



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

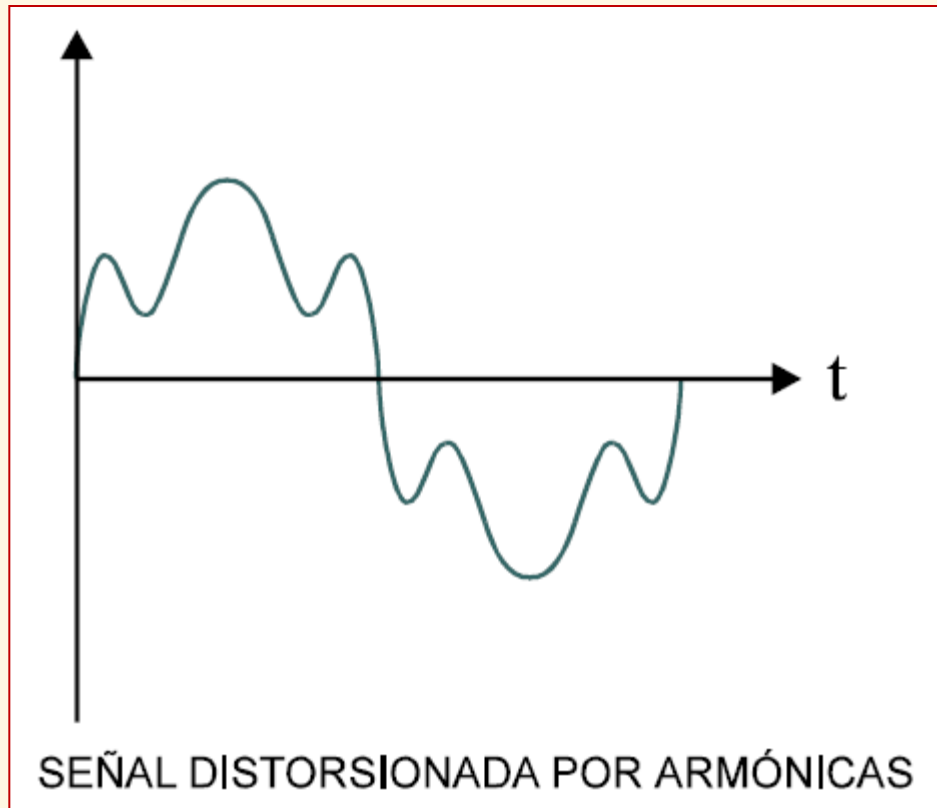
Escuela Superior de Tizayuca



Ing. Hugo Ruiz González
INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN



CAUSAS Y EFECTOS DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES (MOTORES ELÉCTRICOS)

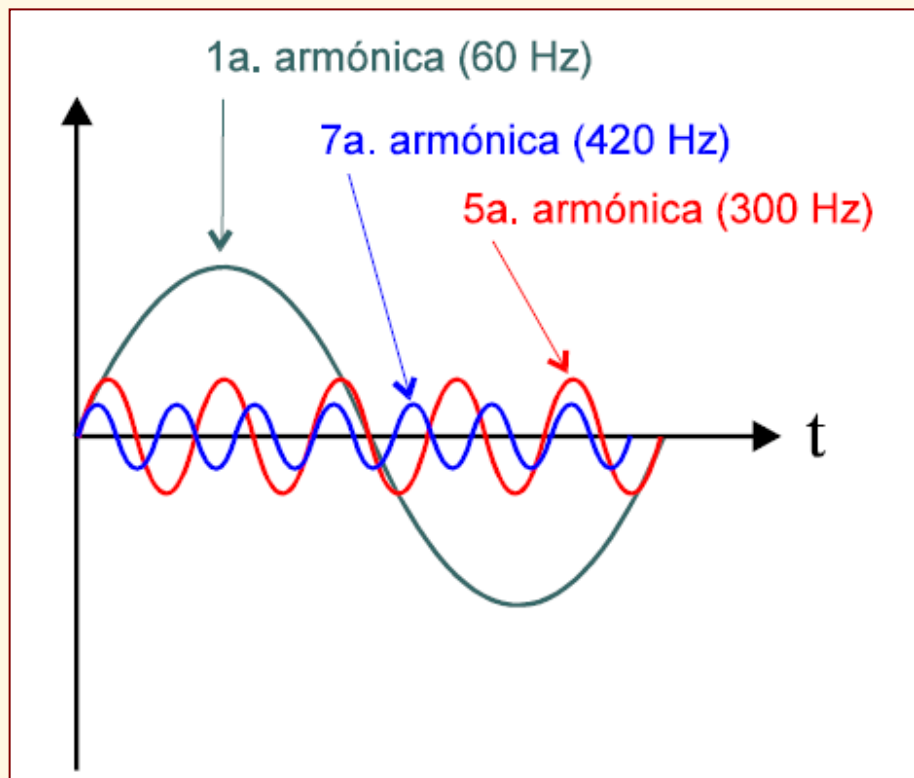


Ing. Hugo Ruiz González

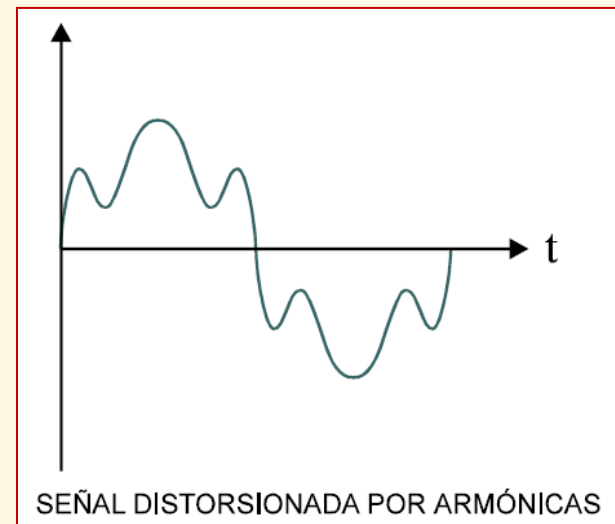
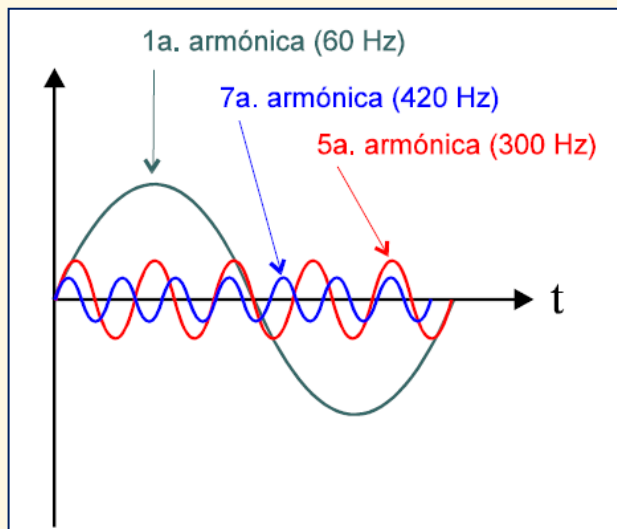
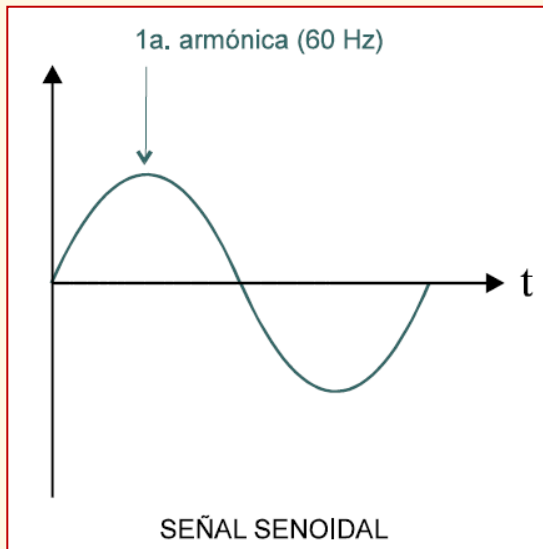


CONCEPTO DE ARMÓNICA

Las armónicas son señales de tensión y/o corriente con una frecuencia que es un múltiplo entero de la fundamental

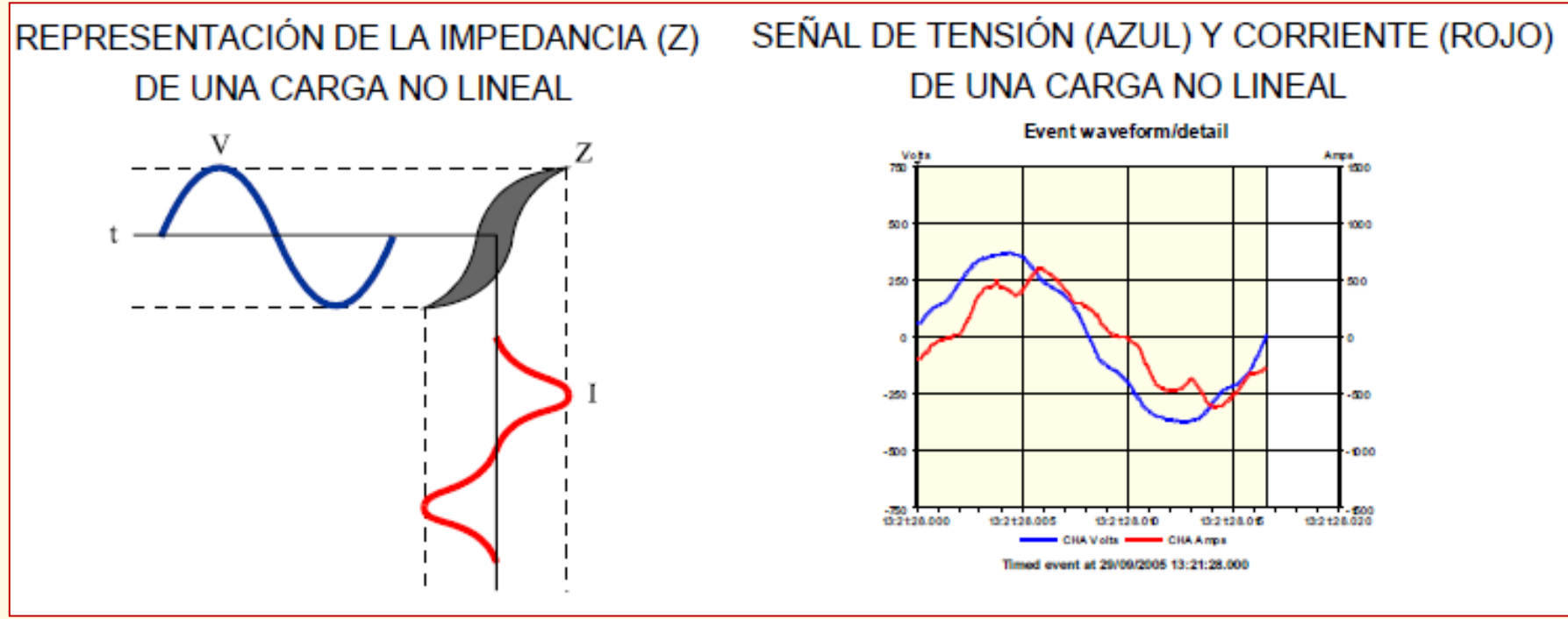


DISTORSIÓN ARMÓNICA





CAUSAS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS





CAUSAS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

Equipos que basan su operación en dispositivos electrónicos de estado sólido (diodos, tiristores, rectificadores controlados de silicio o SCR, etc.) están presentes en las instalaciones eléctricas en muchas formas y aplicaciones. Durante el funcionamiento normal aparecen armónicas de tensión y corriente, para el caso de rectificadores se producen armónicas del siguiente orden:

$$h = (k * p) \pm 1$$

Donde:

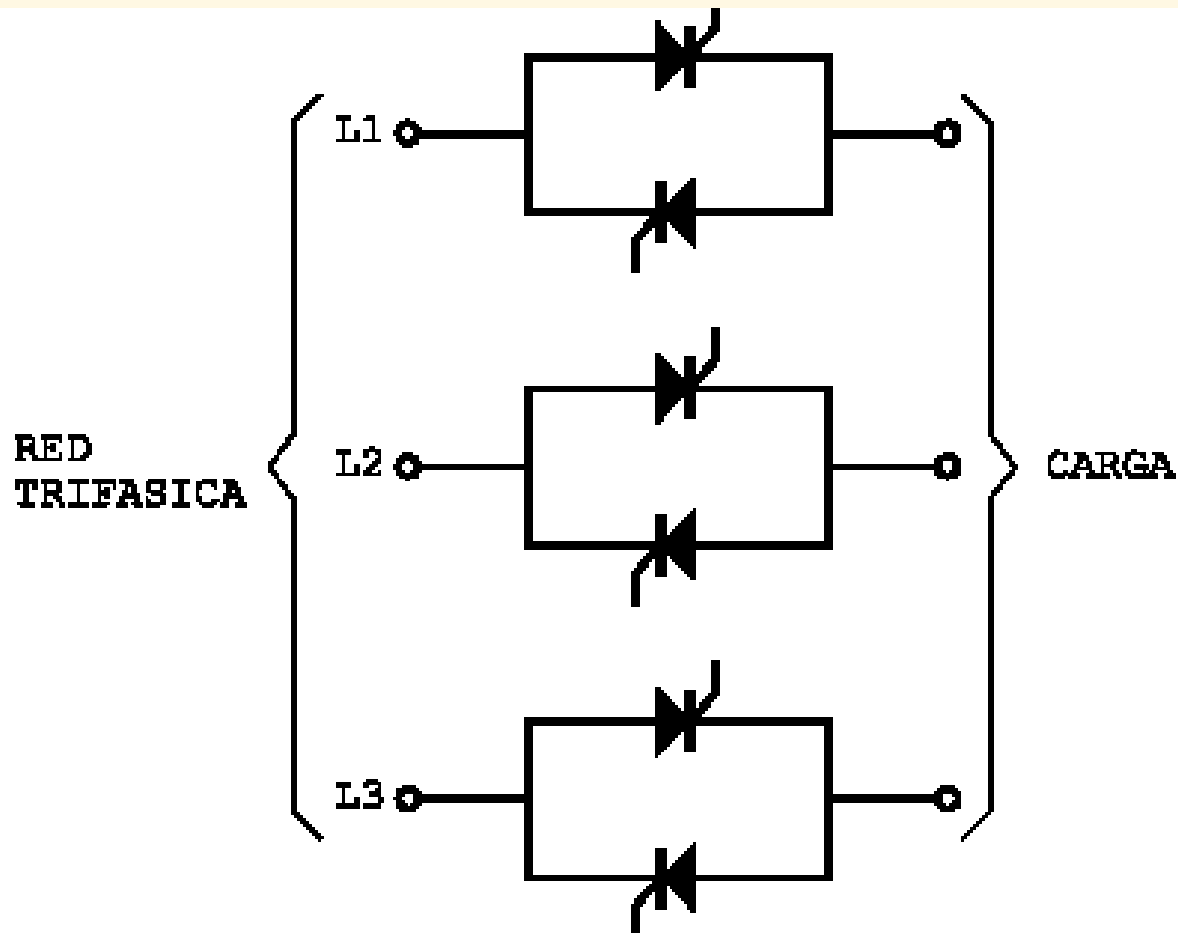
- h - Es el orden de la armónica.
- p - Número de pulsos del rectificador.
- k - Un número entero.

Por ejemplo, en un UPS trifásico que tiene un rectificador de 6 pulsos se presentaran las armónicas:



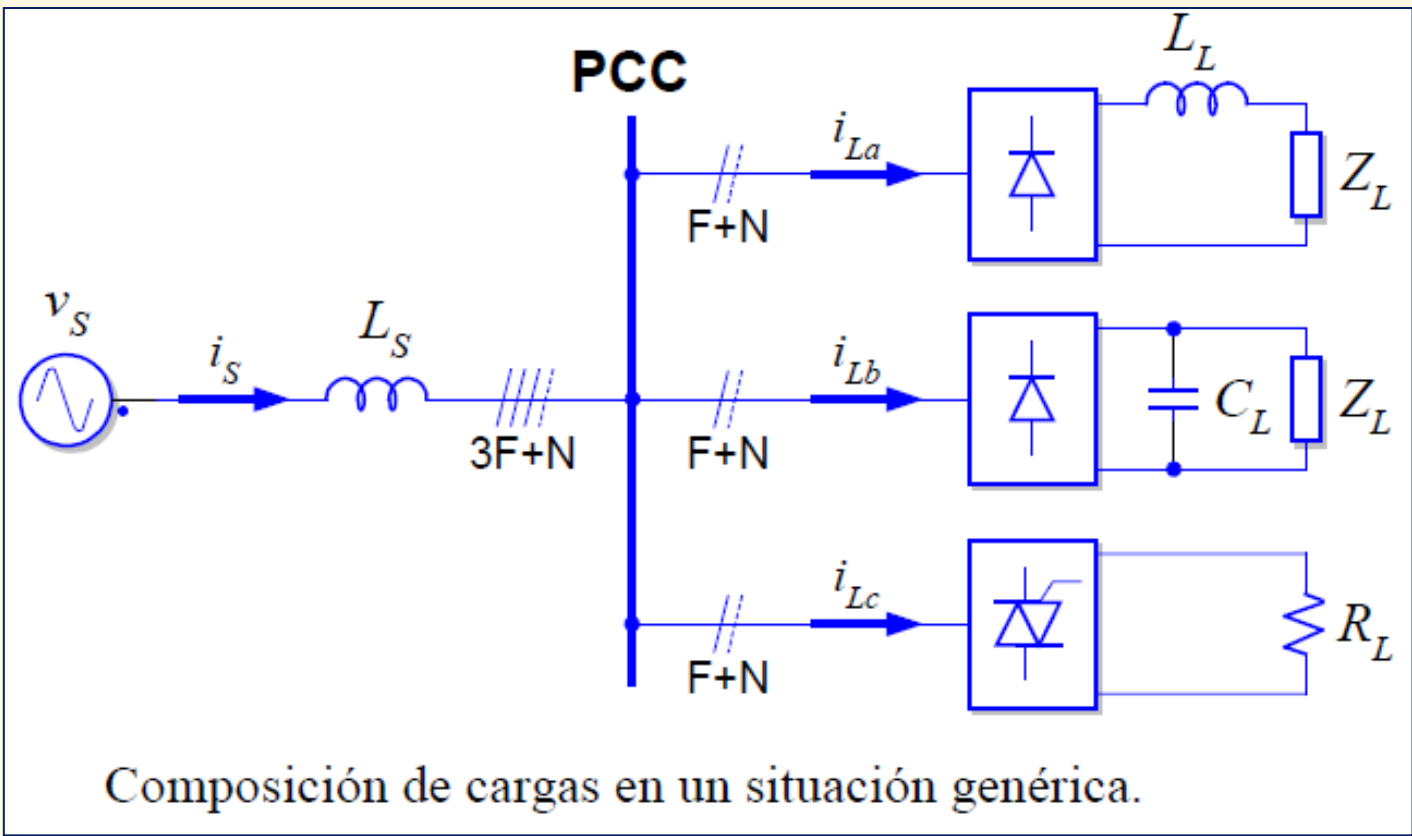
CAUSAS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

Arrancadores estáticos



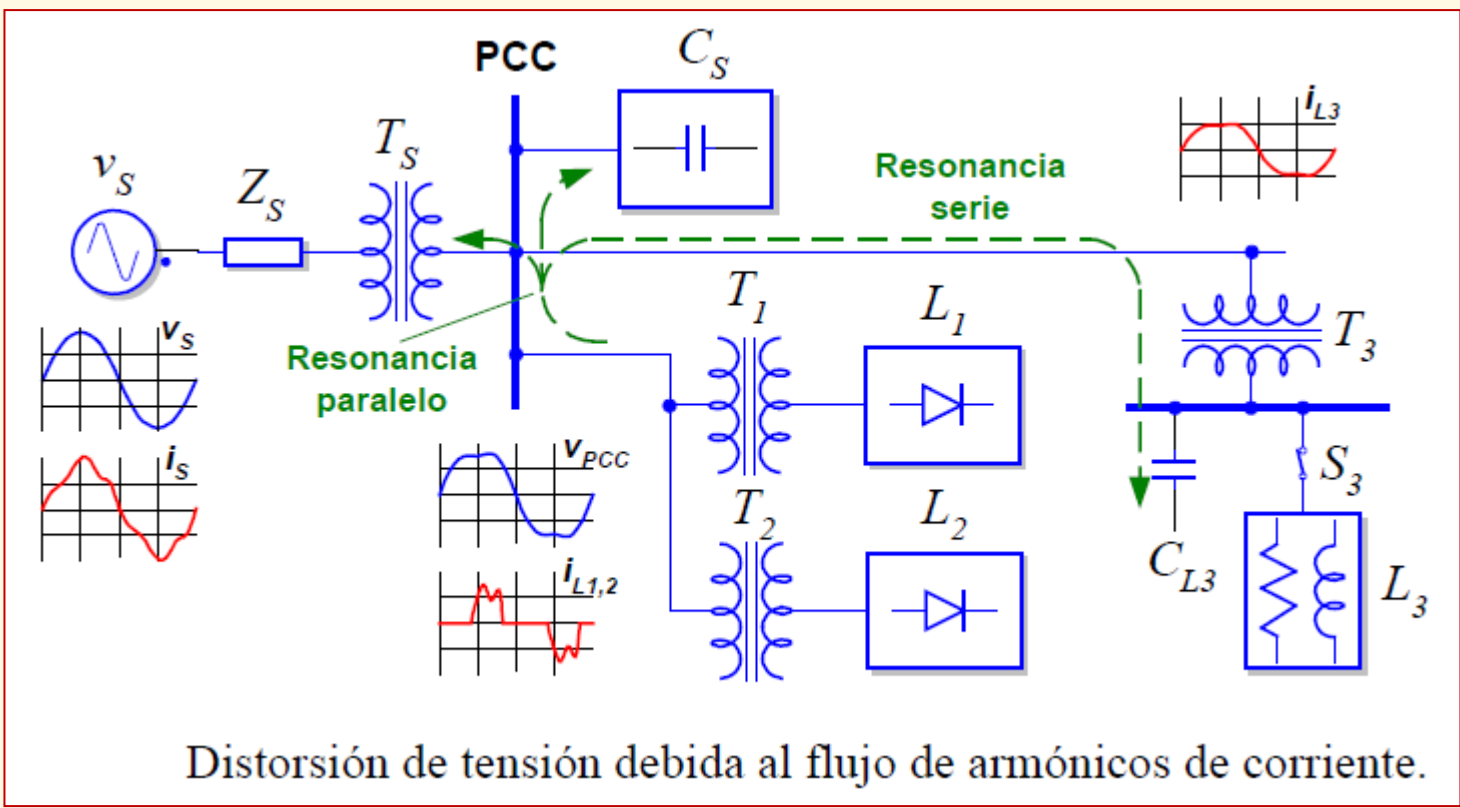


CAUSAS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS





CAUSAS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS





MEDIDICIÓN DE ARMÓNICAS

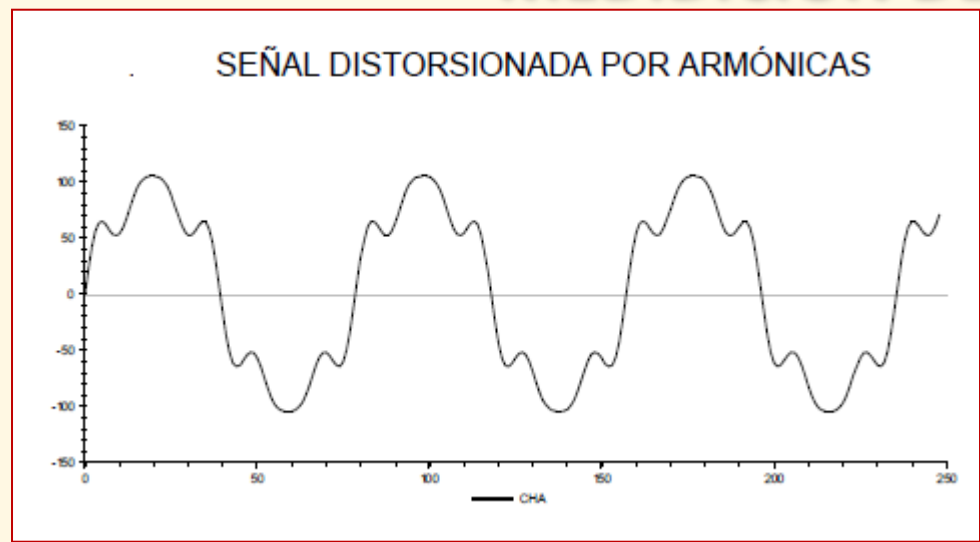
Distorsión Armónica Total en Corriente (THDI).

El THDI es usado para definir el efecto de las armónicas en la señal de corriente del sistema eléctrico de potencia, es usado en baja, media y alta tensión. Es la relación de la raíz de la suma de los cuadrados de las armónicas de corriente con respecto a la fundamental, expresada en % y es definido como:

$$\% \text{ THDI} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} * 100$$



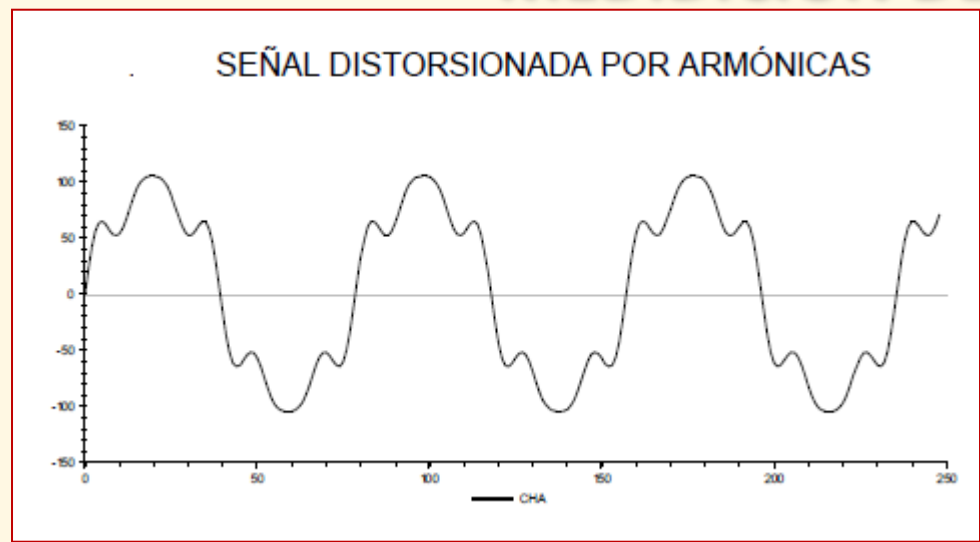
MEDICIÓN DE ARMÓNICAS



COMPONENTES ARMÓNICAS DE LA SEÑAL		
ARMÓNICA	AMPERES	VALOR EN %CON RESPECTO A LA FUNDAMENTAL
1	500	100
3	25	5.0
5	100	20.0
7	50	10.0
THDI	114.6	22.9



MEDIDACIÓN DE ARMÓNICAS



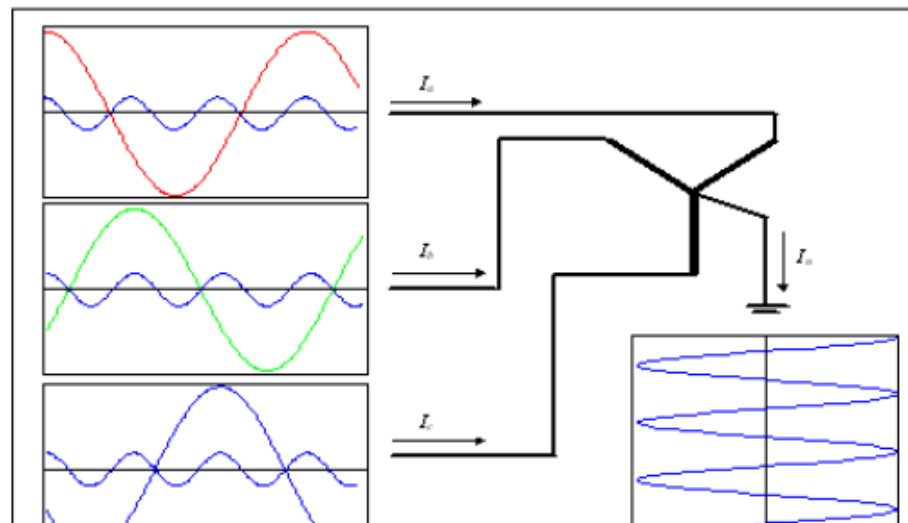
COMPONENTES ARMÓNICAS DE LA SEÑAL		
ARMÓNICA	AMPERES	VALOR EN %CON RESPECTO A LA FUNDAMENTAL
1	500	100
3	25	5.0
5	100	20.0
7	50	10.0
THDI	114.6	22.9

EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

1 - Sobrecalentamientos de los conductores neutros

En un sistema trifásico equilibrado, con neutro distribuido, esto es, de cuatro conductores y con cargas lineales, la componente fundamental de 50 Hz de la corriente, que recorre cada una de las tres fases, se anula en el conductor neutro debido a que estas corrientes están desfasadas en el tiempo un tercio del periodo (120°) y por tanto vale cero la suma de dichas tres corrientes.

Sin embargo, si se trata de cargas monofásicas no lineales, ciertos armónicos de orden impar a los que se denomina “triplens” –múltiplos impares del tercer armónico: 3° , 9° , 15° , etc.– no se anulan en el neutro sino que, por el contrario, se suman en dicho conductor (figura 4).





EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

2 – Sobrecalentamiento de los conductores y perturbaciones en los interruptores automáticos de los circuitos

La presencia de corrientes armónicas incrementa el valor eficaz de la corriente total que recorre la línea, aumentando las pérdidas y provocando calentamientos excesivos en la instalación. Por añadidura, la corriente alterna tiende a circular por la superficie exterior del conductor. Este fenómeno se conoce con el nombre de “efecto piel” y es más pronunciado en las frecuencias elevadas. El efecto piel se ignora habitualmente debido a su escasa importancia en los suministros de energía a 50 Hz. Sin embargo, por encima de los 300 Hz, esto es, en el caso del 7º armónico y superiores, el efecto piel adquiere una notable importancia provocando pérdidas adicionales y calentamientos excesivos.



EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

3 – Sobrecalentamiento y vibraciones en los motores de inducción

Los motores de inducción son cargas lineales que no generan corrientes armónicas cuando se alimentan con una tensión senoidal pura. Pero un motor alimentado por una tensión distorsionada sufrirá un calentamiento excesivo provocado por el efecto piel o por las corrientes de Foucault, incrementado por las elevadas frecuencias de las corrientes armónicas presentes. Además, si alguno de los armónicos es de secuencia negativa – tales como el 5^o y el 11^o– el campo rotatorio que generan se opone al sentido de giro del motor, reduciendo en consecuencia el par y la eficiencia del motor. Por otro lado, se generan pares pulsantes que ocasionan vibraciones mecánicas producidas por la interacción de los campos magnéticos rotatorios de los armónicos con el campo fundamental.



EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

4 – Sobrecargas de los condensadores de corrección del factor de potencia

Como quiera que el valor de la reactancia de un condensador es inversamente proporcional a la frecuencia, las corrientes armónicas, de mayor frecuencia que la fundamental, circulan con más facilidad a través de los caminos de baja impedancia de los condensadores en lugar de retroceder hacia los transformadores de distribución. En consecuencia estos condensadores se sobrecargan y se calientan debido a las corrientes armónicas. Puede presentarse un problema más grave cuando los condensadores y las inductancias del sistema de distribución de energía forman un circuito paralelo resonante, con una frecuencia de resonancia próxima a una de las frecuencias armónicas presente, que sea de cierta importancia. La corriente armónica resultante puede alcanzar un valor muy elevado, sobrecargando los condensadores y quemando sus fusibles.



EFFECTOS DE LA PRESENCIA DE ARMÓNICAS

5 – Sobrecarga de los transformadores de distribución

Los armónicos afectan negativamente a los transformadores de distribución, que alimentan cargas no lineales. El aumento del valor eficaz de la corriente debido a la forma de onda distorsionada provoca pérdidas adicionales en el cobre del bobinado de las fases. Las corrientes armónicas de alta frecuencia también ocasionan pérdidas mayores en los núcleos, como consecuencia de las corrientes de Foucault, en las carcasas metálicas y en los bobinados. Estas mayores pérdidas reducen la capacidad de carga del condensador.

En un transformador triángulo-estrella, las corrientes armónicas “triplens”, que se suman algebraicamente en el neutro del bobinado del secundario en estrella, se presentan como una corriente de circulación en el bobinado en triángulo del primario y ocasionan sobrecalentamientos que pueden provocar fallos en el transformador (figura 8).



RESUMEN

