debe chequear todas las conexiones para asegurarse de que estén correctamente realizados.

En el caso de que se requiera el diagnóstico de los equipos, ello debe incluirse dentro de esta etapa del proceso de auditoria. Los problemas o síntomas relevados determinarán el tipo de instrumentos que se requiera emplear. Esta parte del proceso de auditoria requiere trabajar en las cercanías de equipamientos energizados, por lo que se debe recordar las medidas de seguridad.

4. Determinación de los Síntomas y las Soluciones.

El cuarto paso consiste en proponer una solución apropiada y económica para los problemas identificados en los pasos anteriores; siendo las soluciones mas usuales las que se incluyen en la Tabla 5.2:

Rubro	Propuesta
Soluciones de cableado	1. Rehacer las conexiones eléctricas, 2. Incremento en la sección de los conductores de acuerdo a los requerimientos de las cargas y lo indicados en los códigos, 3. Actualización de las Puestas a Tierra de la Instalación, y 4. Aislamiento de los equipos afectados de los equipos que causan problemas.
Equipos para solucionar los problemas	1. Dispositivos supresores de transitorios de tensión, 2. Reguladores de Tensión, 3. Transformadores aislados para alimentar equipamientos específicos de la instalación, y 4. Baterías de respaldo para garantizar la continuidad operativa de las computadoras y equipos críticos.

Tabla 5.2

Generalmente, la solución a los problemas de Calidad de la Energía involucra la combinación de la actualización del cableado y el agregado de equipos de corrección. En algunos casos, suele ser mas efectivo y económico la instalación de equipos para contrarrestar los problemas que el recableado total o parcial.

Antes de realizar mediciones se debe conocer los riesgos que ellas pueden traer aparejadas, los hábitos de seguridad y las normativas vigentes para los mismos:

Los riesgos de descargas se dividen en dos categorías:

- Errores del operador.
- consecuencias del "entorno eléctrico"

Entre los primeros las situaciones mas comunes son:

- Probar medir tensión mientras las puntas de prueba están en los conectores de corriente, dando por resultado un corto circuito. Protección: La medición debe realizarse a través de fusibles de alta energía.
- Contacto con fuente de poder de AC cuando está en modo resistencia o continuidad, prueba de diodos o capacidad. Protección: Debe usarse equipamiento con las puntas protegidas.
- Usar el multímetro por sobre la tensión nominal, por ej. en circuitos de media tensión.

Entre los riesgos debidos al "ambiente eléctrico" podemos mencionar:

- Shock eléctrico por contactos accidentales con componentes vivos.

  La protección en este caso está dada por: doble aislamiento, conectores de entrada apartados, dedos aislados sobre las puntas de prueba.
- Transitorios de alta tensión por ejemplo en iluminación, maniobra de carga (apagado de motores, entrada en servicio de capacitores, etc.)

  La protección está dada por la aplicación de la norma IEC 1010-1, Cat. III 600 ó 1000 V.

Mucha gente piensa que las descargas eléctricas tipo shock (electrocución) son los únicos existentes. En realidad, existen otros tipos de descargas eléctricas originadas por los transitorios de tensión, que pueden originar "arcos" y la "Bolas de Fuego".

Además de las descargas eléctricas hay muchas otras fuentes de transitorios, como ser la conmutación de circuitos electrónicos de potencia, las cargas capacitivas e inductivas, las sobre-tensiones creadas cuando se produce una avería local en una instalación y los cambios que introducen los servicios públicos en determinadas líneas eléctricas. El transitorio por si solo puede no tener suficiente energía para constituir un peligro mortal, pero el hecho de que normalmente sobrepase la tensión nominal, puede tener consecuencias devastadoras.

En otras palabras, si se hace una medición sobre una línea de un sistema a 220 V, hay que asegurarse de que si se produce un transitorio de tensión, el instrumento podrá resistirlo y reducir al mínimo el riego para el usuario.

Una de las principales características de la norma IEC 1010-1es la protección contra las descargas originadas en estos transitorios de alta tensión.

Dentro de los hábitos mínimos de seguridad que se deben tomar antes de efectuar los chequeos podemos mencionar:

Dentro de los hábitos mínimos de seguridad que se deben tomar antes de efectuar los chequeos podemos mencionar:

· Ningún multímetro es seguro cuando se usa incorrectamente.

o Use los multímetros dentro de su clasificación.

o Use los multímetros diseñados para circuitos de potencia sin problema en los circuitos de baja potencia.

o Use fusibles de reemplazo aprobados por el fabricante.

o Use puntas de prueba de alta calidad y con clasificación de seguridad marcada.

· Cuando sea posible se debe trabajar sobre circuitos no energizados.

o Se debe seguir los procedimientos apropiados.

· Usar herramientas bien mantenidas y utilizar la vestimenta apropiada.

o Utilizar lentes de seguridad, herramientas aisladas, guantes aislados, trajes para fogonazos, pisos aislantes, etc.

· No trabajar solos.

· Utilizar técnicas de medición seguras.

o Realizar las mediciones con una sola mano, dejando la otra en el bolsillo.

o Siempre se debe conectar primero la punta de prueba de masa, luego conectar el vivo.

o Al terminar se debe seguir el procedimiento inverso, primero desconectar el vivo y luego la punta conectada a masa.

· Usar el método de prueba de los tres puntos, es decir: probar el circuito conocido, medir el punto bajo prueba y chequear nuevamente el circuito conocido, esto le asegurará que la medición del punto bajo prueba sea cierta.

La técnica de medición con una única mano asegura que el camino de menor impedancia nunca atraviesa la línea del corazón.

El método de prueba de los tres puntos significa, en forma implícita, que los electricistas nunca deben asumir que los equipos funcionan correctamente; se debe tener el hábito de controlar periódicamente a los instrumentos.

Para evitar situaciones como las descriptas en el punto anterior la IEC ha establecido una norma sobre requisitos de seguridad aplicable a equipos eléctricos de medición y control; esta norma es la IEC 1010-1, que sustituyó a la IEC 348.

Parte de la IEC 1010-1 se refiere a las categorías de protección contra sobre-tensiones en las instalaciones. Cuanto más próximo está el punto de medida a una fuente de posibles transitorios, más elevada deberá ser la categoría de protección contra sobre-tensiones.

Podemos dividir a los sistemas eléctricos en cuatro Categorías: I, II, III ó IV (Figura 5.24).

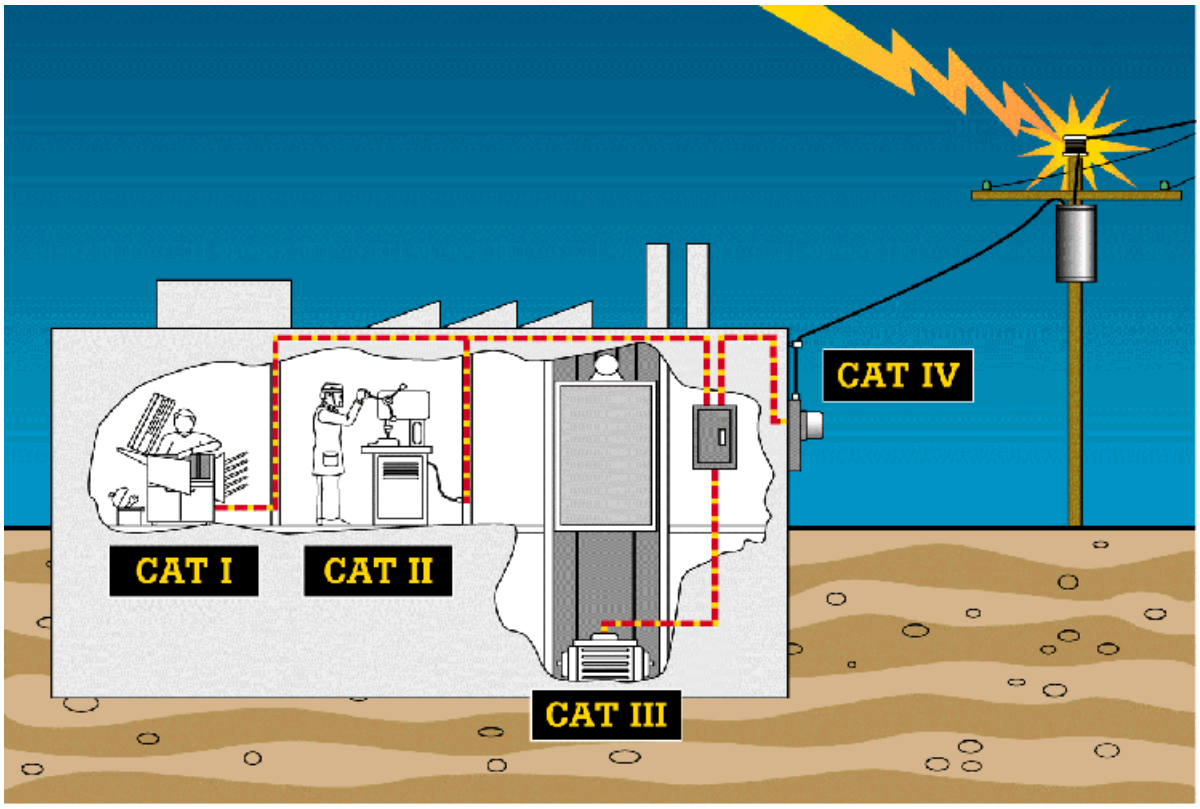


Figura 5.24

La norma IEC 1010 sólo se refiere a baja tensión (hasta 1000 V.); la alimentación industrial, en cambio, suele efectuarse en media tensión, y esta porción del sistema no está cubierta por la norma IEC1010.

El segundo concepto, la Categoría de la Instalación, es muy diferente del concepto de nivel de tensión. Es posible que la tensión de corriente continua en una fotocopiadora sea mayor que la tensión de corriente alterna en una rama de la instalación de una industria, pero la energía disponible y el potencial para explosiones eléctricas es muy diferente en ambos casos. La Categoría se corresponde con el nivel de corriente de cortocircuito disponible en ese punto.

Los equipos de **Categoría IV** se utilizan en instalaciones ubicadas fuera de la planta y el servicio de entrada, en servicio desde el polo (bajo tierra) hasta el edificio, entre el medidor y el tablero principal, para líneas aéreas de entrada al edificio y en líneas subterráneas de acceso al tablero. Para la determinación exacta de cada Categoría se debe estudiar cada locación en particular.

Las líneas subterráneas se consideran de Categoría IV debido a que las descargas atmosféricas, cuando viajan a través de la tierra, buscan el camino de menor impedancia.

Los equipos de **Categoría III** se utilizan en instalaciones fijas y cuando la fiabilidad y disponibilidad de los mismos están sujetas a requisitos especiales. Son ejemplos de estos equipos los interruptores de

las instalaciones de distribución fijas y los equipos de uso industrial con conexión permanente al sistema de distribución (motores, sistemas de iluminación, controladores, centros de carga, etc.).

Son instalaciones típicamente separadas desde la entrada de servicio por al menos un nivel simple de transformador de aislamiento. Las líneas trifásicas siempre se consideran de Categoría III o superiores.

No se incluyen en esta categoría conexiones de cargas "enchufables", excepto en el caso de equipamiento de gran consumo con conexiones "cortas" a la entrada de servicio, por ejemplo un motor de gran porte o un circuito de iluminación general.

Del lado de la línea de un tablero (con alimentación trifásica o monofásica) es Categoría III. Del lado de las cargas, interruptores para 15/20/30 A pueden considerarse como de Categoría III (dado que están permanentemente instalados) o de Categoría II (debido a la protección adicional que ofrecen los interruptores).

Los equipos de **Categoría II** son los equipos desarrollados para su uso en instalaciones fijas o cargas enchufables, como por ejemplo los electrodomésticos y las herramientas portátiles. También se incluyen en esta categoría a todas las salidas a mas de 10 metros desde Categoría III y todas las salidas a mas de 20 metros desde Categoría IV.

Las distancias especificadas son solo de referencia. Toda energía impulsiva es función del tiempo (duración) y de la distancia (impedancia de líneas y sistemas), y están incluidas simplemente para enfatizar que la norma está construida sobre la base de transitorios, y estos viajan a través de las impedancias incluidas en los cables y en el sistema.

Los equipos de **Categoría I** están destinados a circuitos en los que se adoptan medidas para limitar las sobre-tensiones transitorias a un nivel adecuadamente bajo. Son ejemplos de estos equipos los circuitos electrónicos con protección electrónica previa.

Una fotocopiadora que tiene un transformador interno de 1000 V. DC es aún una máquina CAT I - 1000 V, porque los niveles de corriente son bajos.

Formas en que comúnmente se interpreta a las categorías:

· Cuanto más cerca esté la fuente de poder, mayor será el peligro

· Cuanto mayor sea la corriente de corto circuito disponible, mayor será la Categoría. Transitorios de gran energía son mucho más peligrosos

· Cuanto mayor sea la impedancia de la fuente, menor será la Categoría. Los transitorios son atenuados por la impedancia del sistema así como ellos viajan desde el punto donde fueron generados.

· SOTT (Supresión de la Onda de Tensión Transitoria) los dispositivos son de gran tamaño (más joules) en un panel que en un receptáculo de salida (enchufables).

Los electricistas están acostumbrados a pensar en términos de las corrientes de cortocircuito debido a que constituyen una de las especificaciones clave (capacidad de interrupción en kA de corriente de falla que deben interrumpir). Las impedancia de fuente, en cambio, se refieren a la impedancia total que ve la carga hacia el generador (incluye la impedancia de línea y la del propio generador). Cuanto mas lejos estemos del generador mayor será la impedancia.

Para determinar la verdadera tensión que soportan, dentro de cada Categoría una mayor tensión significa que puede soportar transitorios mayores. Por ejemplo:

· Cat III - 600 V. Significa impulsos de 6 kV. y Cat III - 1000 V. Significa impulsos de 8 kV.

- Cat II - 600 V. Significa impulsos de 4 kV. y Cat II - 1000 V. Significa impulsos de 6 kV.

Una pregunta muy común que suele hacerse es cual es el multímetro mas seguro, uno de Cat III - 600 V. ó uno de Cat II - 1000 V.?. Para ello debemos saber que:

- Cat III - 600 V. : impulso de 6 kV., impedancia de fuente de 2 ohm.
- Cat II - 1000 V.: impulso de 6 kV., impedancia de fuente de 12 ohm.

Si hacemos las diferentes relaciones según la ley de ohm vemos que un impulso de prueba CAT III-600V 6kV tiene 6 veces la corriente (I=E/R) y 36 veces la potencia de un impulso de prueba de CAT II-1000V 6kV!

Para el empleo seguro de los multímetros es necesario conocer los problemas mas usuales que se suelen presentar, entre ellos se pueden mencionar:

Formación de "Arco eléctrico" dentro del multímetro:

Un transitorio debido a una descarga atmosférica es lo suficientemente importante como para causar un Arco Eléctrico dentro del instrumento (Figura 5.25).

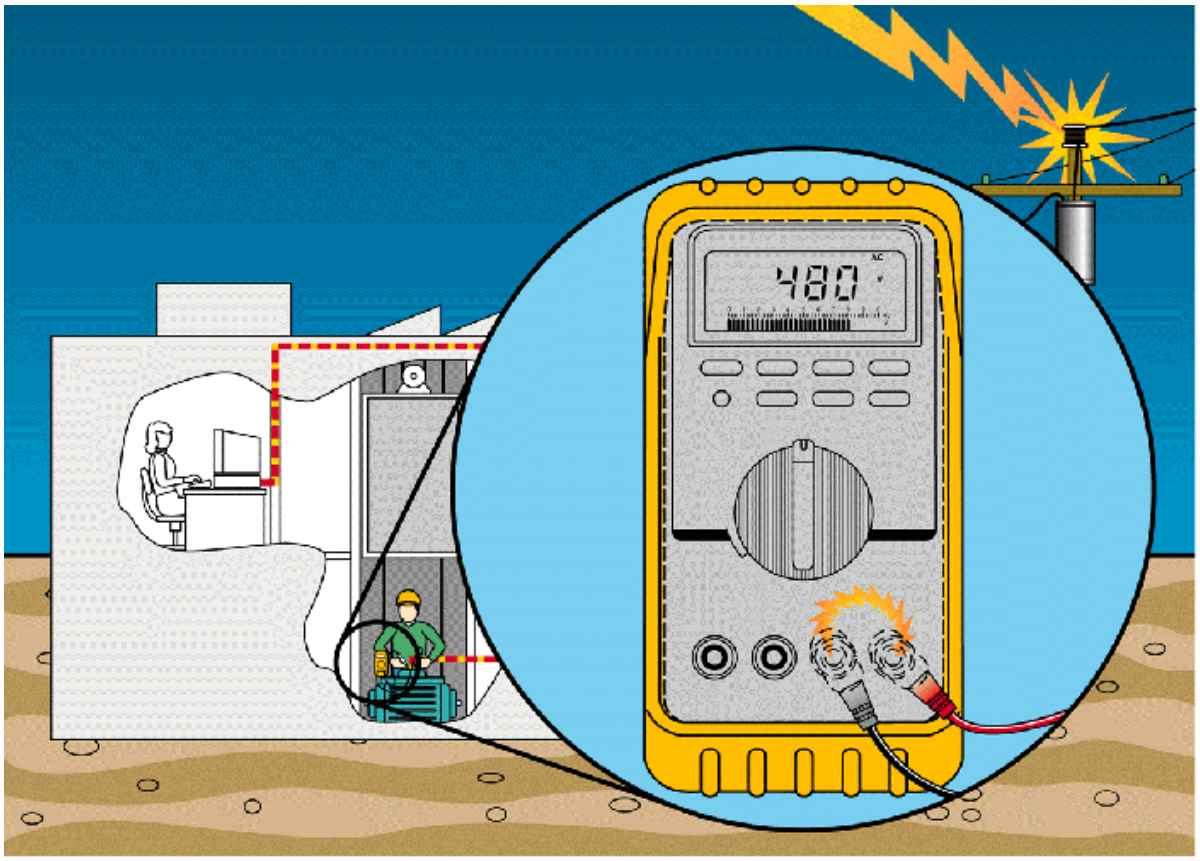


Figura 5.25

Los instrumentos deben contar con protecciones internas para evitar fallas y arcos entre los terminales.

La resistencia de un Arco Eléctrico es muy baja; si el mismo está originado en un Arco Eléctrico dentro de un instrumento de mano mientras este está conectado a los terminales (por ejemplo a un motor de 380 V.), puede ocurrir una letal cadena de eventos.

Una vez que se formó el arco, cualquier circuito de protección o dieléctrico interno están afectados por el cortocircuito y toda la corriente de corto fluye a través de los terminales de medición lo que genera el mismo.

Corriente de cortocircuito a través de las puntas de prueba:

El camino de la corriente a través del Arco Eléctrico comienza en los terminales del motor y finaliza atrás de los terminales del mismo (Figura 5.26).

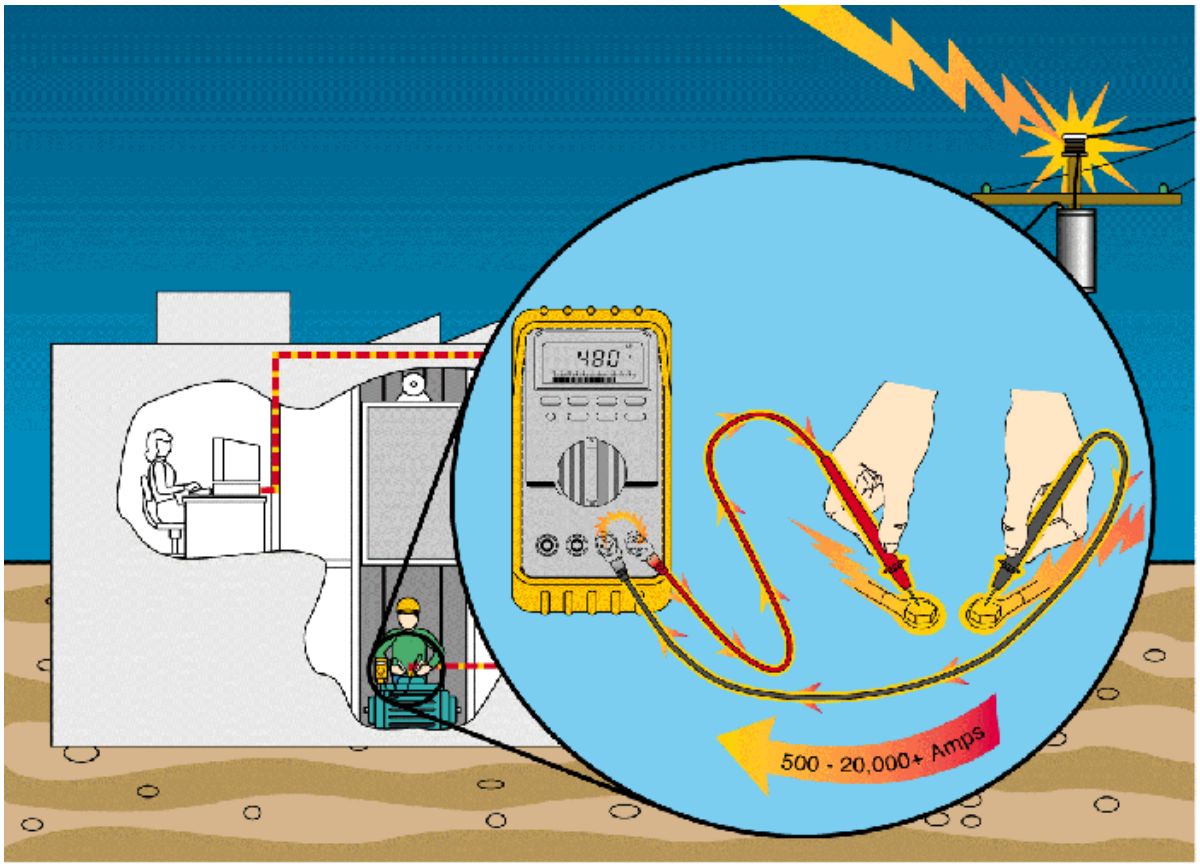


Figura 5.26

La corriente puede ser de varios miles de Ampere por el tiempo necesario para fundir los probadores del instrumento. En el ejemplo de la figura, la fuente de corriente dentro del arco son los 380 V. de alimentación y los 380 V. en el motor. Un ascensor típico de 550 HP consume 264 FLA (full load Amps) a 380 V. y 6 o 7 veces esta corriente en una falla (1564 - 1850 A.)

El circuito de protección o el fusible en el frente del motor soportará varios miles de Ampere antes de fundirse, A estos niveles de corriente el equipo de medición se sobrecalienta, se establece un arco desde el punto de contacto al de medición y, por tratarse de un transitorio a muy alta tensión provoca un ruido intenso.

La reacción mas natural a ese ruido es apartar las manos de los terminales del motor; esta acción genera un arco adicional desde el punto de contacto. Es decir que ahora tenemos dos arcos, uno desde cada punto de contacto y otro desde los terminales de medición.

En el caso de un motor de 550 HP, esta corriente puede ser 6 u 8 veces la carga máxima del motor, conocida por sus siglas en ingles Full Load Amps (FLA), que en nuestro caso es de 264 Ampere. Esta carga de 6 o / veces la máxima es la que fluye por los fusibles que protegen el motor.

Suelen presentarse corrientes de hasta 6000 Amper o mas por varios milisegundos.

Formación de arco entre los terminales:

Mientras los usuarios realizan los ensayos a través de los terminales de un motor, se establece un arco efectivo entre cada punta y el terminal del motor. Si dos de estos arcos se juntan para formar uno, existe un camino directo de muy baja impedancia entre los terminales del motor (Figura 5.27).

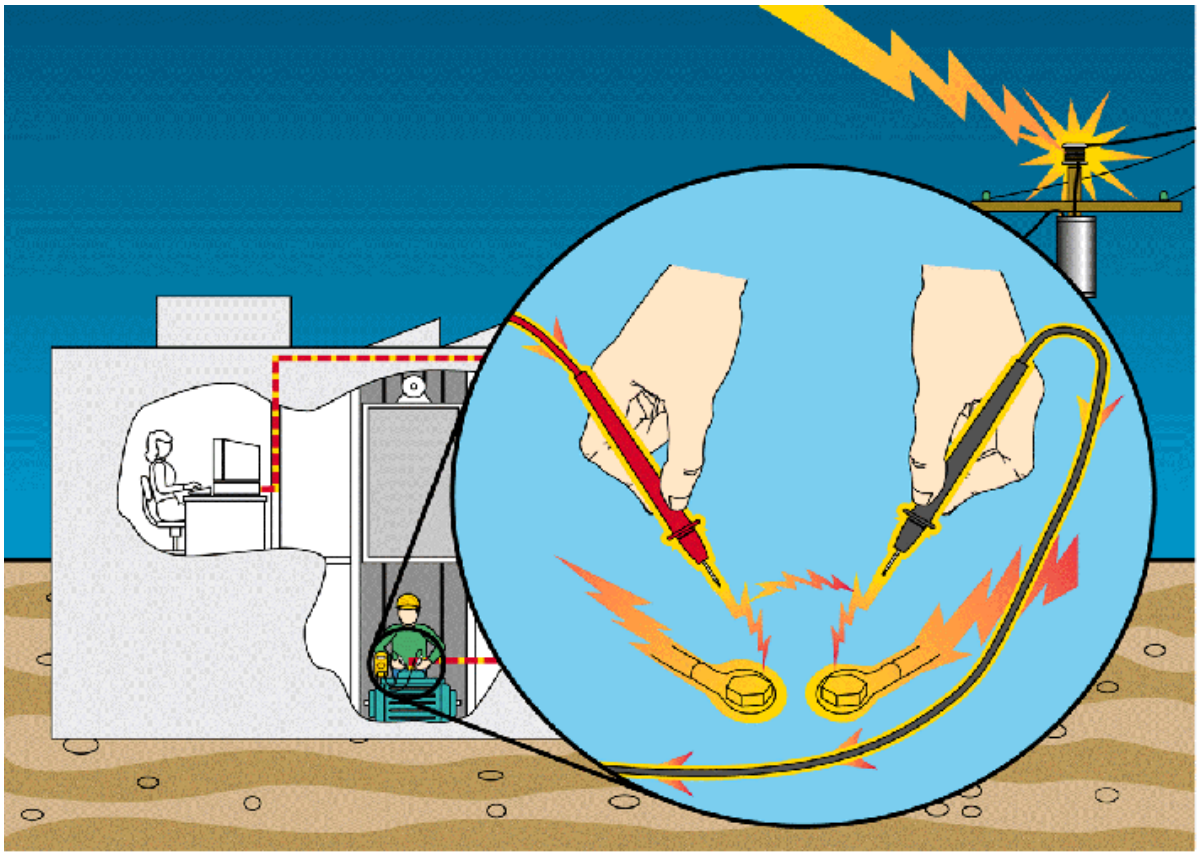


Figura 5.27

Este arco efectivo tiene una temperatura aproximada de 6000 ºC, la misma que encontramos en una máquina de soldar, pero con varios miles de veces mayor cantidad de energía y potencial de destrucción.

Bola de Fuego (plasma):

A medida que el Arco Eléctrico crece, va sobrecalentando el aire que lo circunda, creando un frente de presión del aire en expansión y una bola de fuego que puede poner en peligro la vida del usuario.

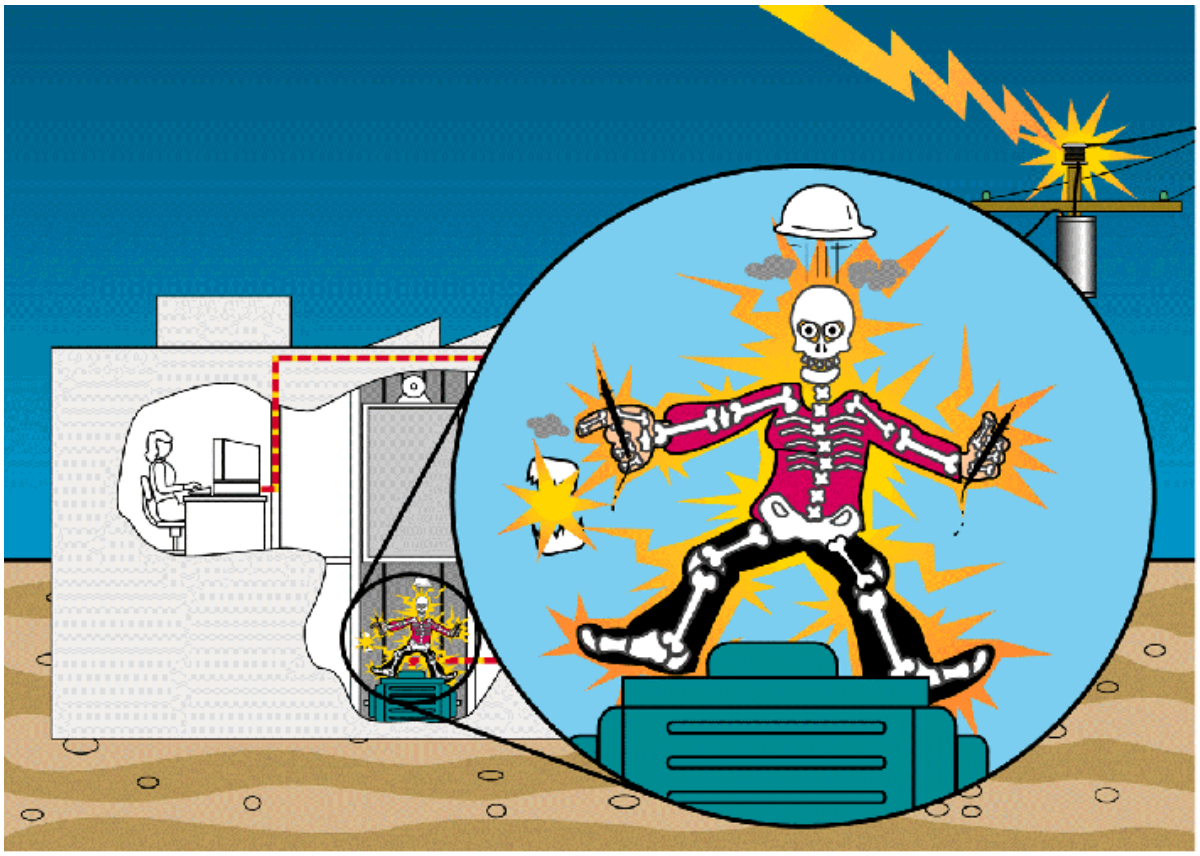


Figura 5.28

Como se puede apreciar en la figura 5.28 los resultados pueden ser un muy mal día para el electricista de nuestro ejemplo. toda la energía disponible en el sistema eléctrico alimenta este Arco Eléctrico, formando una bola de fuego.

Esta bola de fuego o "plasma" es capaz de cortar hasta el acero.

Mal uso de los multímetros digitales en modo amperímetro:

Uno de los errores mas comunes en el uso de los multímetros digitales (DVM's) en modo amperímetro, que puede causar una sucesión de eventos similares a los descriptos anteriormente, consiste en tomar mediciones de tensión cuando la escala está en mA o en A.

Si el instrumento no está protegido por fusibles o el rango de corte del mismo es inferior a la corriente de cortocircuito, se establece un arco dentro del instrumento (Figura 5.29).

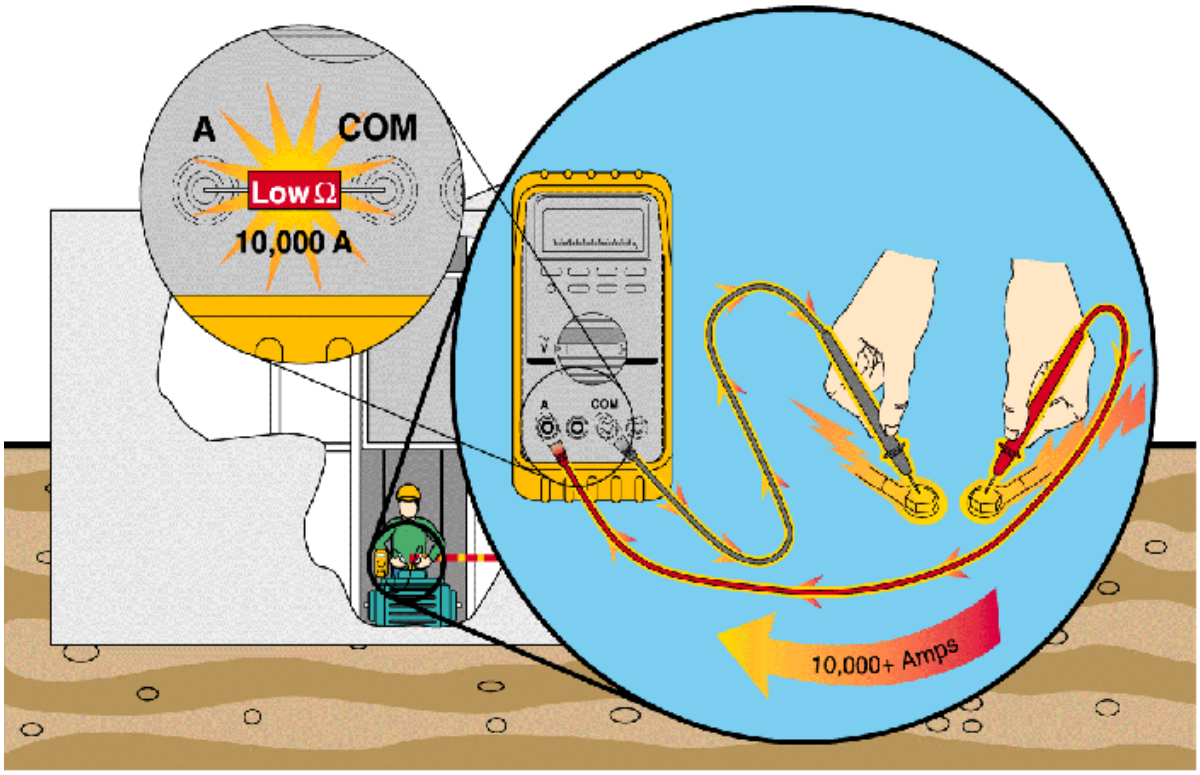


Figura 5.29

Algunos multímetros manuales son inapropiados para su empleo en ambientes industriales debido al bajo rango de interrupción de los fusibles empleados. Conociendo los límites de los instrumentos y empleándolos adecuadamente podremos protegernos de las descargas eléctricas que puedan ocurrir durante las mediciones.

Siempre se deben emplear los fusibles recomendados por los fabricantes.

Para el empleo seguro de los multímetros es necesario conocer una serie características de los mismos así como los problemas más usuales que se suelen presentar.

La primera característica que debemos distinguir es la diferencia entre producto "Certificado" Vs. producto "Diseñado para". Las normas (como la IEC 1010) establecen requisitos, pero no prueban o ensayan los aparatos para verificarlos. Para estar "Certificado" por IRAM, UL, TUV, etc., el fabricante debe contratar a un organismo certificante independiente para que verifique el cumplimiento de los productos con las normas. Una verificación sencilla para saber si un instrumento está "certificado" consiste en controlar si el emblema del organismo certificante está grabado sobre la carcaza del aparato.

Mientras que los sistemas de aprobación de las agencias independientes está muy perfeccionado, no puede garantizarse el mismo nivel de control para los instrumentos "auto certificados" o los denominados "diseñados de acuerdo a normas".

Las empresas de primera línea cuentan con Departamentos internos para efectuar sus propios ensayos sobre los productos que elaboran, previo a su homologación por terceras partes (organismos independientes).

Los elementos básicos a tener en cuenta son:

- Si se trabaja con circuitos de potencia se debe emplear multímetros CAT III - 600 V. ó CAT III - 1000 V. Algunos fabricantes marcan a sus productos como CAT III - 750 V., pero esta categoría no existe en la norma IEC 1010.
- Tener cuidado de los multímetros sin la clasificación "CAT" marcada en los mismos. Otros tienen la indicación 1000 V. pero no hacen mención de la Categoría y, por último, existen otros que solo traen estas indicaciones en los manuales.
- Verificar las inscripciones. Un multímetro con indicación de "diseñado para" o con auto - certificación del fabricante puede no pasar los ensayos de las normas.
- Cuando existan dudas se debe consultar al fabricante o representante oficial.

Mientras no hayamos efectuado estas verificaciones los productos deben considerarse inseguros.

Una posible lista de chequeo para los instrumentos incluye:

- Entradas de corriente protegidas con fusibles de alta energía. Comprobarlos antes de utilizar.
- Fusibles de las capacidades de tensión máximas adecuadas, características de temporización correctas y preparados contra cortocircuitos (100 kA o mas).
- Protección contra sobrecargas en la función de resistencia, continuidad, medición de diodos y capacidad.
- Puntas de prueba con conectores aislados y protección para dedos.
- Conectores de entrada internos.
- Carcaza hecha de materiales no tóxicos y autoextinguentes.

Cada tipo de perturbación está caracterizada por determinadas “magnitudes típicas”. Por lo tanto, para poder obtener conclusiones válidas, es necesario conocer cual es la que caracteriza a cada uno de ellas.

Las correspondientes a los principales problemas de Calidad de la Energía son:

1. Análisis de datos de Transitorios

Los Transitorios se caracterizan normalmente por su forma de onda instantánea, aunque una descripción sumaria de los mismos incluye otros parámetros como ser:

- Magnitud Pico.
- Frecuencia Primaria.
- Tiempo de Ocurrencia.
- Tasa de Crecimiento.

Cuando convivimos con grandes cantidades de datos es preferible mostrar la información de todos los eventos en un único tipo de gráfico. Quizás la mejor forma de ver la información sobre magnitudes pico en transitorios es con un gráfico de barras, como se observa en la Figura 5.1:

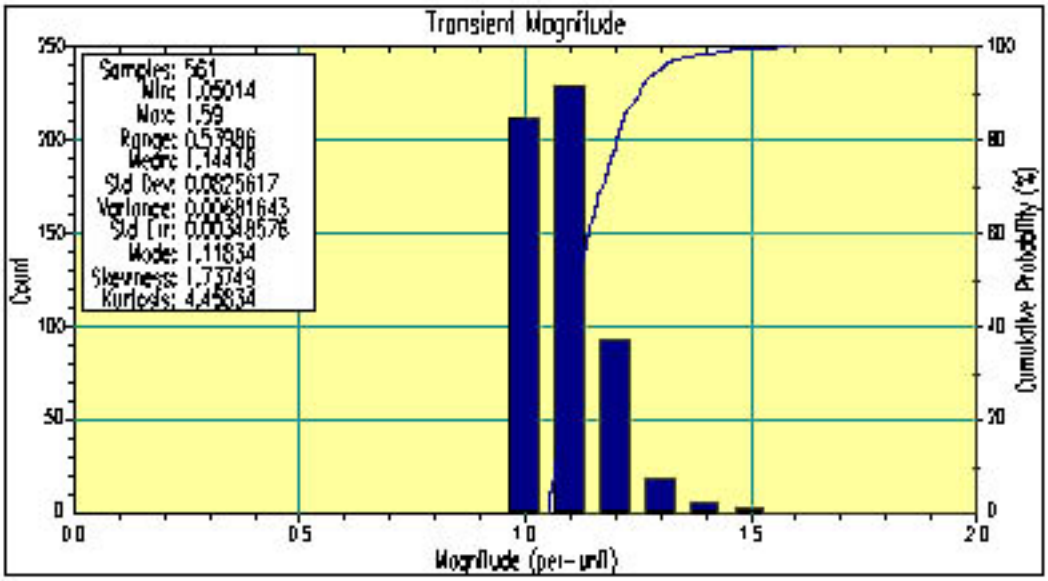


Figura 5.1

En este gráfico de barras existe información de gran valor. El sector de datos indica el mínimo y el máximo pico de tensión medidos, en pu.

Otra información estadística que se observa en el sector de datos es la sumatoria de cada evento, que puede ser representada como probabilidad acumulativa sobre el eje Y. Empleando la curva de probabilidades acumulativas, se puede determinar que el 80% de los 561 transitorios registrados tuvieron un pico de tensión menor que 1.3 pu.

Otra posibilidad interesante que involucra a los transitorios es el gráfico de barras con los tiempos de ocurrencia, que puede ayudar a determinar el tipo de transitorio presente en el sistema.

2. Análisis de datos en casos de Variaciones en la Tensión Eficaz (RMS)

Las variaciones de la Tensión Eficaz (RMS) están generalmente caracterizadas por el valor RMS a lo largo del tiempo o por la magnitud mínima de la tensión durante el evento vs. la duración del evento. En la Figura 5.2 se observa la evolución en el tiempo de la tensión RMS (graficada en un período de 24 horas).

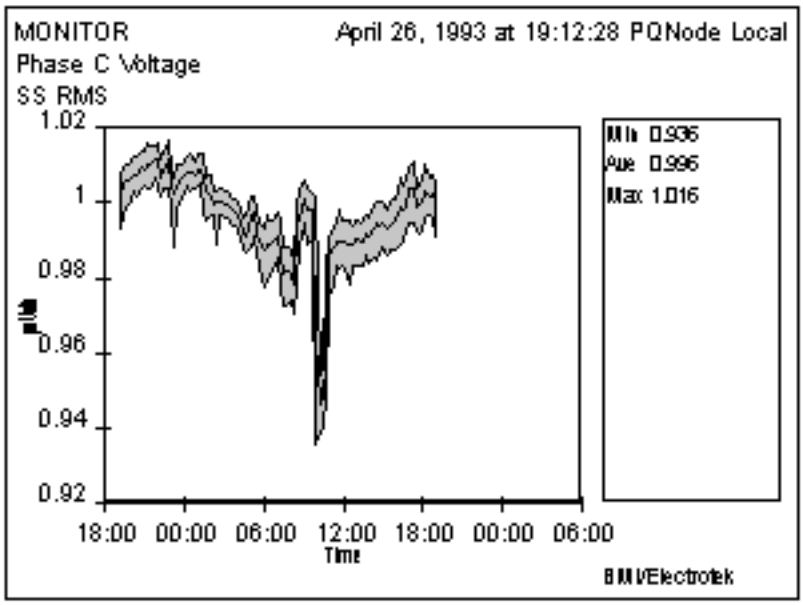


Figura 5.2

Este método es apropiado para determinar los lugares de ocurrencia y los eventos individuales; pero cuando todo el sistema está involucrado, es preferible observar un rango de eventos (ej. un mes, un año, etc.) para múltiples sitios.

Otro método para graficar ente tipo de datos es un gráfico de barras tridimensional donde se contabilicen las variaciones en la magnitud y su duración en el tiempo.

3. Análisis de datos en casos de Armónicas

El matemático Fourier presentó una tesis en 1812 por la cual una onda periódica deformada se puede estudiar como suma de ondas sinusoidales o Armónicas de distintas frecuencias, múltiplos de la onda senoidal de la frecuencia fundamental. Este método es el que aún hoy se aplica para el análisis de Armónicas. Las magnitudes típicas para estas perturbaciones son:

Componente Fundamental*.* La componente de orden uno (50 Hz) de la serie de Fourier de una cantidad periódica.

Componente Armónico*.* Componente de orden mayor que uno de la serie de Fourier de una cantidad periódica. Representa la amplitud de cada armónica individual (an) expresada como porcentual de la fundamental (a1).

Distorsión Armónica Total *(Dt ó THD).* Expresa el disturbio global presente y se define como la relación de la raíz cuadrada del Contenido Armónico a la raíz cuadrada de la Cantidad Fundamental, expresada en % de la fundamental. Con la Ecuación siguiente se puede calcular el valor Dt de tensión.

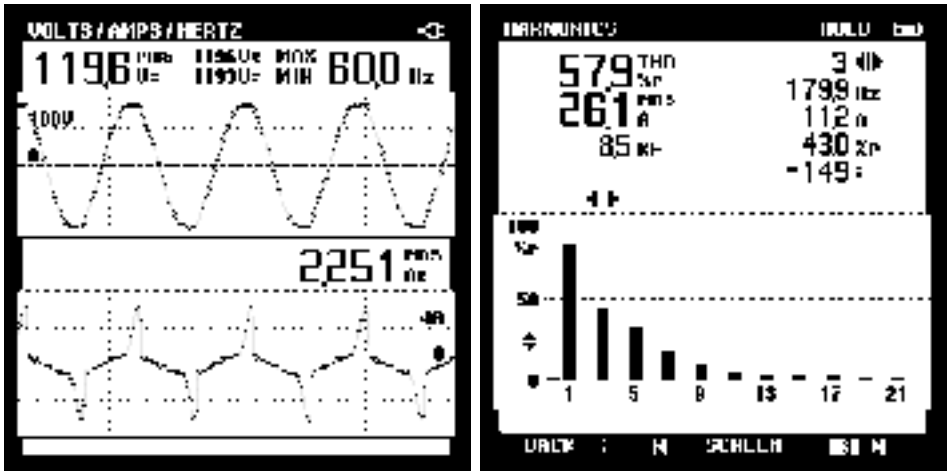
$$D_t = \sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} D_n^2} = 100\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{a_n}{a_1}\right)^2}$$

Número Armónico*.* El número entero dado por la relación de la frecuencia de una Armónica a la frecuencia fundamental.

Cuando tratamos con Armónicas la distorsión de tensión es generalmente la magnitud más importante, ya que es la que afecta a las cargas conectadas. Los motores de inducción se vuelven menos eficientes debido al torque negativo producido por las secuencias de Armónicas negativas de tensión, y los circuitos digitales fallan debido a los pasajes adicionales por el cero debidos a variaciones severas de tensión.

En la Figura 5.3 se pueden ver las formas de onda de tensión y corriente, que de por sí solas no muestran el contenido Armónico, y en la Figura 5.4 el análisis del espectro, que muestra las

amplitudes de cada espectro individual.



Figuras 5.3 y 5.4

Pero estos valores solo son válidos para un momento determinado, por lo que se hace necesario analizar la tendencia, es decir el contenido Armónico vs. tiempo.

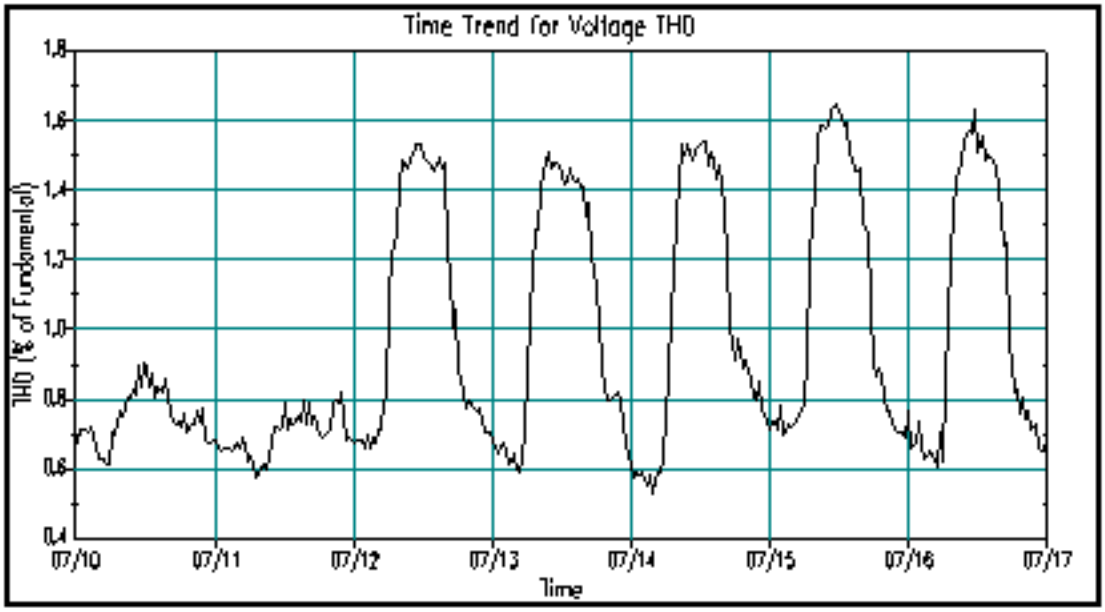


Figura 5.5

Como se puede ver en la Figura 5.5, las distorsiones de tensión de esta instalación aumentan y decrecen a lo largo de los días y las semanas. En particular, la distorsión de tensión en los fines de semana es menor que la distorsión de tensión a través de la semana. Esto indica que el proceso generador de Armónicas no está presente en el sistema durante los fines de semana. Se puede observar también que se producen Armónicas repetitivas a lo largo del día, comenzando temprano en las mañanas y finalizando por las tardes (horario normal de trabajo).

Este tipo de gráfico es normalmente aceptado para graficar el THD de tensión, pero no para corrientes Armónicas. Las corrientes cambian de acuerdo a la variación de las cargas, y el valor THD sufre pequeñas modificaciones. Ello significa que las corrientes se deben graficar de otra forma.

En la Figura 5.6 se ilustran las corrientes Armónicas presentes en la entrada de servicio de una instalación industrial (histograma de corrientes Armónicas para cuatro meses). Utilizando este tipo de gráfico, se puede ver que hay dos tipos distintos de corrientes Armónicas entrando a la instalación. Una centrada alrededor de 6 ampere RMS y la otra alrededor de 10 ampere RMS.

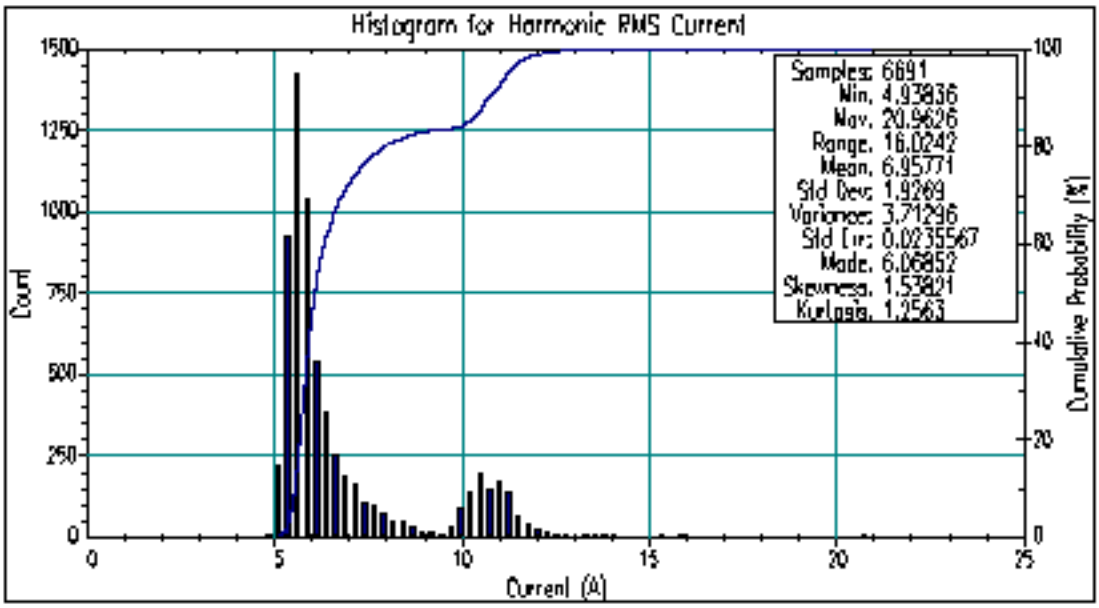

Histogram for Harmonic RMS Current
Samples: 6691
Min. 4.93836
Max. 20.9626
Range. 16.0242
Mean. 6.95771
Std Dev: 1.9269
Variance: 3.71296
Std Err: 0.0235567
Mode. 6.06852
Skewness. 1.53821
Kurtosis. 1.2563
Count
Cumulative Probability (%)
Current (A)
0
250
500
750
1000
1250
1500
0
20
40
60
80
100
0
5
10
15
20
25

Figura 5.6

Los tipos de instrumentos habitualmente empleados son:

- Multímetros
- Osciloscopios
- Perturbógrafos o Analizadores de Perturbaciones
- Analizadores de Espectro y Analizadores de Armónicas
- Instrumentos combinados para Análisis de Perturbaciones y de Armónicas.

Los instrumentos térmicos se aplican en cargas resistivas, censando el calor generado, permitiendo obtener valores RMS verdaderos, pero tienen la desventaja de que el valor se consigue muy lentamente en el tiempo.

Los instrumentos analógicos también pueden obtener mediciones RMS verdaderas, pero son complejos, lentos y de un uso limitado.

Los instrumentos electrónicos permiten obtener los valores RMS verdaderos mediante microprocesadores, muestreando la señal de entrada a alta velocidad, generalmente 100 veces la mayor frecuencia Armónica. Por ejemplo, para medir la Armónica 25ta. (a frecuencia de 1500 Hz.) la tasa de muestreo debe ser de alrededor de 150000 veces por segundo.

Luego de los ensayos iniciales sobre integridad de cableado, es necesario efectuar chequeos rápidos de los niveles de tensión y/o corriente dentro de una instalación. Las sobrecarga de circuitos, problemas de baja y sobre tensión y desbalances entre circuitos, se pueden detectar de la misma manera. Estas mediciones requieren de un simple multímetro, y las señales a chequear son:

- Tensión entre fase y tierra.
- Tensión de fase a neutro.
- Tensión de neutro a tierra.
- tensión de fase a fase.
- corrientes de fase.
- corrientes de neutro.

El factor más importante a considerar cuando se selecciona y emplea un multímetro es el método de cálculo que emplea en la medición. Los equipos comúnmente empleados están calibrados para suministrar el valor RMS de la señal medida; pero existen diferentes métodos para calcular este valor, los tres mas comunes son:

1. **Método de Picos:** El instrumento lee el pico de la señal y divide el resultado por 1.414 (raíz cuadrada de 2) para obtener el valor RMS.
2. **Método de Promedios:** El medidor determina el promedio de valores de la señal rectificadas. Para una señal sinusoidal limpia, este valor promedio se relaciona al valor RMS por la constante k=1.1. Este valor k se emplea como escala en todas las mediciones de forma de onda.
3. **Valor RMS verdadero:** El valor RMS verdadero de una señal es una medición del calentamiento que se ocasionará si la tensión se aplica a una carga resistiva. Un método para detectar el valor RMS verdadero consiste en emplear un detector térmico para medir el valor de calentamiento. Los medidores digitales modernos realizan el cálculo digital del valor RMS a través de la raíz de los valores de muestreo, y luego promediándolas en un período, para luego calcular la raíz cuadrada del resultado.

Estos diferentes métodos brindan el mismo resultado para una señal limpia (sinusoidal), pero pueden tener diferencias significativas para señales distorsionadas. Esto es muy importante dado que es común encontrarnos con estas distorsiones, especialmente para las corrientes de fase y de neutro dentro de las instalaciones. La Tabla 5.1 sirve para una mejor ilustración de este punto.

Cada forma de onda en la Tabla 5.1 tiene un valor RMS de 1.0 pu (100.0%). El valor correspondiente medido, para cada tipo de medición, se muestra asociado a su forma de onda respectiva, pre-inicializados al 1.0 pu del valor RMS.

Tipo de Medición	Circuito	Onda Senoidal	Onda Cuadrada	Onda Distors.	Dimmer de luz	Onda Triangular
Método de Pico	Pico / 1.414	100 %	82 %	184 %	113 %	121 %
Promedio	Promedio Seno x 1.1	100 %	110 %	60 %	84 %	96 %
RMS Verdadero	Conversión a RMS	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tabla 5.1

En síntesis, sólo los instrumentos que lean valores RMS verdaderos pueden dar una medición correcta para formas de onda no sinusoidales.

Los osciloscopios son de gran ayuda cuando se realizan ensayos en tiempo real. Observando la forma de onda de tensión y corriente se puede conocer bastante sobre lo que está sucediendo, aún sin realizar análisis Armónicos detallados de la forma de onda. Se pueden ver las magnitudes de tensión y corriente, observando las distorsiones obvias y detectando variaciones en las señales.

Existen muchos modelos de osciloscopios entre los que se puede optar. Los de mayor utilidad son los digitales con almacenamiento de datos, debido a que la forma de onda se puede almacenar y analizar.

Los osciloscopios de este tipo suelen permitir también el análisis de la forma de onda (cálculos de energía, análisis espectral, etc.). Asimismo, estos aparatos suelen incluir sistemas de comunicaciones para almacenar los datos de forma de onda en una PC para análisis adicionales por software específicos.

Encontramos en la marca FLUKE dos series de osciloscopios digitales portátiles adecuados para este tipo de mediciones. Si se necesita alta velocidad de muestreo y potencia de análisis se puede utilizar la serie 190 (Figuras 5.7 y 5.8); si el requerimiento es menos exigente, la simplicidad del "tres en uno" de la serie 123 es el adecuado.

Para aplicaciones exigentes los osciloscopios digitales de alta performance ScopeMeter serie 190 (Figuras 5.7 y 5.8) ofrecen especificaciones típicas de instrumentos de banco de alta complejidad. Con anchos de banda de 60, 100 y 200 MHz; de hasta 2.5 GS/s (2.5 Giga muestras por segundo) de muestreo en tiempo real y una capacidad de memoria de 27500 puntos por canal, son ideales para técnicos e ingenieros quienes necesitan todas las prestaciones de un osciloscopio de alta performance pero transportable y operado a baterías. Esta serie incluye un multímetro de verdadero valor eficaz de 5000 cuentas.

Figura 5.7 y 5.8

Estas especificaciones permitirán al usuario realizar mediciones más confiables y en menor tiempo, y obtener los datos necesarios para la solución de los problemas. Permiten ver formas de onda complejas sin la necesidad de estar ejecutando operaciones desde el panel frontal. Toda variación posterior en la señal, ya sea en amplitud y / o en tiempo se detectan e interpretan por el instrumento, realizando este los ajustes de sus atenuadores, de su base de tiempo y del modo de disparo, para permitir su correcta visualización.

Este tipo de osciloscopio almacena en forma continua las últimas pantallas visualizadas , permitiendo de esta manera al usuario revisar y analizar minuciosamente los datros obtenidos en la medición, con la ventaja de poder volver a verlas en forma continua o una por vez, expandiéndola y adicionándole cursores (Figura 5.9).

Figura 5.9 y 5.10

Para los usuarios que trabajen con referencia de tiempo se puede utilñizar el reloj en tiempo real (Figura 5.10 Y 5.11).

La comunicación a PC se puede realizar vía RS232 acoplada ópticamente, lo que asegura el no cerrar lazos de masa a través de la vía de comunicación entre el instrumento y la PC (Figura 5.12).

Figura 5.11 y 5.12

Los modelos compactos constituyen una solución para la localización de fallas en la industria e instalaciones. Son herramientas integradas por un osciloscopio de 20 MHz de ancho de banda, un multímetro digital de 5000 cuentas y un registrador continuo sin papel de dos canales. Permiten respuestas rápidas a problemas en máquinas - herramientas, instrumentación, control y sistemas de potencia.

Los **Perturbógrafos** o **Analizadores de Perturbaciones** constituyen una categoría de instrumentos desarrollados específicamente para mediciones de la Calidad de la Energía. Pueden medir una amplia variedad de perturbaciones en el sistema, desde transitorios de tensión de muy corta duración hasta bajo tensiones o interrupciones de suministro.

Se puede configurar las tolerancias de los instrumentos para registrar disturbios por un período de tiempo determinado. La información generalmente se registra en papel, pero muchos dispositivos permiten también guardar los datos en disco.

Existen básicamente dos categorías de estos dispositivos:

1. **Analizadores convencionales,** que suman información acerca de eventos de una determinada característica, como Baja o Sobre-tensiones, tanto en magnitud como en duración.
2. **Analizadores gráficos,** que guardan e imprimen la forma de onda actual junto con la información descriptiva que puede ser generada con los analizadores convencionales.

Generalmente es difícil determinar las características de una perturbación o un transitorio en base a la información sumaria obtenida con un perturbógrafo convencional.

Por ejemplo, un transitorio oscilatorio no se puede describir adecuadamente por un pico y su duración; por lo tanto, es necesario disponer de capacidad para capturar la forma de onda en un analizador de perturbaciones para un análisis detallado de la calidad de la energía. No obstante, un simple analizador de perturbaciones puede ser apto para un chequeo inicial y para la localización del problema.

Registrador de eventos:

Para un análisis simple de las perturbaciones de líneas se utilizan registradores de eventos, como el VR 101S de Fluke (Figura 5.13), apto para el análisis de las perturbaciones en la red de baja tensión. Este sistema permite capturar subidas y caídas (en nivel y duración), transitorios (simples, múltiples, entre fase y neutro, entre neutro y tierra, su posición relativa en la onda senoidal), cortes (ausencia de varios ciclos de la señal) y variaciones de frecuencia de la tensión de red

Normalmente se los instala en aquellos tomacorrientes en los que se conectan las cargas más sensibles. Todos estos datos se almacenan con el correspondiente registro de tiempo. Estos equipos suelen estar conformados por el registrador de eventos, un cable de interfase óptico y el software necesario, permitiendo obtener información sobre la calidad de la energía.

Figura 5.13

La capacidad de registro suele estar en el orden de los 4000 eventos, definiendo evento a todo aquel que supere la configuración dada previamente. El software permite emitir un informe de lo sucedido en la línea a través del análisis de dichos eventos.

Site Report - SN F10189

Status | Events

Event #	Start Time	Event	Extreme	End time/Duration/Degree
99	12/1/97 11:30:08 AM	Outage	0 Vrms	05:36:24
98	12/1/97 11:30:08 AM	N-G Swell	11 Vrms	1.0 cycles
97	12/1/97 4:41:28 PM	H-N Sag	103 Vrms	1.5 cycles
96	12/1/97 10:54:16 AM	1 N-G Transient	+175 Vp	44°
95	11/26/97 5:23:36 PM	1 H-N Transient	+331 Vp	196°
94	11/25/97 8:38:00 PM	4 N-G Transients	+819 Vp	290°
93	11/25/97 9:02:24 AM	H-N Sag	103 Vrms	00:00:16
92	11/24/97 6:08:16 PM	1 H-N Transient	+865 Vp	94°
91	11/24/97 8:28:56 AM	1 H-N Transient	+156 Vp	190°
90	11/23/97 9:05:44 PM	H-N Sag	99 Vrms	5.0 cycles
89	11/21/97 4:45:52 PM	1 H-N Transient	+635 Vp	0°
88	11/19/97 9:52:48 AM	Outage	0 Vrms	03:25:36

Figura 5.14

Cumple con las normativas de seguridad IEC 1010-1 CAT III 300V que se describen en capítulos sucesivos.

menu indice 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

Los instrumentos para el análisis de perturbaciones tienen una muy baja capacidad para el análisis de Armónicas. Algunos de los analizadores más potentes incluyen un módulo que permite calcular rápidamente las Transformadas de Fourier para determinar el menor orden de Armónicas.

Por lo tanto, las mediciones de Armónicas requieren de instrumentos diseñados para el análisis espectral o el análisis de Armónicas. Los mas potentes incluyen:

- Capacidad para medir en forma simultánea tensión, corriente y el contenido de Armónicas.
- Capacidad para medir ambas magnitudes y el ángulo de fase de cada componente Armónica individual (también necesaria para el cálculo de potencia).
- Sincronización y alta tasa de muestreo para la adecuada medición de componentes Armónicas, como mínimo hasta la Armónica 51 (este requerimiento es una combinación de elevada tasa de muestreo y los intervalos de muestreo basados en el de 50 Hz o fundamental).
- Capacidad de caracterizar la naturaleza estadística de los niveles de distorsión Armónica (cambios en los niveles de Armónicas con cambio en las condiciones de carga y en las condiciones del sistema).

Existen tres categorías básicas de instrumentos a considerar para el análisis de Armónicas:

1. **Medidores Simples.** Muchas veces es necesario efectuar un chequeo rápido de los niveles de Armónicas que ocasionan un determinado problema. En estos casos es ideal un equipo simple y transportable. Están basados en un micro procesador que calcula las Armónicas individuales hasta la de orden 51; así como el valor RMS, la Distorsión Armónica Total (THD), y el Factor de Influencia Telefónica (Telephone Influence Factor ó TIF). Este último es similar al THD excepto que está basado en la sensibilidad del oído humano para proveer una mejor medición del potencial de interferencia en los circuitos de comunicación por voz. Los instrumentos más simples emplean un circuito analógico para filtrar la salida a 50 Hz para calcular el valor de THD.
2. **Analizadores de Espectro de Propósito General.** Los instrumentos de esta categoría están diseñados para efectuar análisis de espectro de forma de onda para una amplia variedad de aplicaciones. La ventaja de estos instrumentos es su gran potencia de medición a precios razonables dado que están diseñados para aplicaciones en el mercado masivo. La desventaja es que no están diseñados específicamente para muestreos de forma de onda de 50 Hz y, por lo tanto, deben ser usados con cuidado para asegurar la precisión del análisis de Armónicas. Existe una amplia variedad de instrumentos de esta categoría.
3. **Analizadores Específicos para Armónicas**. Al igual que en el caso anterior existe un gran número de instrumentos de estas características, cuyos resultados son del tipo de los representados en la Figura 5.15. Tienen tasas de muestreo específicamente diseñadas para determinar el Componente Armónico de las señales de potencia. Suelen incluir además medios de comunicaciones para el monitoreo remoto.

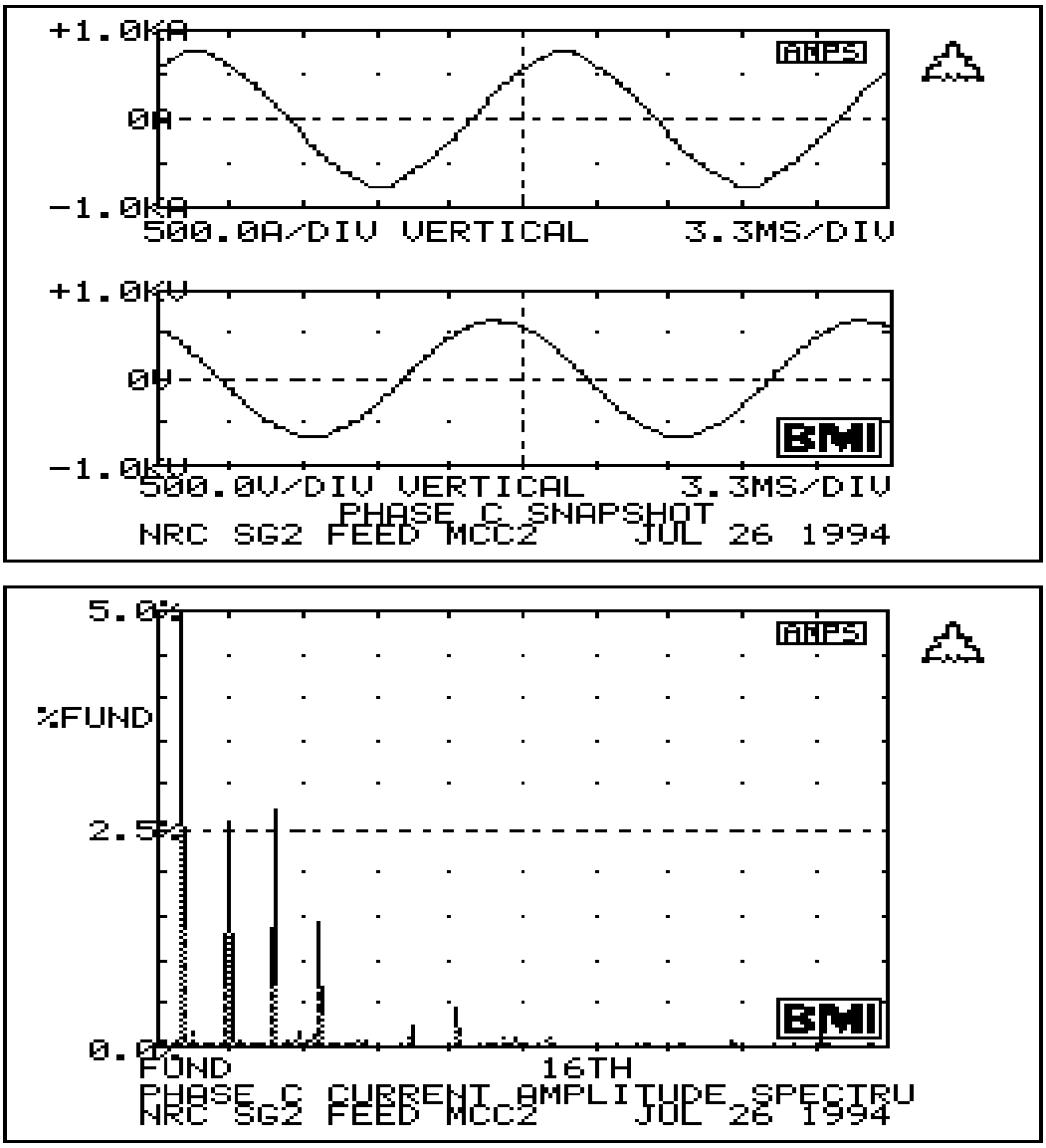


Figura 5.15

Los requerimientos mínimos para los analizadores de Armónicas incluyen:

- Posibilidad de medición simultánea de tensión y corriente así como contenido de Armónicas.
- Muestreo de la forma de onda en forma sincronizada con la frecuencia fundamental, para permitir el cálculo adecuado de los ángulos Armónicos de fase.
- Tasas de muestreo suficientes para determinar hasta la Armónica 51 o superior.
- Alta resolución en la conversión analógica - digital. Ello es necesario debido a que los elevados valores de las Armónicas de tensión y corriente son generalmente varios ordenes de magnitud menores que las lecturas a fondo de escala de los instrumentos.

Las distorsiones Armónicas son fenómenos continuos; se pueden caracterizar en un punto en el tiempo por la frecuencia espectral de tensión y corriente. Por lo tanto, para obtener representaciones adecuadas, las mediciones sobre un período de tiempo deben ser realizadas por una caracterización estadística de sus componentes Armónicos y por la distorsión total determinada

Los instrumentos mas recientes combinan el muestreo de Armónicas y el monitoreo de las funciones de energía permitiendo el control de todas las fuentes de disturbios. La salida suele ser gráfica y los datos se pueden monitorear en forma remota mediante líneas telefónicas comunicadas a una Base de Datos centralizada. Con esos datos se pueden obtener análisis estadísticos. Los datos están también disponibles para su entrada y manipulación por otros programas como hojas de cálculo y otros procesadores gráficos.

Entre los instrumentos disponibles en plaza se puede mencionar al Analizador de Calidad de Energía eléctrica modelo FLUKE-43 (Figura 5.16), que permite medir parámetros tales como tensión, corriente, potencia, Armónicos, etc., es decir que permite realizar un diagnóstico eficaz de las instalaciones.

Figura 5.16

Son aptos para la medición de Armónicos de tensión, corriente y potencia hasta el 51además de la Distorsión Armónica Total ó THD; tambien nos indican el ángulo de fase de los diferentes Armónicos (Figura 5.17).

Figura 5.17

Pueden ser analizados los valores de: factor de potencia total, factor de potencia (**cos** φ), potencias activa (W), reactiva (VAR) y aparente (VA) y formas de onda de tensión y corriente (Figura 5.18).

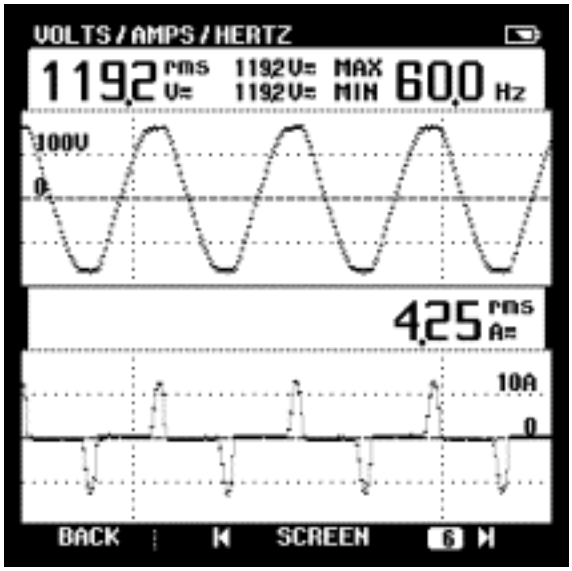
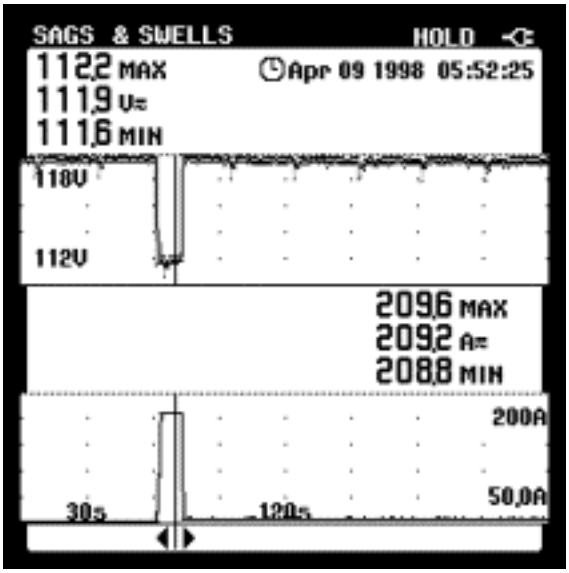


Figura 5.18

Para los problemas intermitentes en los cuales se requiera un registro en el tiempo de las posibles fallas (como ser bajas de tensión, entrada y salida de servicio de maquinaria). Estos instrumentos brindan una medida continua en tensión y en corriente ciclo a ciclo durante un periodo de tiempo determinado y la posibilidad de tener hora y fecha de los eventos con la ayuda de los cursores (Figura 5.19).



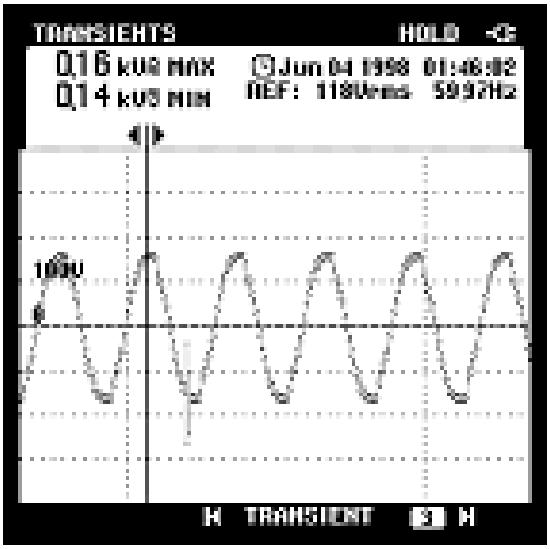


Figura 5.19 y 5.20