

1.-Definición:

Se comportan como fuentes de intensidad dispuestas en paralelo y a diferente frecuencia donde la suma de todas las intensidades es la corriente que alimenta la carga (múltiplos enteros de una frecuencia fundamental) (fig. 1).

La frecuencia fundamental es la única que produce potencia activa.

Los armónicos pares aparecen únicamente en corriente continua.

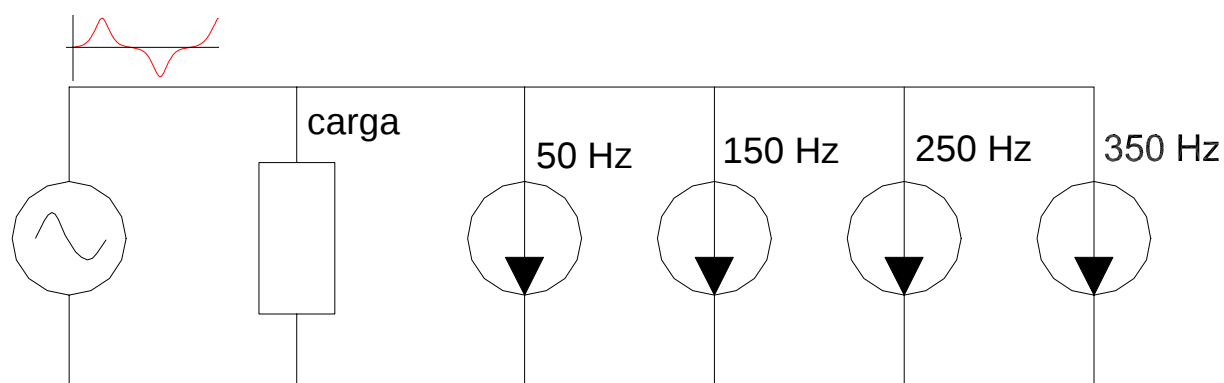


fig. 1 - efectos de armónicos ideales

Armónicos	Fund	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
frec. España (HZ)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
frec. EEUU (HZ)	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	660	720
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0	+	-	0

Pueden provocar sobrecalentamientos e incluso llegar a quemar motores y transformadores.

Con cargas no lineales nos encontramos corrientes no senoidales, como por ejemplo en fluorescentes, ordenadores, o incluso en iluminación pública que obtenemos una señal casi cuadrada. En los transformadores que trabajando cerca de la zona de saturación dan una tensión no senoidal.

Obtenemos una corriente distorsionada con armónicos y podemos observar que el circuito absorbe corriente en los picos de tensión, provocando unos impulsos de intensidad, variables según la carga (fig. 2).

En circuitos con cargas lineales la corriente no aparece distorsionada debido a la ausencia de armónicos.

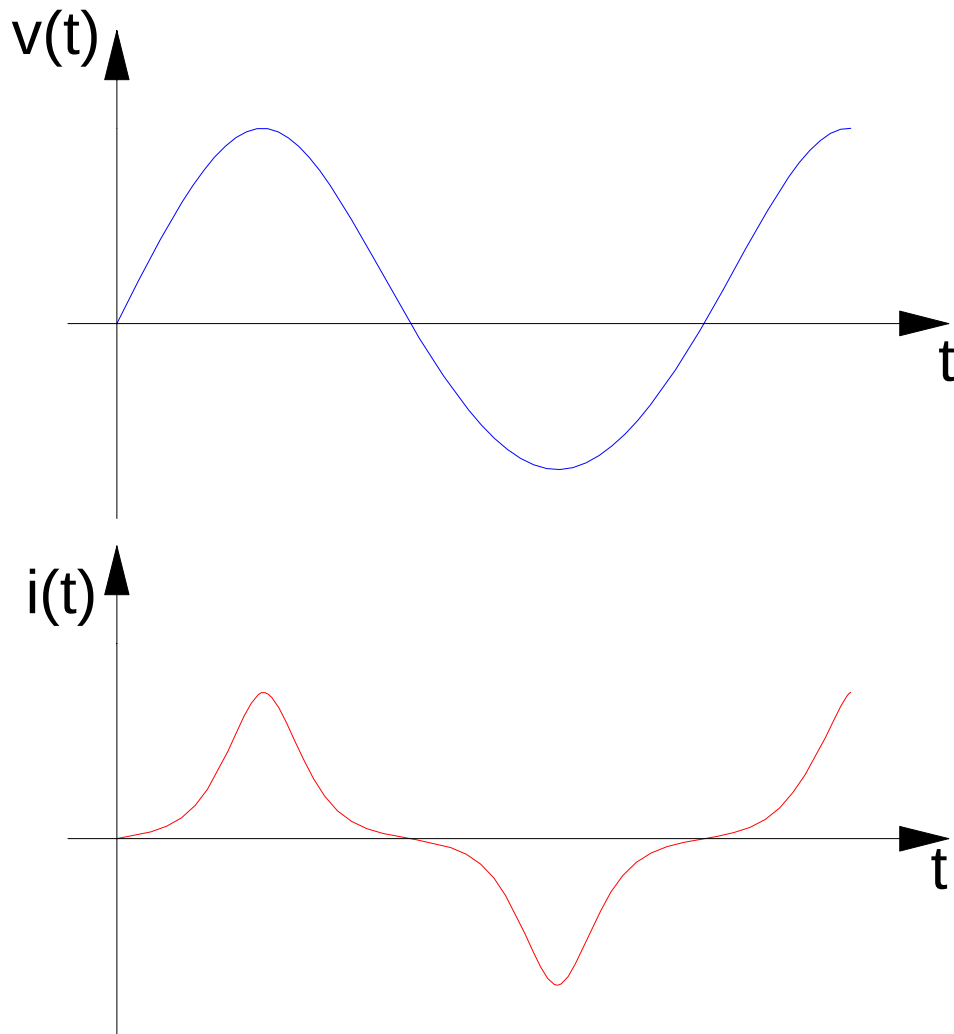
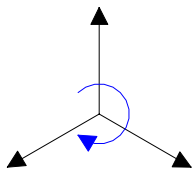


fig. 2

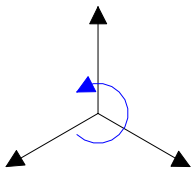
2.-Tipos de armónicos:

- Secuencia directa:



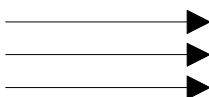
armónicos fundamentales

- Secuencia inversa:



segundos armónicos. Son los que hacen de freno al girar a la inversa, se oponen al campo de frecuencia fundamental. Estos armónicos son los que producen calentamientos, aunque se aprovecha esta característica para frenar motores inyectando corriente continua.

- Secuencia homopolar (en fase):



terceros armónicos. Este tipo de armónicos circula únicamente por el neutro (donde se suman).

3.-Efectos en el neutro:

En el neutro pueden aparecer corrientes superiores que las que circulan por las fases; esto es debido a la suma de los terceros armónicos. En cargas desequilibradas pueden llegar a ser el doble de la corriente de fase o un 130% de la corriente total medida en una fase.

Por este efecto aparecen caídas de tensión entre fase-neutro que pueden ser relativamente elevadas.

Si los neutros de todas las cargas de una instalación acaban en un neutro común que llega al transformador, el tramo de cable común soporta elevadas intensidades (la suma de los terceros armónicos de cada carga) y el transformador puede llegar a quemarse.

4.-Medición de armónicos:

Para medir armónicos utilizaremos multímetros de valor eficaz de pico de 1 ms con un factor de cresta igual a 3, y que indiquen la frecuencia de la corriente; ya que los multímetros normales sólo miden valores eficaces en señales sinusoidales (valor·1'11), en señales cuadradas realizan la lectura a un 10% por encima del valor real, y en señales distorsionadas hasta 40% por debajo, ya que este tipo de multímetro tiene la siguiente característica:

$$\text{TRUE RMS: } F.C. = \frac{V_{\text{pico}}}{V_{\text{efic}}} = 1'414 = \sqrt{2} \quad \text{donde F.C.: factor de cresta}$$

5.-Análisis de una instalación (procedimiento):

- Reconocer el entorno: comprobar las cargas no lineales conectadas a la instalación.
- Comprobar el calentamiento del transformador.
- Medir la corriente en el secundario del transformador para cada fase.
- Medir la corriente en el neutro y su frecuencia, verificando que hay armónicos si esta se encuentra alrededor de los 150 Hz (en España) o 180 Hz (en EEUU)
- Calcular la intensidad que debería pasar por cada fase según su tensión (V_f) y la potencia aparente (S) de la placa de características del transformador:

$$I = \frac{S}{V_f \cdot \sqrt{3}}$$

- Verificar la sobrecarga midiendo la tensión de fase-neutro con las cargas conectadas, siendo de hasta 2'5 V un valor razonable, y por encima, unas c.d.t. demasiado elevadas; si quitamos todas las cargas y las c.d.t. son normales nos indica que ciertamente tenemos armónicos.
- Proceder a proteger el transformador:

- 1) Desclasificación: limitar la carga

Primero definiremos el factor de desclasificación THDF para cargas monofásicas por el método CBEMA:

$$\text{THDF} = \frac{(1'414) \cdot \text{valor max. teórico onda senoidal}}{\text{valor max. real}} \quad (0 < \text{THDF} < 1)$$

$$\begin{cases} \text{Si THDF}=1 \text{ no existen armónicos} \\ \text{Si THDF}<1 \text{ existen armónicos} \end{cases}$$

Obteniendo así: $KVA_{derated} = THDF \cdot KVA$

Donde KVA: potencia aparente de la placa de características del trafo.

$KVA_{derated}$: pot. aparente de desclasificación (conjunta para todo el trafo) para evitar que este se sobrecaliente o se queme.

- 2) Poner dos transformadores para repartir las cargas de la instalación.
- 3) Sobredimensionar el transformador.
- 4) Separar los neutros.

6.-Procedimientos:

- Determinar la carga bajo la que funcionará la instalación.
- Reducir las bases de enchufes.
- Añadir neutros en los ramales.
- Sobredimensionar los centros de carga.
- Incluir interruptores con protección.
- Elegir un trafo a prueba de armónicos.
- Poner magnetotérmicos por frecuencia, por tensión, programados por tiempo de respuesta...
- Evitar conectar motores trifásicos a las líneas que alimenten cargas lineales.