



ASOCIACIÓN DE NORMALIZACIÓN
Y CERTIFICACIÓN, A.C.

NMX-J-616-ANCE-2009 – Guía de aplicación de filtros y capacitores con conexión en paralelo para la corrección de distorsión armónica

M. en C. Rodrigo Jiménez, ANCE, rjimenez@ance.org.mx

NOTA . El Centro Nacional de Metrología no es responsable del contenido de este documento. Para cualquier duda o aclaración favor de dirigirse con el autor.



Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo
↪ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
↪ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,
DERECHOS RESERVADOS 2009

Objetivo

El objetivo es identificar problemas y proporcionar recomendaciones en lo que respecta a aplicaciones generales de capacitores y filtros de armónicas en sistemas de potencia de corriente alterna que presentan los efectos de tensiones y corrientes armónicas.

Introducción a la distorsión armónica



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

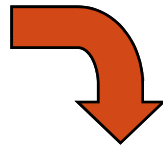
→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia



Introducción

¿ Cual es la preocupación ?

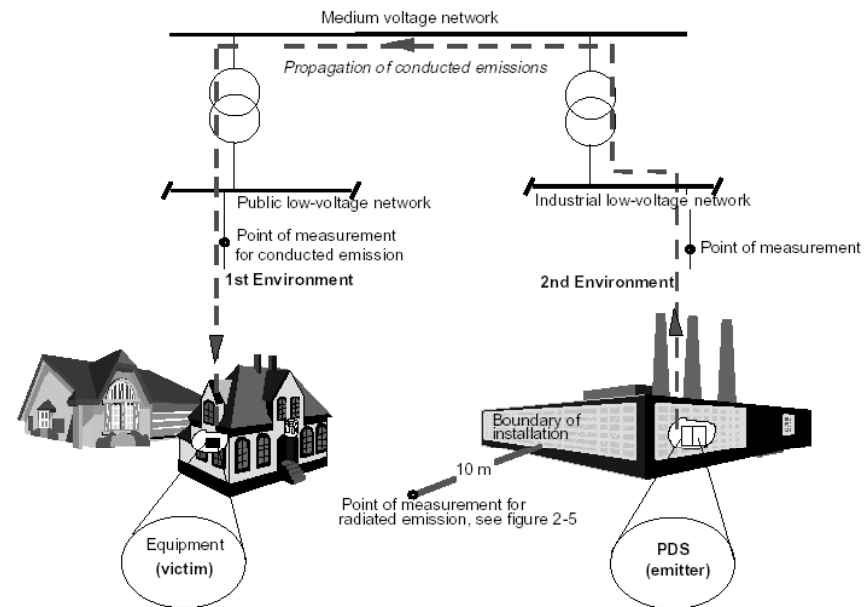
- Riesgo de incendio
 - Seguridad.
- Calentamiento de conductores, transformadores, bancos de capacitores, etc
 - Uso irracional de la energía eléctrica.
- Malfuncionamientos y reducción de tiempo de vida útil de equipos.
 - Confiabilidad operativa de los equipos



Introducción

¿ A quien afecta ?

- Red del suministrador de energía eléctrica.
- Plantas de manufactura (acereras, sementeras, papeleras, etc).
- Hospitales.
- Hoteles, Cines, Bancos.
- Edificios comerciales.
- Escuelas.
- Casa habitación.



Introducción

¿ Afecta el Factor de Potencia ?



Introducción

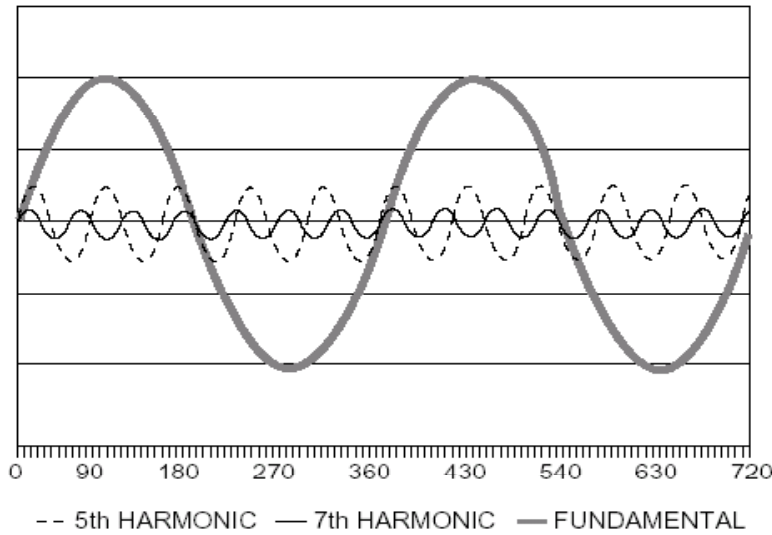
¿ Distorsión armónica ?

- El concepto teórico de las armónicas es que son tensiones y corrientes cuya frecuencia es un **MÚLTIPLO ENTERO DE LA FRECUENCIA DEL SISTEMA** (p.e. 120 Hz, 180 Hz, 240 Hz, etc...).
- El concepto práctico de las armónicas, es que son un **EFEECTO INDESEABLE**, p.e. calentamiento, que originan, algunas cargas lineales (p.e. transformadores saturados) y principalmente **CARGAS NO LINEALES**.
- Se puede decir que las armónicas son una **CONTAMINACIÓN** en las instalaciones eléctricas, originadas en mayor medida por las nuevas tecnologías (Drivers, inversores, variadores de velocidad, etc...).

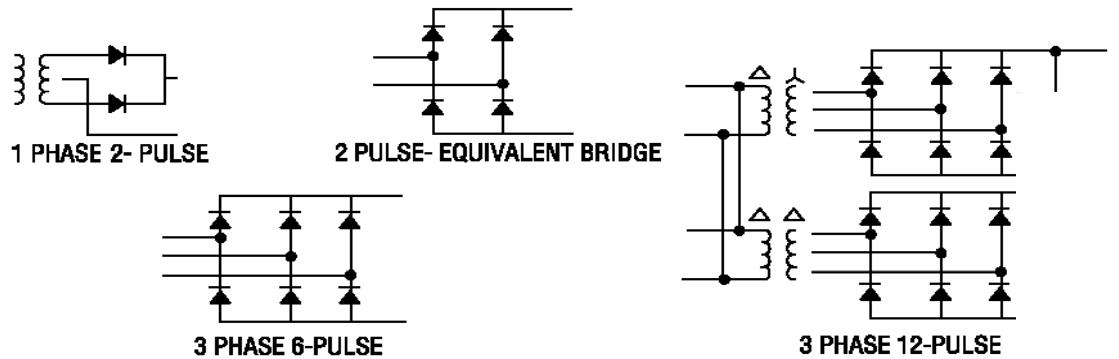
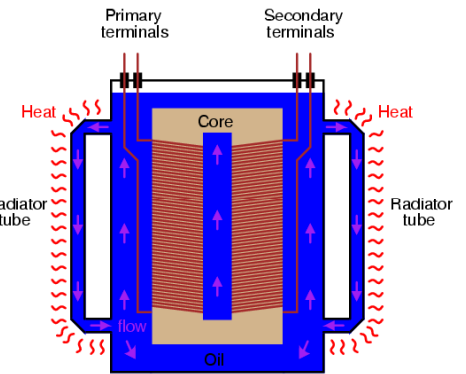
Introducción

En teoría

Harmonics

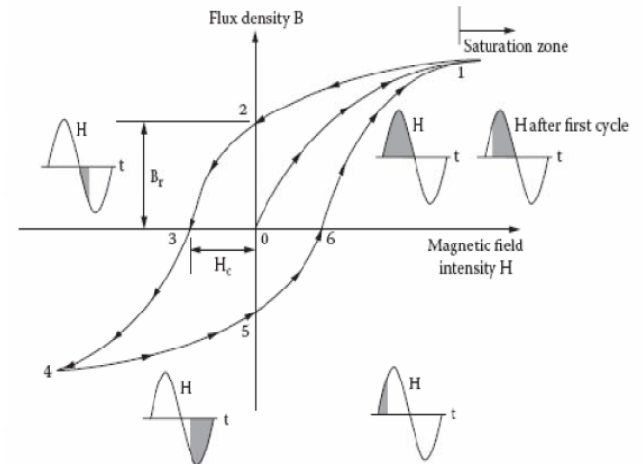


HARMONIC	FREQUENCY
1st	60
2nd	120
3rd	180
4th	240
5th	300
7th	420
9th	540
49th	2940

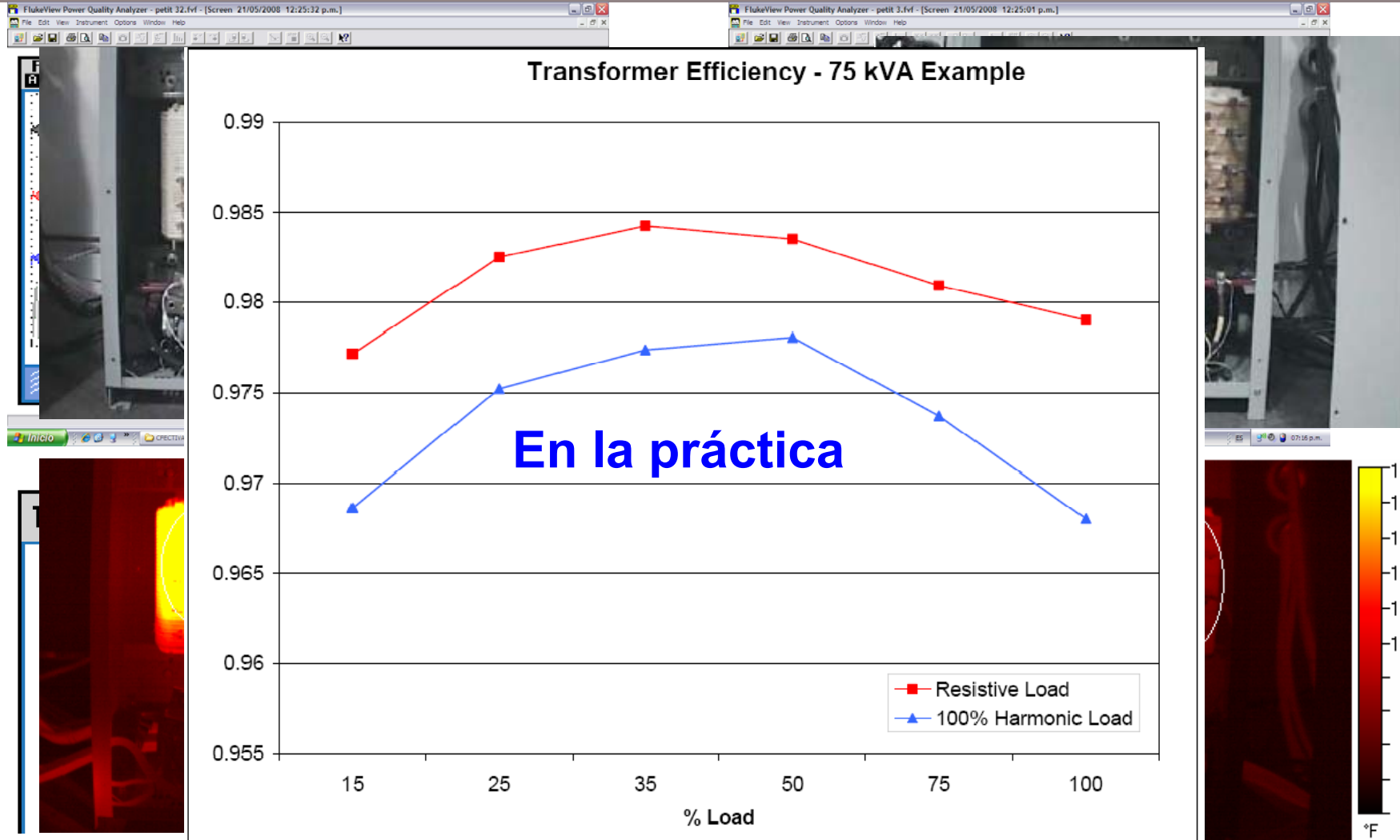


PULSE#	CHARACTERISTIC HARMONICS
2	3rd, 5th, 7th, 9th, 11th, 13th, 15th, 17th, 19th, ...
6	5th, 7th, 11th, 13th, 17th, 19th, 23rd, 25th, ...
12	11th, 13th, 23rd, 25th, 35th, 37th, ...
18	17th, 19th, 35th, 37th, 53rd, 55th, ...

$$h = kq \pm$$



Introducción



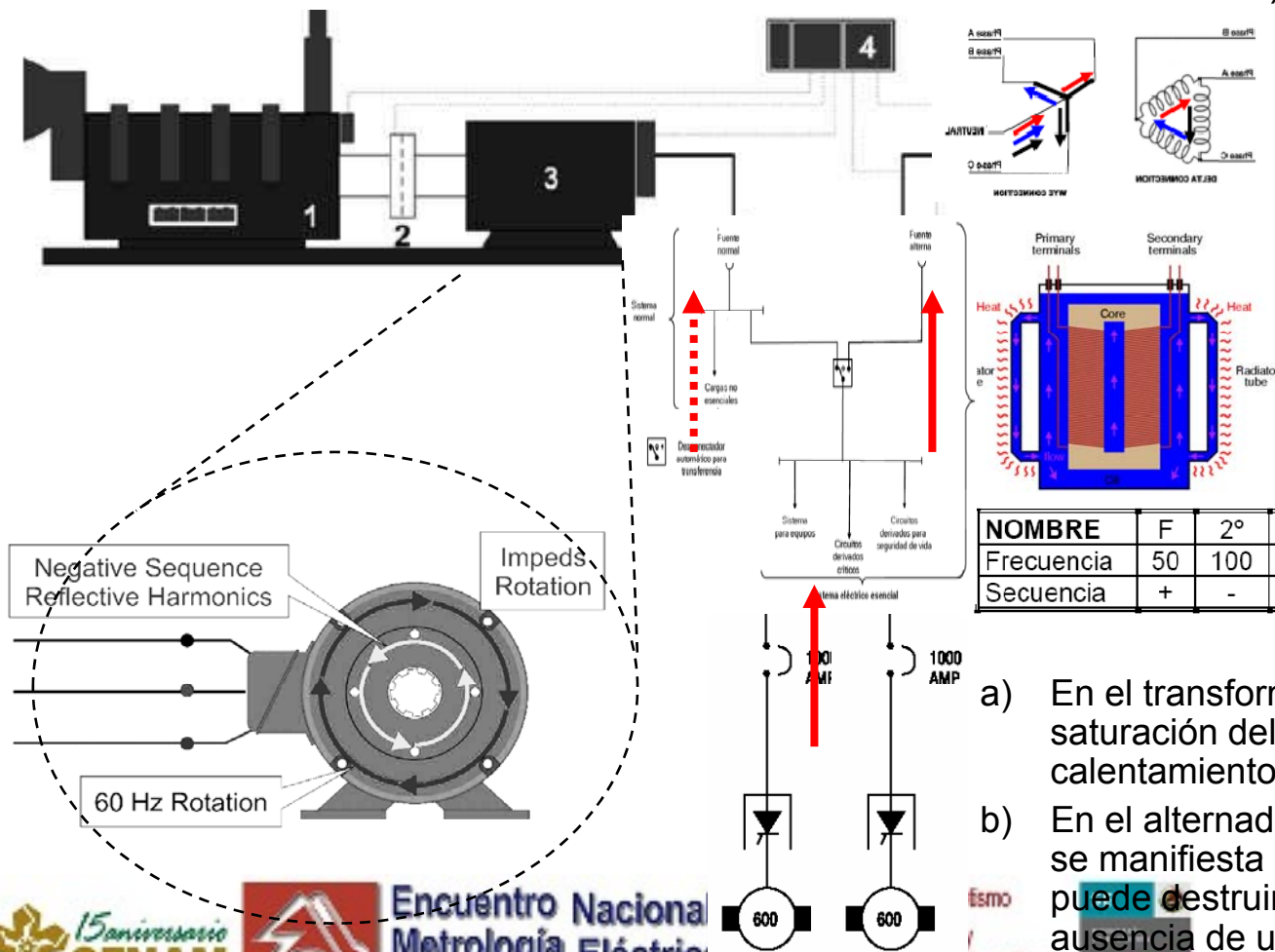
Transformador normal

Transformador especial para armónicas

Introducción

¿**Efectos nocivos** en la acometida y la planta de emergencia?

a) En principio la afectación va a existir ya sea en el transformador o en la planta, dependiendo si esta en esta en estado de apertura o cierre el desconectador automático para transferencia, pero se manifiesta de manera diferente.

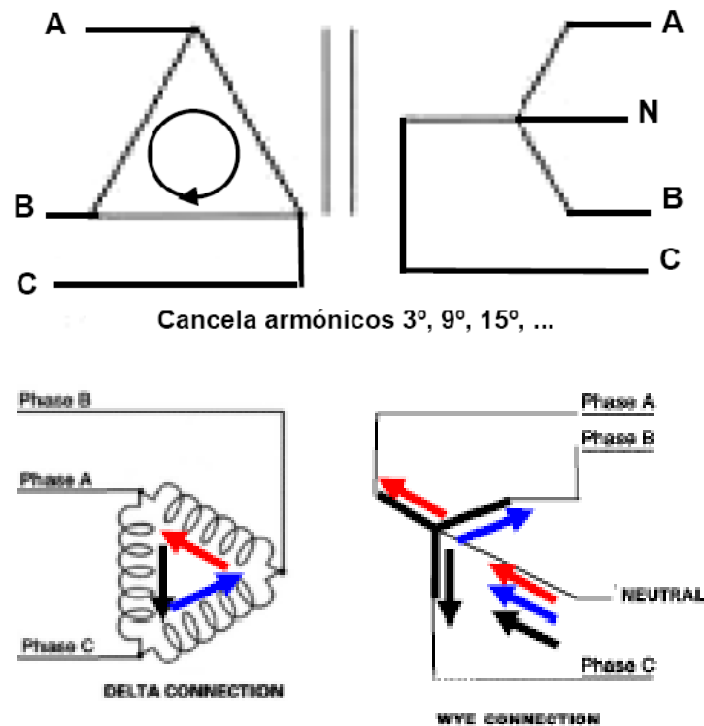


NOMBRE	F	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
Frecuencia	50	100	150	200	250	300	350	400	450
Secuencia	+	-	0	+	-	0	+	-	0

- a) En el transformador se manifiesta con saturación del núcleo que puede originar calentamientos;
- b) En el alternador de la planta de emergencia, se manifiesta con bloqueo en la flecha que puede destruirlo en el peor caso (en ausencia de una protección).

Introducción

Sistema de tres fases cuatro conductores conectado en ΔY (normal) para alimentar cargas no lineales



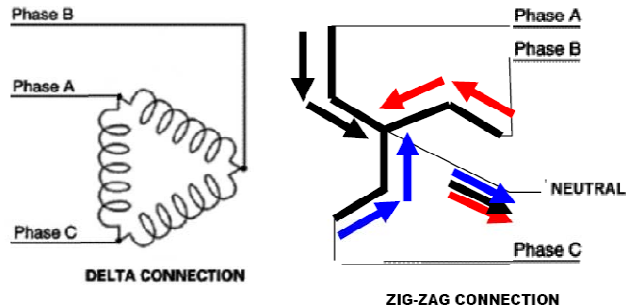
En los transformadores **delta-estrella** las corrientes armónicas “triples” se suman en el neutro del secundario.

En el primario, las corrientes armónicas “triples” desbalanceadas del primario salen de la delta y las corrientes armónicas “triples” balanceadas del primario quedan atrapadas en la delta.

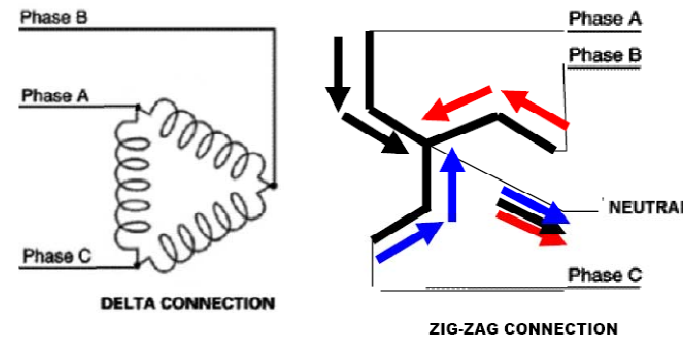
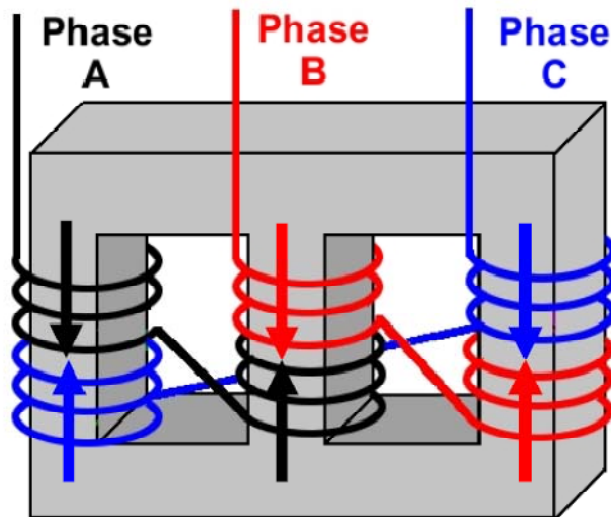
Aunque esto puede utilizarse para eliminar corrientes armónicas “triples” balanceadas, ésto sólo es válido en determinadas aplicaciones, sin embargo, se genera la recirculación de estas corrientes en la delta.

Introducción

Sistema de tres fases cuatro conductores conectado en ΔY (Zig-Zag) para alimentar cargas no lineales



Los transformadores ΔY con **secundario en zig-zag** están formados por seis devanados iguales, dos por fase. Esta disposición desvía las corrientes armónicas “triples” del neutro a los conductores de fase.



Introducción

¿Impacta a los capacitores?



Introducción

¿ Cargas no lineales?

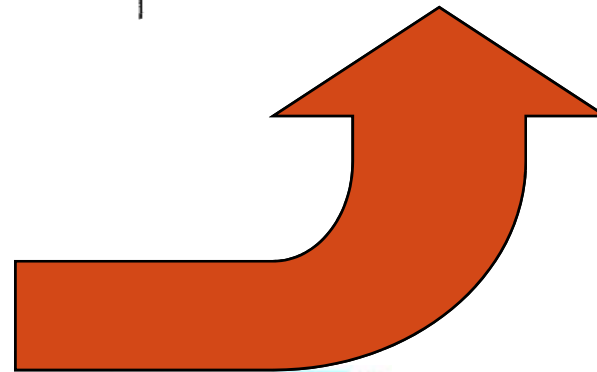
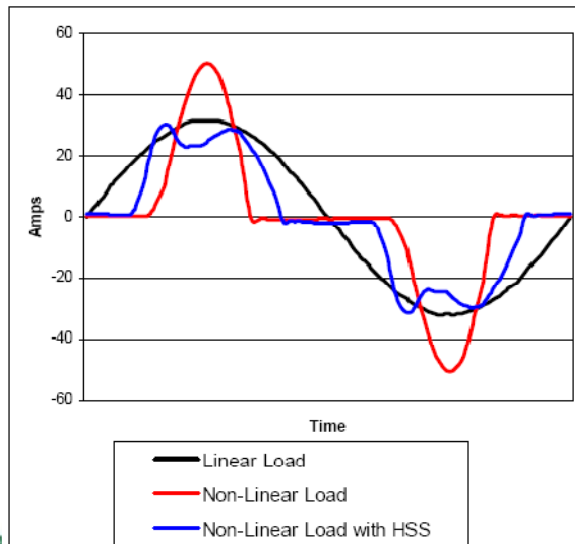
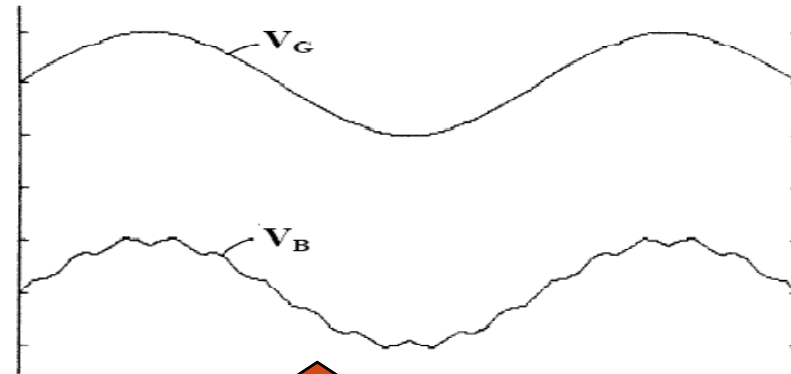
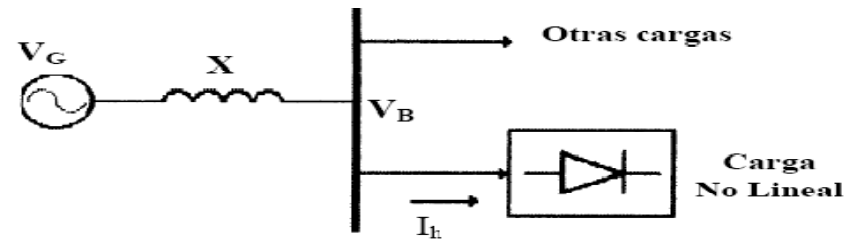
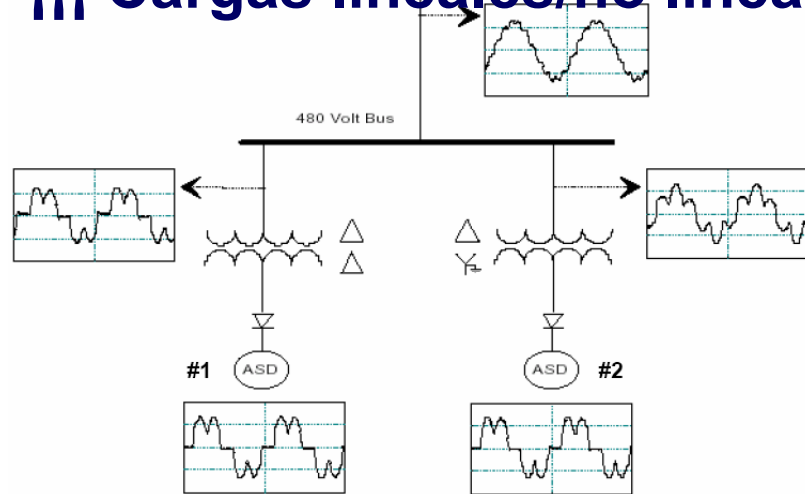
Art. 100

Carga no lineal: Aquella donde la forma de onda de la corriente eléctrica en estado estable no siga la forma de onda de la tensión eléctrica aplicada.

NOTA: Ejemplos de cargas que pueden ser no lineales: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica/electrónica, sistemas de velocidad variable, hornos de arco eléctrico y similares.

Introducción

!!! Cargas lineales/no lineales !!!



- ↪ Electromagnetismo
- ↪ Temperatura y Propiedades Termofísicas
- ↪ Tiempo y Frecuencia



Introducción

¿ Quienes son las cargas no lineales ?

- Variadores de velocidad
- Inversores
- Drivers de CA
- Drivers de CD
- Computadoras
- Copiadoras
- PLC
- Micro ondas
- T V digitales
- Lavadoras
- DVD, videojuegos, etc.



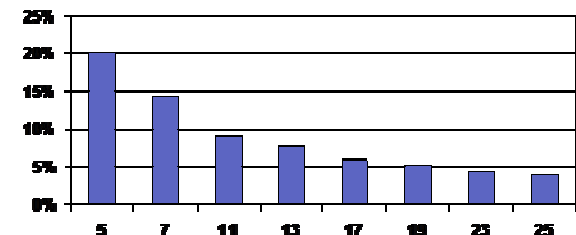
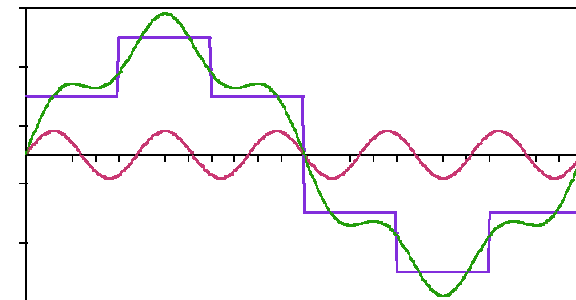
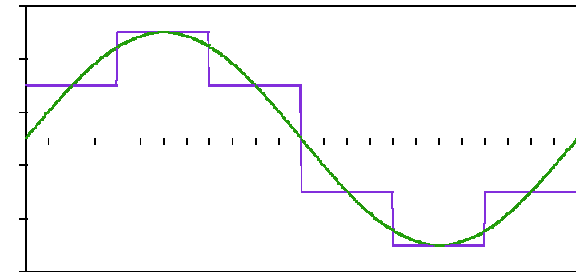
Introducción

¿ Que daños ocasionan?

- Paros de producción indeseados
- Quema de Fusibles y Subestaciones (TR)
- Quema de tarjetas digitales
- Quema de PLC

- Daño en flechas de motores/generadores
- Quema de motores
- Sobrecalentamiento

- Daño en Capacitores
- **Corriente por el neutro**



Entonces, ¿Se considera al neutro como conductor activo en presencia de armónicas? ¿Si/No, por qué?

Introducción

NOM-001-SEDE – Instalaciones eléctricas (utilización)

1.1 Objetivo

1.1.1 El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- los choques eléctricos,
- los efectos térmicos,
- sobrecorrientes,
- las corrientes de falla y
- sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta norma garantiza el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta norma no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

Introducción

3. Principios fundamentales – Selección de equipos

3.3.4 Prevención de los efectos nocivos

Todos los equipos eléctricos habrán de seleccionarse de manera que causen los *menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación durante el servicio normal*, incluyendo las operaciones de interrupción.

En este contexto, los factores que pueden tener una influencia son:

- el factor de potencia;
- corrientes inducidas;
- cargas asimétricas;
- ***distorsión armónica.***

Introducción

Requisitos relativos a las distorsión armónica en la NOM-001-SEDE.

3.3.4	Selección de equipos -> Prevención de los efectos nocivos	Requisito
210-4	Circuitos derivados multiconductores	Recomendación
220-22	Carga del neutro del alimentador	Requisito
240-23	Cambio de tamaño nominal del conductor puesto a tierra	Recomendación
310-4	Conductores en paralelo	Recomendación
310-10	Límites de temperatura de los conductores	Requisito
310-15	Capacidad de conducción de corriente para tensiones nominales de 0 a 2 000 V. -> <u>i) Conductor neutro</u>	Requisito
364-24	Neutro	Requisito
440-5	Capacidad de conducción de corriente de los cables y cordones flexibles	Requisito
520-44	Batería de lámparas suspendidas y luces laterales del proscenio	Requisito

Introducción

NMX-ANCE de distorsión armónica

Se dividen en aplicación para Instalaciones eléctricas y para equipos:

- Sistemas Eléctricos de Potencia/Instalaciones eléctricas (utilización)
(3.3.4 Prevención de los efectos nocivos – Estas NMX ayudan para tener los menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación – NOM-001-SEDE)
 - NMX-J-610/3-6-ANCE-2008 – Límites de distorsión armónica (MT, AT y EAT).
 - NMX-J-550/4-30-ANCE-2005 – Métodos de medición de distorsión armónica.
 - **NMX-J-616-ANCE-2009 – Guía de aplicación de filtros y capacitores para la corrección de distorsión armónica.**
- Equipos que se conectan en BT (electrodomésticos/industriales) –
(3.3.4 Prevención de los efectos nocivos – Estas NMX ayudan para tener los menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación – NOM-001-SEDE)
 - NMX-J-550/3-2-ANCE-2005 – Límites y métodos de medición de distorsión armónica (BT - Domésticos).
 - NMX-J-550/3-4-ANCE-2005 – Límites y métodos de medición de distorsión armónica (BT - Profesionales)

NMX-ANCE de distorsión armónica

NMX-J-610/3-6-ANCE

Norma de aplicación nacional para armónicas en instalaciones eléctricas de suministro/utilización

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana, establece una guía con los lineamientos y principios a utilizarse para determinar y evaluar los límites de distorsión armónica para la conexión de instalaciones eléctricas al sistema eléctrico nacional en MT, AT y EAT a 60 Hz. Para los propósitos de esta norma, una instalación eléctrica significa cualquier instalación eléctrica que inyecta armónicas y/o interarmónicas, la cual puede ser una carga o unidad de generación. El objetivo principal es proporcionar una guía para los operadores del sistema o compañías suministradoras respecto de las prácticas de ingeniería que facilitan las previsiones de una adecuada calidad de servicio para todos los usuarios que se conectan a una misma red de suministro de energía eléctrica.

NOTAS

- 1 Las instalaciones en BT se cubren por otras Normas Mexicanas, por ejemplo la NMX-J-550/2-2-ANCE.
- 2 Los límites de emisiones armónicas que se establecen en la presente norma no tienen la intención de reemplazar los límites de las normas de familia de producto o producto.



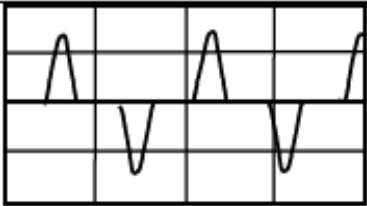
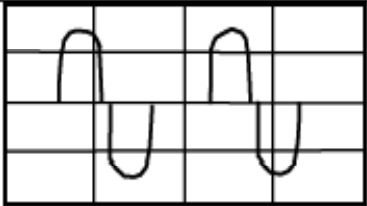
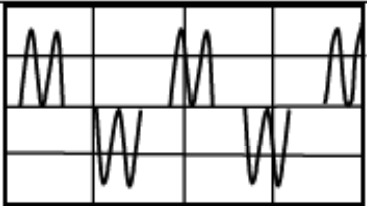
Esta norma establece los límites de distorsión armónica que deben cumplirse, más no establece cómo reducir dichos valores ni tampoco cómo aumentar la capacidad del sistema.

NMX-ANCE de distorsión armónica

Tabla 4

$$S_{Dwi} = \sum_j S_{Dj} \cdot W_j \qquad \frac{S_{Dwi}}{S_{SC}} \leq 0,2 \%$$

TABLA 4.- Factores de ponderación, W_j , para diferentes tipos de equipos que producen armónicas

Equipo típico que se conecta en BT, MT o AT	Forma de onda típica de corriente	Valor típico de THD en corriente	Factor de ponderación (W_j)
Fuente de alimentación monofásica (rectificador y capacitor de filtrado)		80 % (armónica de 3er orden con magnitud elevada)	2,5
Convertidor semi-controlado		Armónicas de 2o, 3er y 4o orden con magnitud elevada para valores bajos de carga	2,5
Convertidor de 6 pulsos, con filtrado capacitivo sin inductancia en serie		80 %	2,0

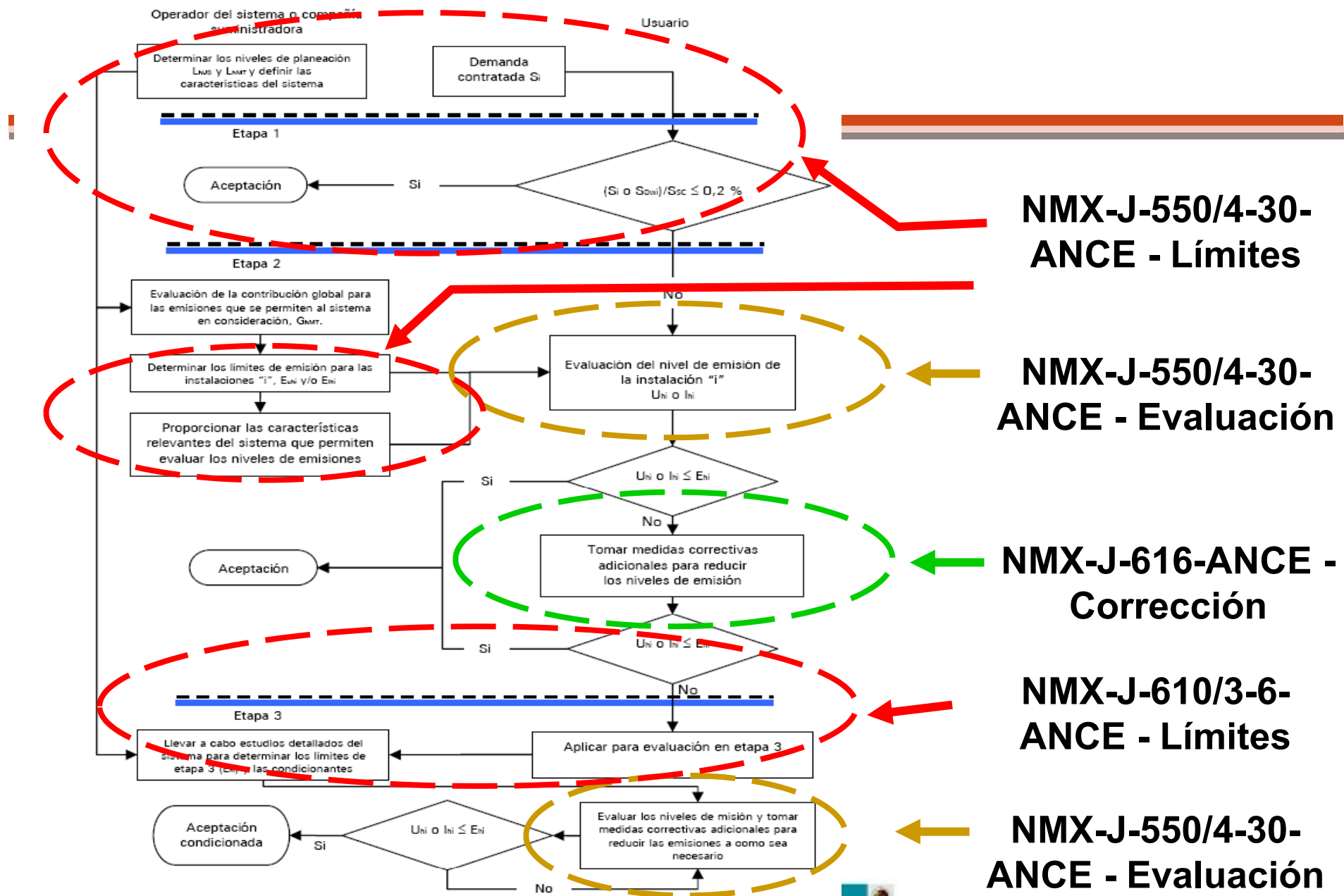
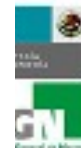


FIGURA 5.- Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación en MT



NMX-ANCE de distorsión armónica

NMX-J-550/4-30-ANCE

PROY-NMX-J-550/4-30-ANCE-2007
PNN-2007-ANCE/162
1/67

COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA (EMC) – PARTE 4-30: TÉCNICAS DE PRUEBA Y MEDICIÓN –
MÉTODOS DE MEDICIÓN Y ESTUDIO DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY (EMC) - PART 4-30: TESTING AND MEASUREMENT
TECHNIQUES - POWER QUALITY MEASUREMENT METHODS

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Mexicana establece los métodos de medición para los parámetros de calidad de la energía en la red de energía eléctrica a 60 Hz en los puntos de acoplamiento común, incluyendo la interpretación de resultados con base en otras Normas Mexicanas y regulaciones técnicas.

Los métodos de medición se describen para cada tipo de parámetro importante en términos de que sea posible y confiable de obtener resultados comparables. Para los estudios de calidad de la energía no se consideran las condiciones ambientales. La presente Norma Mexicana se enfoca en los métodos de medición en sitio (*in situ*).

La medición de los parámetros que se cubren por esta Norma Mexicana se limita a los fenómenos que pueden conducirse en un sistema eléctrico de potencia. Éstos incluyen los parámetros de tensión, corriente y sus relaciones en el tiempo que definen de una manera directa o indirecta a la energía eléctrica.



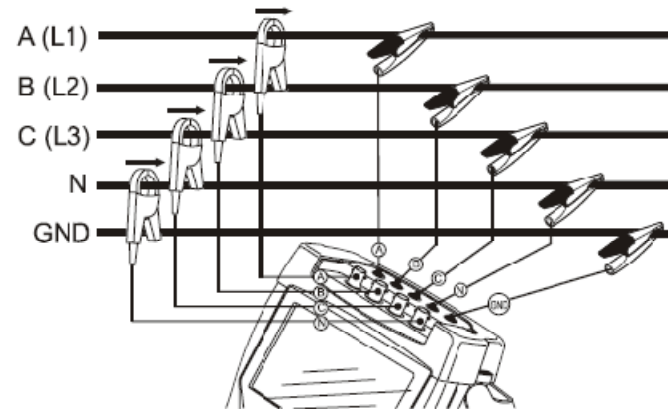
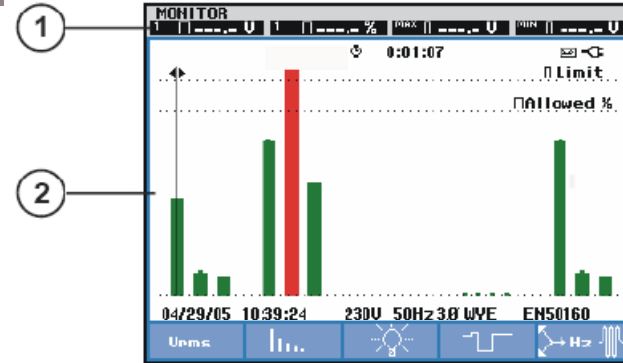
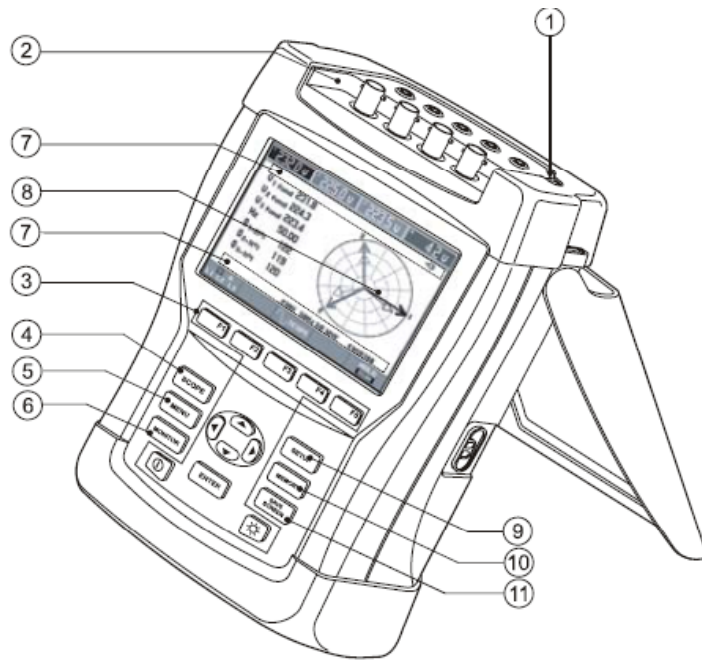
Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia





NMX-ANCE de distorsión armónica

Mediciones normalizadas !!!!!



El analizador dispone de funciones adicionales, como transmisión de señales, registro, precisión de entrada de tensión de 0,1% conforme a la norma IEC61000-4-30 2003 Clase A, memoria adicional para almacenar datos de registro, software de registro de potencia, pinzas amperimétricas flexibles y un maletín con ruedas de alta resistencia. La instalación de estas funciones

NMX-J-616-ANCE-2009

	PROYECTO DE NORMA ANCE	PROY-NMX-J-616-ANCE-2008
 PROYECTO PROY-NMX-J-616-ANCE-2008 Primera Edición		
GUÍA DE APLICACIÓN DE FILTROS Y CAPACITORES CON CONEXIÓN INDUSTRIAL A.C. NETWORKS AFFECTED BY HARMONICS – APPLICATION OF FILTERS AND SHUNT CAPACITORS		
PNN-2008-ANCE/270 Este proyecto de norma mexicana es de aplicación nacional.		
Fecha de publicación en el Diario Oficial: 05 de diciembre de 2008	Fecha límite para recibir observaciones: 03 de febrero de 2009	

ÍNDICE DEL CONTENIDO

		Página
1	GENERALIDADES	1
	1.1 Objetivo y campo de aplicación	1
	1.2 Referencias	2
	1.3 Definiciones	2
	1.4 Generalidades	3
2	PROBLEMAS Y SOLUCIONES CONCERNIENTES A LA RESONANCIA	4
	2.1 Introducción	4
	2.2 Impedancia lado fuente, impedancia lado carga	6
	2.3 Ejemplo de resonancia serie	7
	2.4 Ejemplo de resonancia paralelo	10
	2.5 Soluciones para evitar resonancias	12
3	CAPACITORES QUE SE INSTALAN EN PARALELO Y FILTROS PARA REDES CO TENSIONES MENORES O IGUALES QUE 1 000 V	17
	3.1 Introducción	17
	3.2 Capacitores que se instalan en paralelo	18
	3.3 Filtros desintonizados	18
	3.4 Filtros sintonizados	18
	3.5 Selección de los componentes	19
	3.6 Perturbaciones en el teledando centralizado, que se provocan por los capacitores que se instalan en paralelo y los filtros	22
4	CAPACITORES A INSTALAR EN PARALELO Y FILTROS PARA REDES CON TENSIONE: MAYORES QUE 1 000 V	25
	4.1 Introducción	25
	4.2 Requisitos específicos	25
	4.3 Selección del equipo de corrección del factor de potencia	25
	4.4 Tipos de filtros	26
	4.5 Selección de los componentes del filtro	26
	4.6 Interferencias en los teledandos centralizados provocadas por los capacitores que se instalan en paralelo y los filtros	28
5	BIBLIOGRAFÍA	29
6	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	30



Encuentro Nacional de Metrología Eléctrica 2009
18-20 de noviembre

↪ Electromagnetismo
 ↪ Temperatura y Propiedades Termofísicas
 ↪ Tiempo y Frecuencia



NMX-J-616-ANCE-2009

GUÍA DE APLICACIÓN DE FILTROS Y CAPACITORES CON CONEXIÓN EN PARALELO PARA LA CORRECCIÓN DE DISTORSIÓN ARMÓNICA

INDUSTRIAL A.C. NETWORKS AFFECTED BY HARMONICS – APPLICATION OF FILTERS AND SHUNT CAPACITORS

1 GENERALIDADES

1.1 Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Mexicana proporciona una guía para el uso de filtros pasivos de armónicas de corriente alterna y capacitores que se conectan en paralelo con el fin de limitar la distorsión armónica y corregir el factor de potencia en las instalaciones en las que se suministra energía eléctrica en corriente alterna en alta y baja tensión. Las disposiciones que proporciona esta norma aplican a las armónicas cuyo orden es mayor que 1 y menor que 25.

NMX-J-616-ANCE-2009

2 PROBLEMAS Y SOLUCIONES CONCERNIENTES A LA RESONANCIA

2.1 Introducción

En las instalaciones eléctricas se conectan conjuntamente diferentes componentes, por ejemplo, generadores, líneas de potencia, cables, transformadores, capacitores y cargas.

La impedancia en cualquier punto de la red depende de la frecuencia, de los componentes de la misma y de su configuración.

La conexión en serie de un reactor y de un capacitor produce una impedancia muy baja en un cierto intervalo de frecuencias, cerca de su frecuencia de resonancia. Este efecto se llama resonancia serie.

La conexión en paralelo de un reactor y un capacitor produce una impedancia muy alta en un cierto intervalo de frecuencias, cerca de la frecuencia de resonancia. Este efecto se llama resonancia paralelo.

Puede aparecer una resonancia serie y una resonancia paralelo en la misma red en un amplio intervalo de frecuencias.

Si tales circuitos resonantes (conexión serie/paralelo) se excitan por fuentes de armónicas de corriente o de tensión, puede producirse la amplificación de tensiones y corrientes que pueden perturbar, sobrecargar e incluso destruir componentes de la red.

NMX-J-616-ANCE-2009

2.2 Impedancia lado fuente, impedancia lado carga

Para analizar el comportamiento de una red respecto a las armónicas es útil considerar por lo menos dos impedancias:

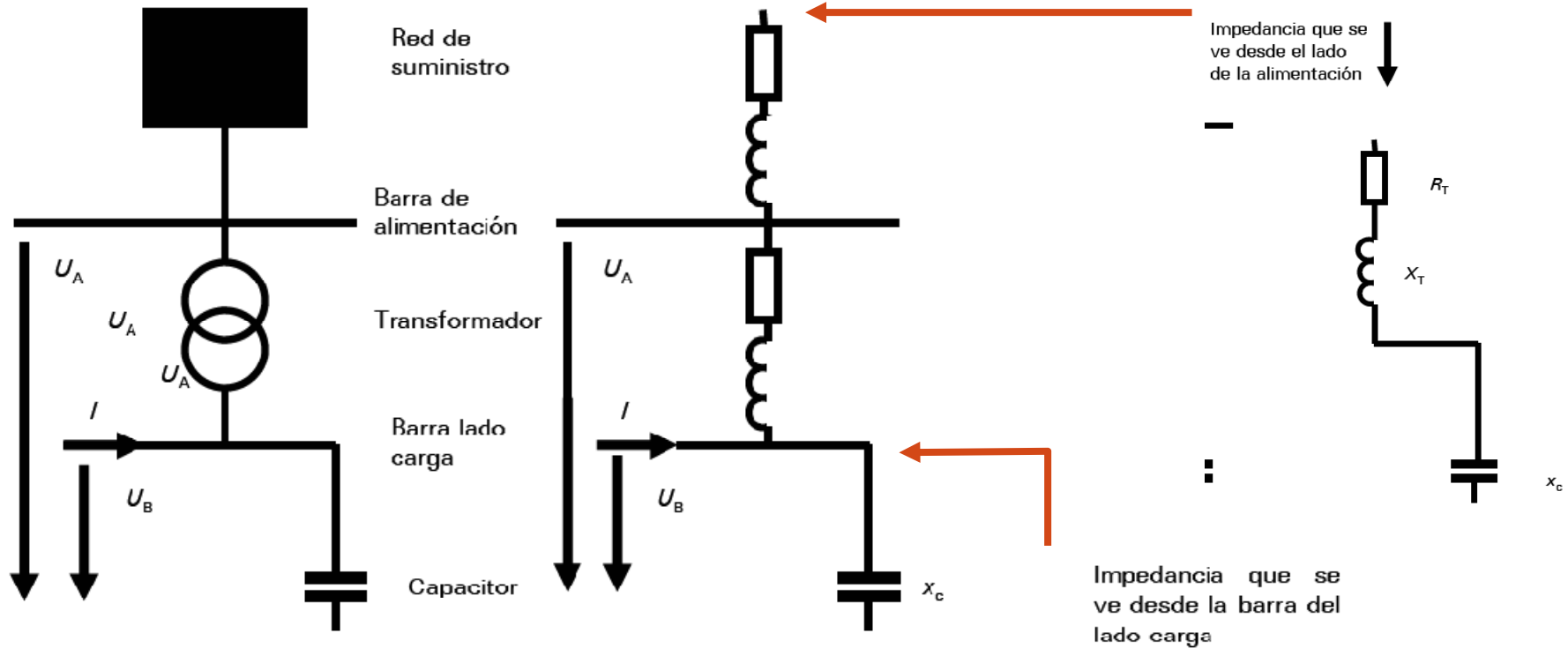
- La impedancia lado fuente (véase figura 2a).

Este aspecto es útil para el análisis de las cargas capacitivas, cargas inductivas en presencia de tensiones y corrientes armónicas en la barra de suministro, así como para calcular la impedancia, a la frecuencias del sistema, que se utilizan para el control por telemando y para evaluar las tensiones armónicas resultantes (calidad de la tensión) que aparecen en la barra del lado de carga.

- La impedancia lado carga (véase figura 2b).

Este aspecto es útil para el análisis de las cargas capacitivas e inductivas en presencia de fuentes de corrientes armónicas sobre las barras del lado de carga y para el cálculo de las tensiones armónicas resultantes (calidad de la tensión) en estas barras.

NMX-J-616-ANCE-2009



NMX-J-616-ANCE-2009

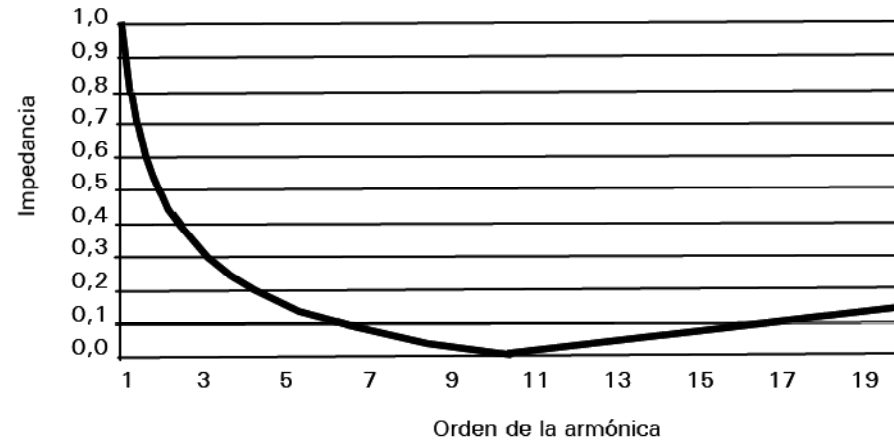
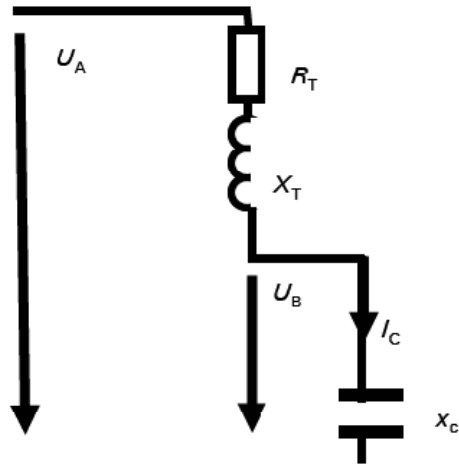


Diagrama unifilar de un circuito con resonancia serie

Impedancia, en ohms, en función del orden armónico, del circuito

TABLA 1.- Resultados numéricos del cálculo de impedancias, tensiones y corrientes de los ordenes armónicos característicos de un circuito de resonancia serie en una red con una tensión de suministro con distorsión

h	X_T Ω	X_C Ω	Z Ω	U_A V	U_A (%) %	I_C A	U_B V	U_B (%) %
1	0,010	-1,000	0,990	400,0	100,0	233	404	101,0
5	0,048	-0,200	0,152	12,0	3,0	46	16	3,9
7	0,067	-0,143	0,076	9,6	2,4	73	18	4,5
11	0,106	-0,091	0,020	6,0	1,5	175	28	6,9
13	0,125	-0,077	0,050	4,8	1,2	55	7	1,8
17	0,163	-0,059	0,106	2,4	0,6	13	1	0,3
19	0,182	-0,053	0,132	1,9	0,5	8	1	0,
$R_T = X_T/Q_T = X_T/8$ (cálculo simplificado)				DF(A) % = 4,4		DF(B) % = 9,3		
						$I_{cef} = 313$ A		
						$I_C/I_{CN} = 1,35$		

NMX-J-616-ANCE-2009

De la tabla 1 se concluye lo siguiente:

- Si la frecuencia de la armónica está próxima a la frecuencia de resonancia serie, una tensión baja en la barra de suministro puede causar una corriente elevada.

En el ejemplo, para $h = 11$, resulta una corriente en el capacitor de 175 A que representa aproximadamente el 75 % de su corriente fundamental;

- Esta corriente causa una caída de tensión elevada en la barra de carga que provoca una distorsión de la tensión sinusoidal;

En el ejemplo, para $h = 11$, el factor armónico resultante es de 6,9 %; aunque la tensión sea sólo del 1,5 % sobre la barra de suministro; y

- La corriente eficaz¹⁾ del capacitor es igual que 1,35 veces la corriente nominal del capacitor. El capacitor se sobrecarga puesto que el límite normal es de 1,3 veces su corriente nominal.

Es posible diseñar un capacitor que pueda resistir esta corriente, pero esto no soluciona el problema porque la distorsión de tensión en la barra de carga es aproximadamente de 7 % para una sola frecuencia armónica ($h = 11$), que es muy alto para los niveles normales de compatibilidad.

NMX-J-616-ANCE-2009

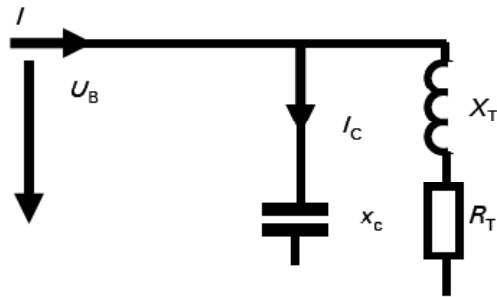
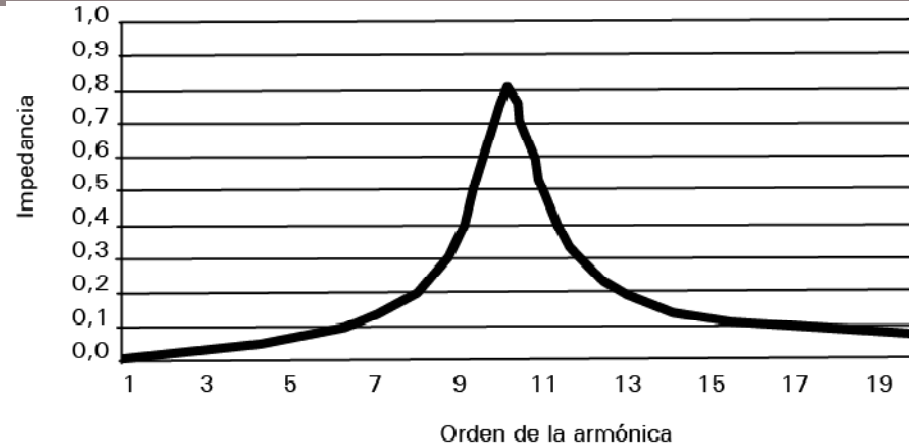


Diagrama unifilar de un circuito con resonancia paralelo



Impedancia, en ohms, en función del orden armónico, del circuito

TABLA 2.- Resultados numéricos del cálculo de impedancias, tensiones y corrientes de los ordenes armónicos característicos de un circuito con resonancia paralelo en presencia de una fuente de armónicas de corriente

H	X_T Ω	X_C Ω	Z Ω	I A	I (%) %	U_B V	U_B (%) %	I_C A
1	0,010	-0,000	0,010	433	100,0	-	-	231
5	0,048	-0,200	0,064	87	20,0	10	2,4	28
7	0,067	-0,143	0,127	62	14,3	14	3,4	55
11	0,106	-0,091	0,490	39	9,1	33	8,3	212
13	0,125	-0,077	0,192	33	7,7	11	2,8	83
17	0,163	-0,059	0,091	25	5,9	4	1,0	39
19	0,182	-0,053	0,073	23	5,3	3	0,7	32

DF(B) % = 9,8

$R_T = X_T/Q_T = X_T/8$ (cálculo simplificado)

$I_{cef} = 334$ A
 $I_C/I_{CN} = 1,45$

NMX-J-616-ANCE-2009

De la tabla 2 se concluye lo siguiente:

- Si la frecuencia de la armónica está próxima a la frecuencia de resonancia paralelo, una corriente baja en la barra de carga puede causar una alta corriente en el capacitor.

En el ejemplo, para $h = 11$, resulta una corriente en el capacitor de 212 A la cual es mayor que el 90 % de la corriente fundamental del capacitor, aunque la corriente armónica en la barra de carga sea sólo de 39 A.

- Esta alta corriente crea una gran caída de tensión en la barra de carga que provoca una distorsión en la tensión sinusoidal.

El ejemplo con $h = 11$ resulta en 8,3 % de la tensión del factor armónico.

- La corriente eficaz¹⁾ del capacitor es igual que 1,45 veces la corriente nominal del capacitor. El capacitor se sobrecarga puesto que el límite normal es de 1,3 veces su corriente nominal.

Es posible diseñar un capacitor que pueda resistir esta corriente. Pero esto no soluciona el problema, porque la distorsión de tensión en la barra de carga es aproximadamente del 8 %, para una sola frecuencia armónica ($h = 11$), valor que es muy alto para los niveles normales de compatibilidad.

NMX-J-616-ANCE-2009

2.5 Soluciones para evitar resonancias

El método principal que se utiliza para evitar los problemas de resonancia es mantener la frecuencia de resonancia tan lejos como sea posible de las frecuencias armónicas que tienen amplitudes considerables¹⁾.

Esto puede realizarse con el cambio de la inductancia o la capacitancia de los componentes de la red. Sin embargo, sus efectos son despreciables si hay una configuración tal que la red se define como el suministro y por la compensación de potencia reactiva. En particular cuando se utiliza un banco automático de capacitores, deben tenerse en cuenta numerosas resonancias.

NMX-J-616-ANCE-2009

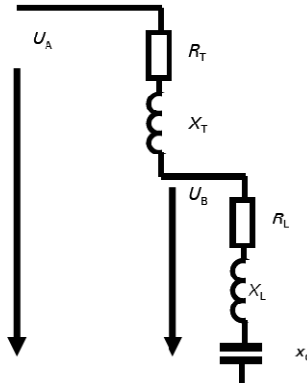
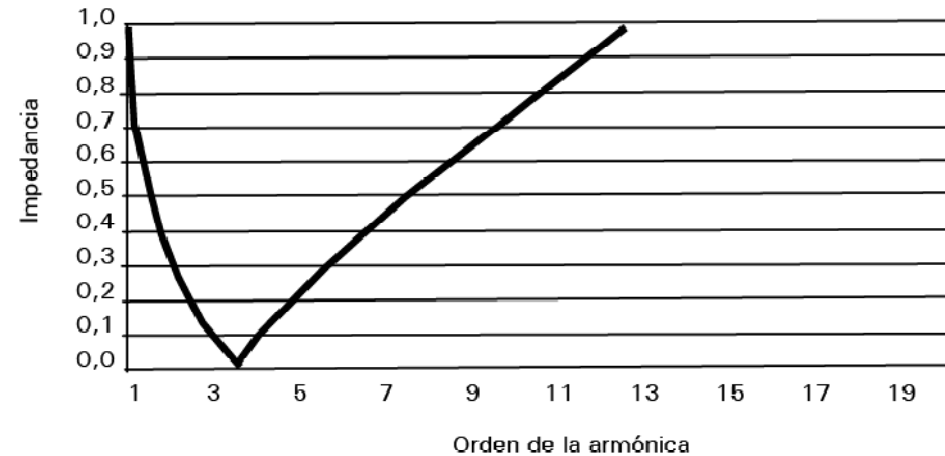


Diagrama unifilar de un circuito resonante serie, que se conforma por la conexión de un capacitor y una reactancia



Impedancia, en ohms, en función del orden armónico h , del circuito

TABLA 3.- Resultados numéricos del cálculo de impedancias, tensiones y corrientes de los ordenes armónicos característicos de un circuito con resonancia serie con conexión capacitor-reactor alimentado por una red con una tensión de alimentación distorsionada

De la tabla 3 se concluye lo siguiente:

- La conexión capacitor-reactor permite evitar cualquier problema de resonancia que produzca amplificaciones de tensiones y corrientes armónicas.
- El factor de distorsión de la tensión en las barras lado carga es de 3,5 %, en lugar del 9,3 % del ejemplo de la tabla 1. La calidad de de la energía¹⁾ en las barras se mejora desde este punto de vista.

IC/ICN = 1,02

NMX-J-616-ANCE-2009

3	CAPACITORES QUE SE INSTALAN EN PARALELO Y FILTROS PARA REDES CON TENSIONES MENORES O IGUALES QUE 1 000 V	17
3.1	Introducción.....	17
3.2	Capacitores que se instalan en paralelo	18
3.3	Filtros desintonizados.....	18
3.4	Filtros sintonizados	18
3.5	Selección de los componentes.....	19
3.6	Perturbaciones en el telemando centralizado, que se provocan por los capacitores que se instalan en paralelo y los filtros	22
4	CAPACITORES A INSTALAR EN PARALELO Y FILTROS PARA REDES CON TENSIONES MAYORES QUE 1 000 V.....	25
4.1	Introducción.....	25
4.2	Requisitos específicos	25
4.3	Selección del equipo de corrección del factor de potencia	25
4.4	Tipos de filtros	26
4.5	Selección de los componentes del filtro	26
4.6	Interferencias en los telemandos centralizados provocadas por los capacitores que se instalan en paralelo y los filtros	28

NMX-J-616-ANCE-2009



FIGURA 8^a.- Filtro de 1er orden



FIGURA 8^b.- Filtro de 2o orden, filtro pasabanda

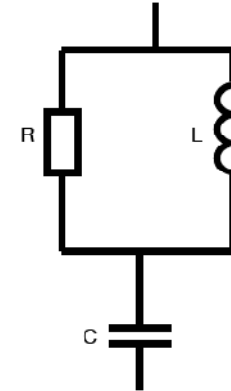


FIGURA 8^c.- Filtro de 2o orden, filtro amortiguado con elemento resistivo

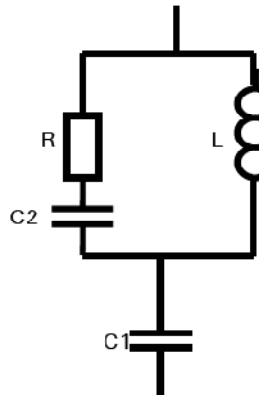


FIGURA 8^d.- Filtro de 3er orden, filtro amortiguado

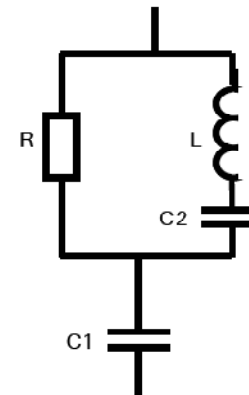


FIGURA 8^e.- Filtro de 3er orden, filtro del tipo C

FIGURA 8.- Tipos de filtros para las instalaciones de alta tensión

Conclusiones

Beneficios de utilizar las Normas Mexicanas de distorsión armónica en instalaciones eléctricas

Entre los beneficios más importantes de utilizar las NMX de distorsión armónica en instalaciones eléctricas resaltan:

- Ayudan a tener los menores efectos nocivos a otros equipos y a la alimentación, conforme al requisito de 3.3.4 (Prevención de los efectos nocivos) de la actual NOM-001-SEDE-2005.
- Los límites de distorsión armónica de estas NMX-ANCE ayudan a mantener la corriente armónica en el neutro en niveles controlados, conforme a las lo indican las secciones 210-4, 220-22, 240-23, 310-4, 310-10, 310-15, 364-24, 440-5, 520-44 de la actual NOM-001-SEDE-2005.
- Conocer los límites de distorsión armónica aplicables a instalaciones eléctricas.
- Conocer los métodos normalizados de medición de distorsión armónica en instalaciones eléctricas.
- Entender los procedimientos de evaluación de la distorsión armónica aplicables a instalaciones eléctricas.

Gracias !!!!!

¿¿¿Preguntas???

M. en C. Rodrigo Jiménez López

rjimenez@ance.org.mx

Tel: 57 47 45 50 ext. 4686

Fax: 57 47 45 60, 75



**Encuentro Nacional de
Metrología Eléctrica 2009**
18-20 de noviembre

→ Electromagnetismo
→ Temperatura y
Propiedades Termofísicas
→ Tiempo y Frecuencia



CENTRO NACIONAL DE METROLOGÍA, CENAM,
DERECHOS RESERVADOS 2009