



POWER QUALITY

CALIDAD DE LA ENERGIA ELECTRICA

ARMONICAS FENOMENO PERTURBADOR

Alguna vez ha sido testigo de la presencia de distorsión armónica, cortes en el suministro de electricidad, oscilaciones de la tensión, caídas y picos de tensión y fenómenos transitorios

Éstas son algunas de las manifestaciones de una mala Calidad de la Energía Eléctrica que se recibe y que originan molestias a los usuarios, disminución de la vida útil de los equipos e incrementos de los costos de producción industriales.

ARMONICAS

Los armónicos son el resultado de la electrónica moderna. Están presentes donde hay gran número de computadores personales, variadores de velocidad y todo tipo de equipos que usan corriente eléctrica en pulsos de corrientes. Estos equipos están diseñados para requerir corriente durante una porción controlada de tiempo de la onda de voltaje de entrada; mientras esta dramática mejora de eficiencia es causa de armónicos en la corriente de carga.

Esto causa sobrecalentamiento de transformadores, neutros, y disparo de circuitos disyuntores (breakers). Si Ud. a prestado atención al sonido de una línea de 60 ciclos habrá escuchado un sonido monótono. Cuando los armónicos están presentes, Ud. escucha un tono diferente, rico en notas altas. Este problema es mucho más notorio cuando puede ver la forma de onda eléctrica. Un voltaje de línea normal de 60 ciclos aparece en el osciloscopio como una onda seno (fig. 1).

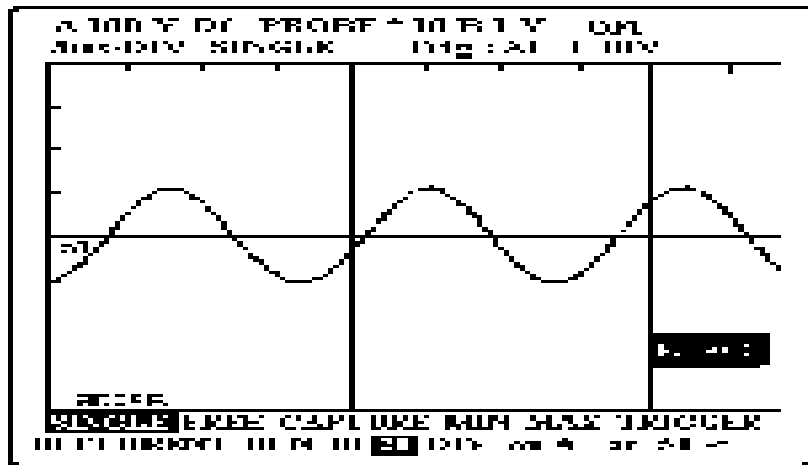


Fig. 1. *Waveform Sinusoidal*

Cuando hay armónicos presentes, la forma de onda aparece distorsionada (fig. 2A y 2B).

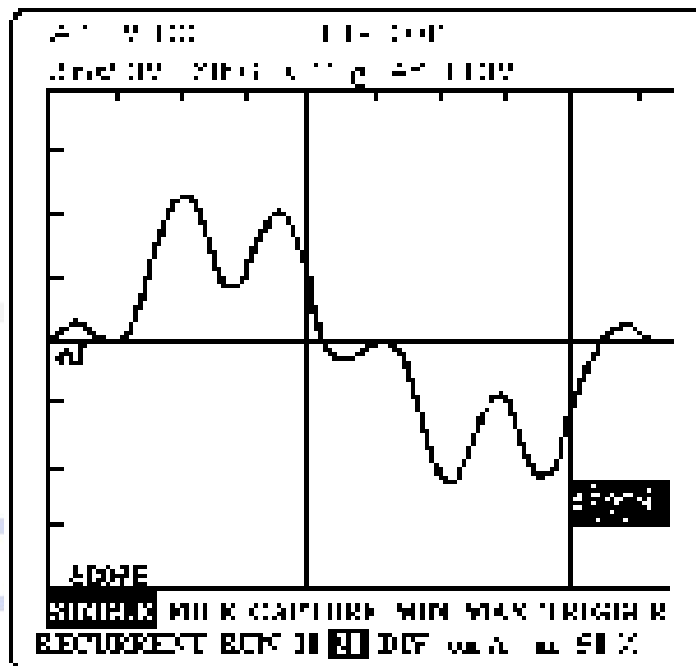


Fig 2A. *Formas de Onda de Corriente Distorsionada*

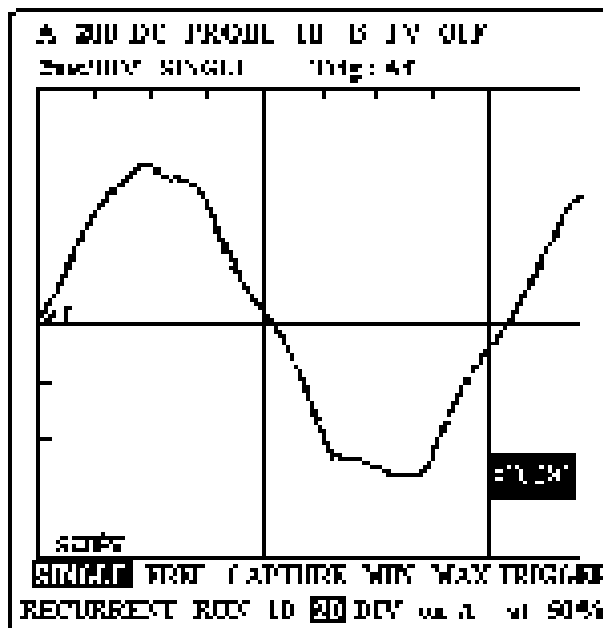
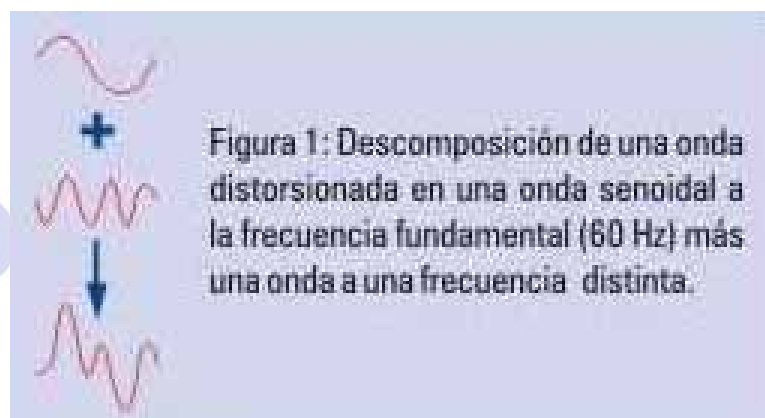


Fig. 30- Forma de Onda de Voltaje Alterado

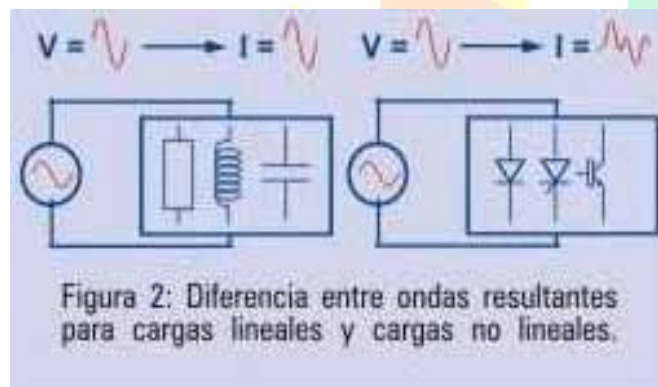
Estas ondas son descritas como No-senosoidal. La forma de onda del voltaje y corriente no son fáciles de describir, se usa el termino "No-Linear". Se denominan armónicas a las ondas de tensión o de corriente cuyas frecuencias son varias veces mayor que la frecuencia fundamental de la red 60 Hz.

Generalmente se presentan simultáneamente varias ondas de diferentes frecuencias, que modifican o distorsionan la señal inicial.



CAUSAS DE LAS ARMONICAS

La generación de armónicas proviene fundamentalmente de las cargas **no lineales** como por ejemplo los equipos de iluminación fluorescentes, las fuentes de poder que alimentan computadoras, los variadores electrónicos de velocidad de motores eléctricos, los rectificadores, y en general, los equipos de electrónica de potencia. Asimismo, generan armónicas las reactancias saturables, los equipos de soldadura y hornos de arco.



ARMONICAS DE CORRIENTE Y TENSION ORIGINAN

Efecto superficial en los conductores, pérdidas y calentamientos mayores a lo normal.

Sobrecalentamiento de los conductores neutros.

Mayores pérdidas por corrientes parásitas en los transformadores.

Sobrecarga de los condensadores de corrección del factor de potencia.

Disparos intempestivos de los interruptores automáticos.

Mayores pérdidas y efectos de vibración en los motores de inducción.

Mayor calentamiento en los Transformadores.

Ruido en el instante que la Tensión Senoidal es cero

EJEMPLOS

Tipo de Carga	Armónicas generadas	Comentarios
Soldadura Arco	3 (56%), 5 y 7 (9%)	Corriente con muchas Armónicas
Hornos Arco Corriente Alterna	Espectro variable inestable	No lineal asimétrico
Cicloconvertidores	Variables	-
Reguladores por Ancho de Pulso	Variables	Convertidor Continua - Alterna

EFFECTOS

Efectos de las Armónicas	Causas	Consecuencias
Conductores	Las intensidades armónicas provocan el aumento del Valor Cuadrático Medio de la Corriente. El "Efecto Piel" reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia.	Disparos intempestivos de las protecciones Sobre calentamiento de los conductores
Conductor Neutro	Aun cuando la carga trifásica esté equilibrada circula corriente por el conductor neutro, causada por la circulación de las armónicas impares múltiplos de 3.	Calentamiento y sobreintensidades en el conductor neutro.
Condensadores	Disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia.	Envejecimiento prematuro, amplificación de los armónicos existentes.
Transformadores	Aumento del Valor Cuadrático Medio de la Corriente. Las pérdidas por Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia, las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia.	Aumento de los calentamientos por efecto Joule en los devanados. Aumento de las pérdidas en el hierro del transformador y disminución del rendimiento.
Motores	Análogas a las de los transformadores y generación de un campo adicional al principal	Análogas a las de los transformadores más vibraciones mecánicas anormales.

COMO ENFRENTAR LOS PROBLEMAS

CONDUCTORES

La presencia de corriente armónicas incrementa el Valor Cuadrático Medio de la Corriente, lo que provoca más pérdidas y sobrecalentamiento. Además, la corriente alterna tiende a fluir hacia la superficie externa de un conductor ("**Efecto Piel**"), efecto que es más pronunciado a altas frecuencias, lo que ocasiona pérdidas adicionales y sobrecalentamiento.

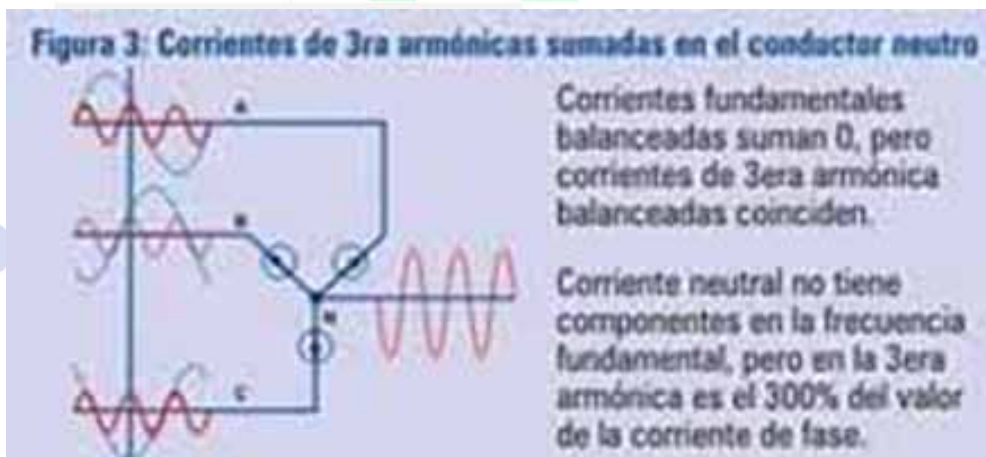
Los interruptores automáticos termo magnéticos comunes, los cuales usan un mecanismo de activación que responde al efecto de calentamiento de la corriente del circuito, podrían activarse debido al sobrecalentamiento causado por las armónicas.

Solución:

Use conductores eléctricos y barras bien dimensionadas para evitar las pérdidas y activaciones causadas por las armónicas, separe las cargas lineales de las no lineales (que causan armónicas) y reemplace los paneles e interruptores automáticos donde sea necesario.

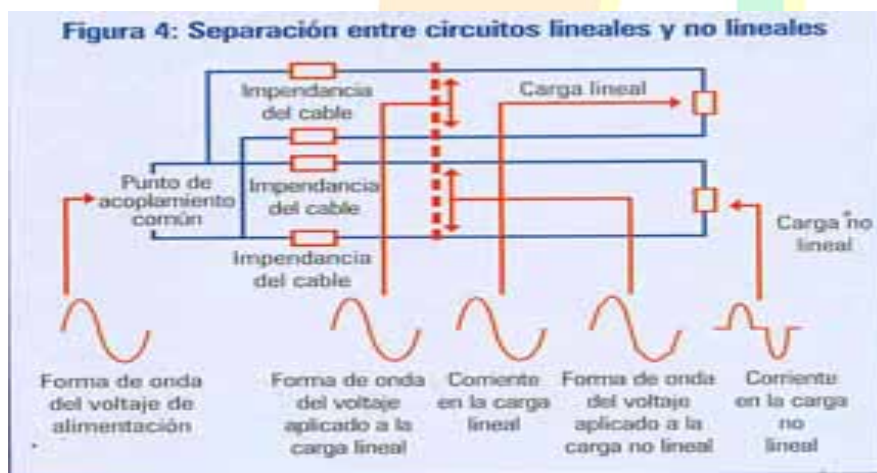
CONDUCTOR NEUTRO

En el caso de los circuitos trifásicos con cargas no lineales, las armónicas de orden impar (3^a , 9^a , 15^a , etc.), no se cancelan sino que se suman en el conductor neutro (Fig. 3), por lo que la corriente por el conductor neutro puede ser mayor que la corriente de fase. El peligro consiste en un excesivo sobrecalentamiento del cable neutro, además de causar caídas de voltaje mayores de lo normal.



CONDENSADORES

Se sobrecargan los condensadores de corrección del factor de potencia debido a que las corrientes armónicas fluyen a través de la ruta de baja impedancia de los condensadores en lugar de regresar al transformador de distribución. Además, cuando los condensadores y las inductancias del sistema de distribución de potencia forman un circuito paralelo resonante que tiene una frecuencia de resonancia cercana a una armónica de carga significativa presente, la corriente armónica resultante puede incrementarse sustancialmente sobrecargando los condensadores y haciendo volar los fusibles de los mismos.



Solución:

Se puede evitar la resonancia añadiendo una inductancia en serie con el condensador para desintonizar la frecuencia de resonancia del sistema o alternatively instalar una red de corrección kVAR diseñada especialmente.

POWER QUALITY

TRANSFORMADORES Y MOTORES

Un transformador alimentando cargas no lineales y un motor alimentado con un voltaje y corriente distorsionado se sobrecalientan debido a las corrientes parásitas y al "Efecto Piel".

Esto origina pérdidas adicionales en el transformador y el motor tiende a invertir su dirección, reduciendo el torque y ocasionando vibraciones.

Solución:

En el caso de los transformadores se debe limitar la carga que se les coloca de modo que suministren una potencia menor que la nominal. En el caso de los motores de inducción, separarlos de los circuitos que generan armónicas (mandos de velocidad variable, equipos electrónicos de gran tamaño, etc.). La práctica general es limitar la distorsión total del voltaje por armónicas a un valor menor a 5%.

REDUCIR LAS ARMONICAS

Las recomendaciones para controlar la magnitud de las corrientes armónicas generadas se pueden resumir en:

Uso de filtros pasivos para establecer un camino de baja impedancia para las corrientes armónicas de forma que circulen por el filtro y no por la fuente de alimentación.

Uso de filtros activos, que son compensadores activos de armónicos.

Uso de transformadores de separación, que separan las armónicas múltiplos de 3 de la fuente de alimentación.

Uso de reactores de línea para corriente alterna.

Realizar una nueva distribución de cargas y balance eléctrico de la instalación.

Mayor dimensionado de los transformadores y cables para disminuir las perturbaciones.

Realizar un mantenimiento predictivo de la instalación eléctrica.

Separar las cargas lineales de las no lineales.

Realizar un monitoreo continuo del sistema.