

PERSPECTIVA DE CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y SU IMPORTANCIA EN MÉXICO

Rodrigo Jiménez, Jorge Cerero

Área de Normalización - Departamento de Compatibilidad Electromagnética

Asociación de Normalización y Certificación, A.C.

C.P. 07700, Col. Nueva Industrial Vallejo, MÉXICO D.F.

Tel. (55) 5747-4550, Fax.: (55) 5747-4560, rjimenez@ance.org.mx

Normalización ANCE.

Investigación y desarrollo EMC.



Importancia del suministro

- El suministro de energía eléctrica es uno de los principales servicios en las sociedades modernas para el soporte de la vida cotidiana.
- Los consumidores de electricidad poco a poco han tomado conciencia de la necesidad de contar con un servicio de alto nivel en términos de calidad en la tensión proporcionada por las compañías suministradoras, conocido como calidad de la energía (PQ).

Importancia

- La calidad del servicio de suministro de energía eléctrica soporta y apuntala la vitalidad comercial, industrial y social de los países.
- Por ejemplo las compañías suministradoras del oeste de Europa son reconocidas internacionalmente como las mejores en el mundo en términos del desempeño, confiabilidad y efectividad costo beneficio.

Importancia

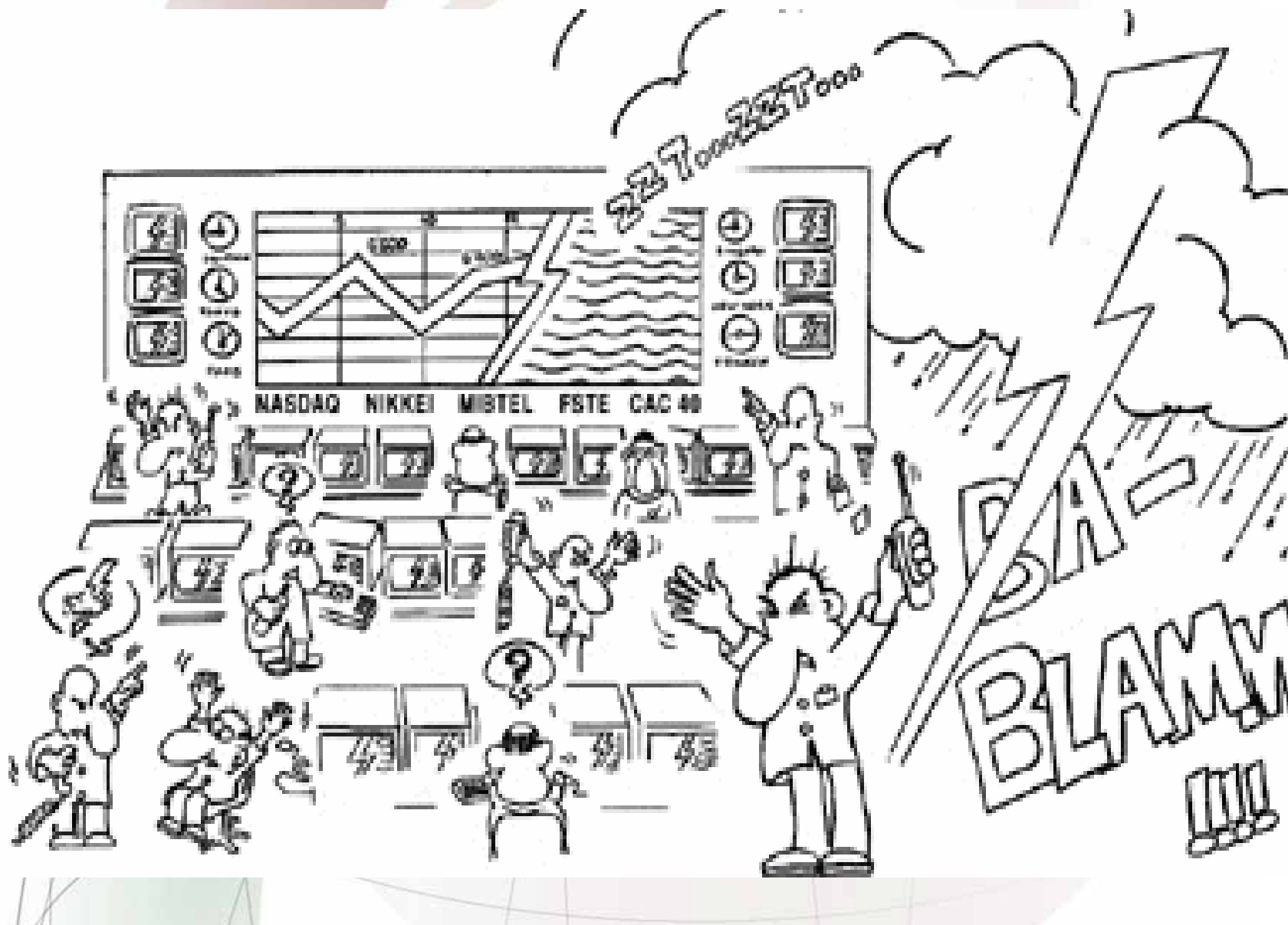
- Actualmente en México sólo se cuenta con recomendaciones para algunos factores de PQ, sin embargo, opiniones de expertos de las compañías suministradoras indican que es indispensable disponer de regulaciones en materia PQ, tal como lo es en cuestión de:
 - corrientes armónicas,
 - fluctuaciones de tensión,
 - etc.

Consecuencias

- Dichas perturbaciones no sólo afectan el funcionamiento de los equipos que se conectan a la red de suministro; además degradan el tiempo de vida de los elementos que las componen, como:
 - transformadores,
 - conductores,
 - bancos de capacitores de corrección de FP,
 - etc.
- Mencionando que tales perturbaciones incrementan la ocurrencia de cortes en el suministro y variaciones de tensión.

Consecuencias

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



Situación mundial

- Las campañas de medición y monitoreo de PQ, desarrolladas por las compañías suministradoras alrededor del mundo en los últimos 20 años, muestran incrementos año con año en el nivel de distorsión de tensión.
- La principal causa es el incremento de equipos electrónicos o cargas no lineales conectadas a la red.
- Consecuentemente el margen entre la inmunidad del equipo que ya está en uso y el nivel de distorsión de tensión se reduce día con día.

Posibles consecuencias

- Si las compañías suministradoras fueran incapaces de controlar los niveles crecientes de distorsión en sus redes, creadas principalmente por efectos acumulativos de la gran cantidad de pequeñas cargas con corriente nominal menor o igual a 16 A por fase, sería inevitable el deterioro de la calidad de tensión provista a todos los usuarios (consumidores).
- Es claro que sin acciones correctivas, las compañías suministradoras y usuarios experimentarán un número creciente de fallas en sus sistemas y equipos, con los problemas subsecuentes, como pérdida de producción y competitividad.

Retos

- Las compañías suministradoras enfrentan grandes retos en el abastecimiento de energía eléctrica de manera eficiente y con alta calidad, con un equilibrio en las necesidades de los usuarios y mantener un nivel adecuado de compatibilidad electromagnética que permita un funcionamiento apropiado de los equipos y sistemas.



Impacto

- En consecuencia, el concepto "calidad de energía" (power quality. PQ) es cada vez más común y necesario adquiriendo mayor importancia debido a la proliferación de equipo electrónico cada vez más sofisticado en todos los procesos de producción y uso domestico, siendo este ultimo el que tiende a impactar considerablemente las características principales del suministro de energía eléctrica.

Características de PQ

- La calidad de la energía eléctrica depende en al menos una docena de características clave de las fuentes de electricidad, incluyendo la frecuencia, tensión y variaciones de tensión, pero las características más críticas son el contenido armónico y los transitorios por sobretensión, a continuación se enlistan los más importantes:
- Variaciones de frecuencia y tensión
- Cambios rápidos de tensión
- Severidad de parpadeos (Flicker)
- Huecos de tensión (Dips)
- Interrupciones cortas y prolongadas de tensión
- *Transitorios por sobretensión*
- Desequilibrio de tensión
- *Tensión armónica e interarmónica*



SOLUCIONES COMERCIALES

Hay un número de soluciones que, individuales o combinadas, pueden reducir significativamente el riesgo de problemas con armónicas y otras perturbaciones que degradan la calidad de la energía.

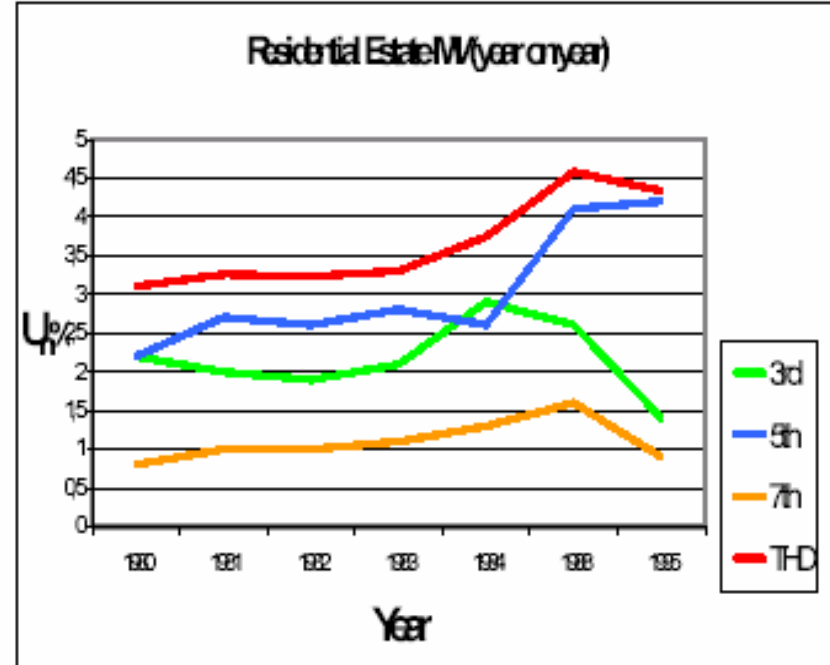
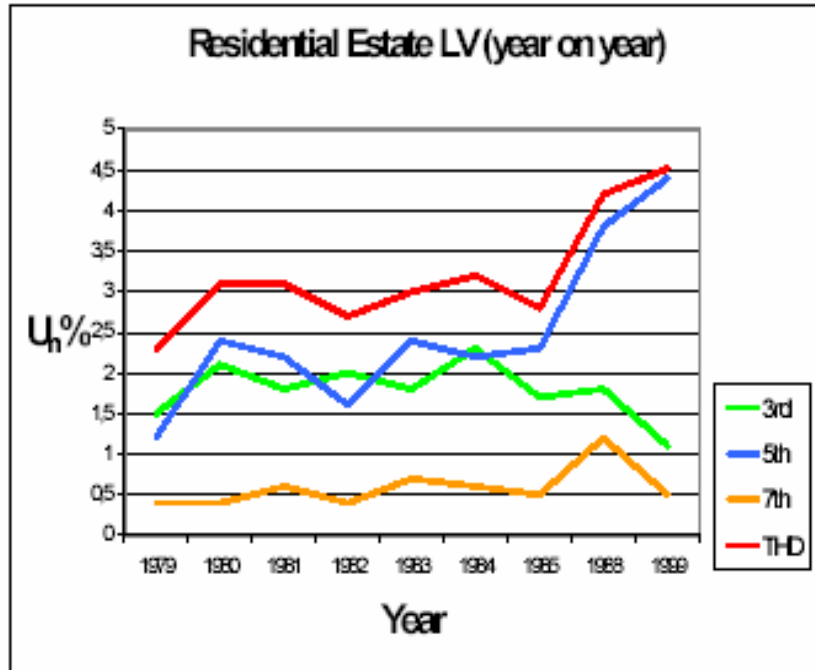
- Para transitorios.
 - Supresores de impulso de tensión (SURGE).
- Para interrupciones.
 - Fuentes ininterrumpibles de energía (UPS).
- Para armónicos.
 - Filtros pasivos y activos
 - Transformadores de aislamiento y con fase desplazada;
 - Conductores de mayor tamaño (área de la sección transversal).

ARMÓNICAS

- Uno de los principales puntos de la calidad de la energía se refiere a la tensión armónica.
- Regularmente, existen problemas en las instalaciones eléctricas que no se reconocen fácilmente, los cuales son causados eventualmente por corrientes armónicas.
- Esto representa una reducción de la eficiencia en el funcionamiento de las instalaciones eléctricas y por tanto pueden llevar a un corte o interrupción del flujo de energía por sobrecalentamiento, particularmente en los conductores de neutro.

ARMÓNICAS

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



TENDENCIA Y CONSECUENCIA

- El incremento del uso de equipo electrónico en nuestras casas, oficinas y fabricas cambió la impedancia característica de la carga.
- Las cargas electrónicas tienen características no lineales.
- Problemas inminentes con el contenido de armonicas inyectadas a las redes publicas de suministro, así como otros problemas de instalaciones, tal como los sistemas de puesta a tierra que no consideran equipos electrónicos.

Efectos de cargas no lineales

1. La distorsión lleva al equipo a un mal funcionamiento y errores en los datos;
2. Corrientes excesivas en los conductores de neutro que los sobrecalientan;
3. Altos niveles de tensión entre los conductores de neutro y tierra los cuales causan errores en los datos;
4. Sobrecalentamiento de transformadores y motores;
5. Campos magnéticos muy intensos que emiten los transformadores;

¿QUÉ SE PUEDE HACER AL RESPECTO?

- Desarrollo de documentos normativos que limiten la emisión de corrientes armónicas por tales cargas.
- Ciertamente es posible diseñar y construir fuentes electrónicas de alimentación que emitan un muy bajo nivel de armónicas.
- A largo plazo estas fuentes de alimentación para equipo electrónico con bajo nivel armónico estarán ampliamente disponibles y serán de uso común, pero todavía el costo es una barrera extra para un equipo que genere un bajo nivel de tensión y de corriente armónica.

Implementación de medidas

- En países del continente Americano existen problemas para implementar normas internacionales para limitar armónicas, debido a la diferencia entre sistemas de suministro.
- Lo que sí es muy claro es que cuando las normas se conviertan en obligatorias existirán menos problemas con la calidad de la energía eléctrica y por tanto se contará con una señal limpia, extendiéndose así el uso de equipo electrónico con bajos niveles de armónicos, lo cual obviamente beneficia a todos.

TENDENCIAS DE SOLUCIÓN

- No sería económicamente factible detectar y filtrar cada pequeña fuente de armónicas o aislar cada equipo susceptible de todas las perturbaciones existentes en la red de suministro.
- Una estrategia más práctica es establecer límites de emisión y controlar las armónicas con filtros ya instalados en los equipos generadores de armónicas.
- Una medida es que el equipo electrónico sensible, puede estar provisto con interfaces especiales condicionales de suministro, externas o incorporados al equipo que contrarresten las armónicas presentes en las instalaciones.

COSTO DEL PROBLEMA

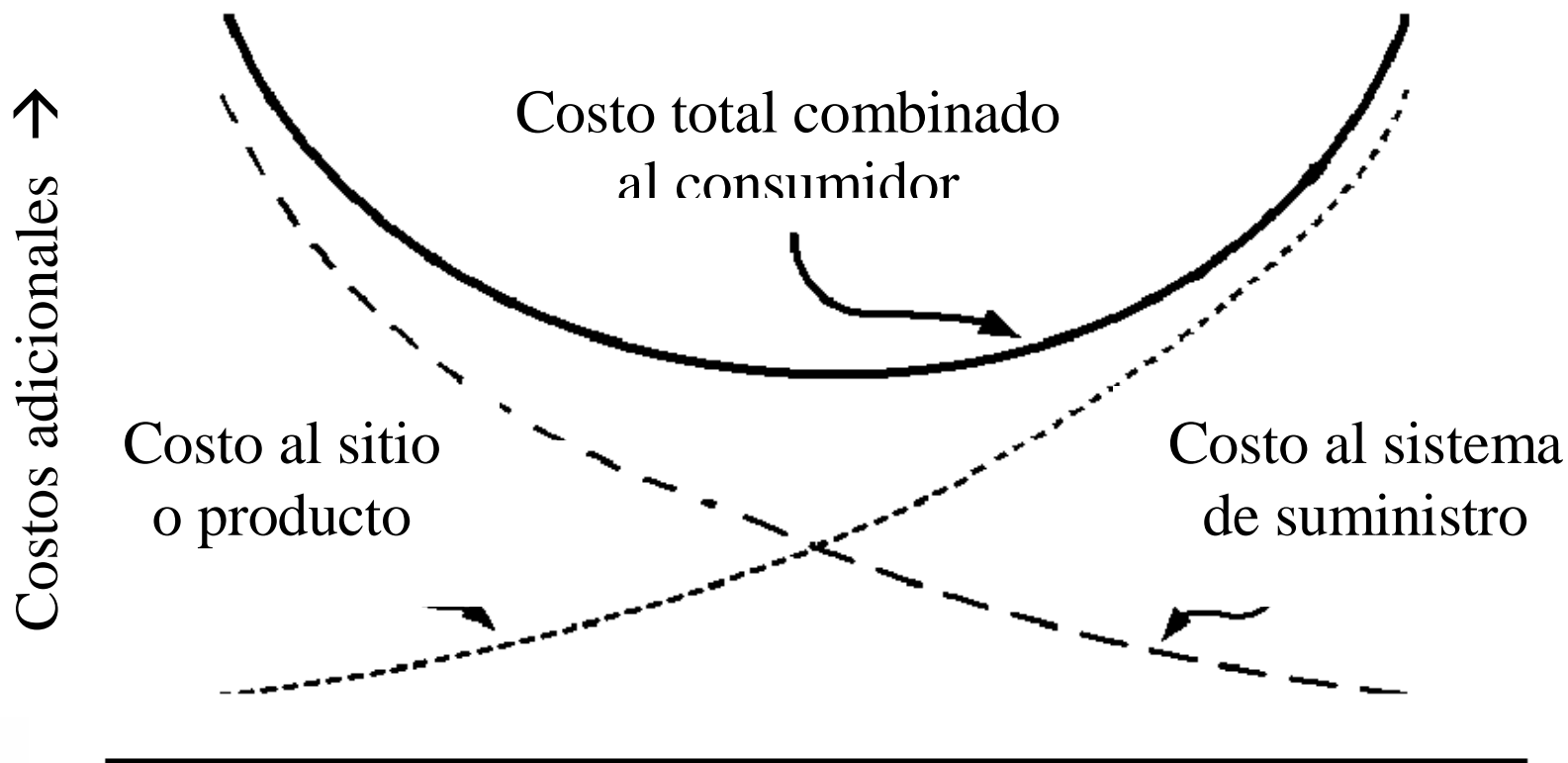
La presencia de armónicas que distorsionan la energía eléctrica en los sistemas de distribución pública, tiene como consecuencia un incremento en los costos de operación del sistema.

- Costos de medición y mitigación de armónicas;
- Incremento de las pérdidas en los conductores, transformadores, motores, etc;
- Esfuerzos de ingeniería para diagnosticar problemas;
- Deterioro acelerado del equipo debido al calentamiento y otros efectos causados;
- Equipos costosos y grandes que soporten las armónicas.

Impacto entre los involucrados.

Por una lado esta la industria del suministro de electricidad pública que desea prevenir problemas, restringiendo las emisiones causadas por productos y/o a sus consumidores conectados a las redes de publicas, garantizando así la calidad de la energía. Por otro lado los fabricantes de equipos quieren mantener bajos los costos totales del producto y prefieren modificar los sistemas de alimentación o mitigar dichos problemas de forma local cuando esto sea requerido. Y en medio esta el usuario final, quiere bajos costos, alto desempeño y una operación libre de problemas.

Impacto entre los involucrados.



Costo adicional de mitigación al sitio o a nivel de producto →

← Costo adicional a los suministradores de energía eléctrica

Concepto de valor total agregado de la EMC para el consumidor

PENALIZACIONES

- Las tarifas pueden ofrecer una oportunidad para alentar y justificar económicamente la aplicación de medidas de control para los armónicos, tal y como lo son los filtros.
- Por ejemplo, la mayoría de las tarifas industriales y comerciales consideran cargos por demanda y recargos por bajo factor de potencia.
- También podría establecerse una tarifa que incluyera un cargo por componentes armónicas de la corriente inyectada en el sistema público de suministro de energía eléctrica.

EN RESUMEN

- Con lo anterior se rompería el ciclo vicioso de disturbios existentes en el sistema de suministro de energía eléctrica que afecta a equipos de control y/o de tecnología de la información que requieren de cierta confiabilidad de un bajo nivel de disturbios para su correcto funcionamiento, y de los cuales en muchas ocasiones dependen las plantas generadoras o suministradoras de energía e incluso la vida de seres humanos.

BENEFICIO

- Con lo antes descrito, es muy claro que dichos problemas son de carácter urgente, en muchos de los casos para el beneficio del consumidor así como de los fabricantes de equipos y principalmente de los proveedores de la energía eléctrica, los cuales buscan entregar una energía limpia y de calidad, con lo cual se garantiza el crecimiento de los países, evitando así la pérdida de eficiencia en muchos factores determinantes, justificándose la preocupación en torno a los aspectos de la EMC en el sector eléctrico en el ámbito internacional.

Nota.

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

- En la más reciente revisión de la IEC 60364, referente a instalaciones eléctricas, se han establecido requisitos en materia de EMC aplicables a las instalaciones; lo anterior toma relevancia ante instalaciones cada vez más complejas, en las cuales conviven diversos sistemas y equipos.
- Así mismo, la IEC tiene diversos temas programados relativos al caso de normas aplicables a transformadores eléctricos y diversos productos, con lo cual se nota la preocupación en torno a los aspectos de la EMC en el sector eléctrico en el ámbito internacional.

Normas aplicables a armónicas

En este ámbito existen dos tendencias, una apunta a limitar las armónicas a nivel del consumidor y/o sistemas de los suministradores de electricidad donde resaltan las normas del IEEE e IEC .

- IEEE 519
- IEC 61000-2-2
- IEC 61000-3-6

Normas aplicables a armónicas

Por otro lado está la tendencia de limitar las armónicas a nivel de equipo, fuentes que poco a poco han crecido en importancia por la gran cantidad de cargas no lineales que se encuentran ampliamente dispersas y que tienden a afectar a equipos víctima susceptibles.

- IEC 61000-3-2 - corrientes de entrada ≤ 16 A.
- IEC 61000-3-4 - corrientes de entrada 16 a 75 A.
- IEC 61000-4-7 - Técnicas de prueba y medición
- IEEE Task Force – desarrollo de una guía para establecer los límites de armónicas para cargas monofásicas.



GT EMC compatibilidad electromagnética

- El alcance de este grupo de trabajo se limita a la protección de las redes de suministro contra las perturbaciones producidas por equipos conectados a estas así como la inmunidad de dichos equipos a perturbaciones presentes en las mismas.

GT EMC compatibilidad electromagnética

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

- Atiende los documentos que emanen de los siguientes comités y subcomités de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) en ANCE.
- TC 77 – Electromagnetic compatibility;
- SC 77A – Low-frequency phenomena
- SC 77B – High power transient phenomena.

Cabe señalar que México está inscrito como miembro – P (participante) ante el TC 77 y CISPR. A través del GT-EMC se puede participar en el trabajo técnico y tener acceso a los documentos de trabajo relacionados con el TC 77 y CISPR de IEC.

GT EMC compatibilidad electromagnética

- Actualmente se tiene contemplado en el Programa Nacional de Normalización 2004 (PNN 2004) varios temas relacionados con armónicas y parpadeos.

EMISIONES

- Emisiones de armónicas en corriente para equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase-Especificaciones.
- Emisiones de armónicas en corriente para equipos con corriente de entrada > 16 A por fase-Especificaciones.
- Variaciones de tensión y parpadeos en los sistemas de suministro de baja tensión para equipos con corriente nominal ≤ 16 A-Especificaciones.
- Cambios, fluctuaciones y variaciones de tensión en sistemas de baja tensión para equipos con corriente nominal ≤ 75 A- Especificaciones.



GT EMC compatibilidad electromagnética

INMUNIDAD

Finalmente en lo que se refiere a inmunidad a transitorios por sobretensión a nivel de producto el GT-EMC tiene los siguientes temas para el SPNN 2004.

- Técnicas de prueba y medición – Pruebas de inmunidad a transitorios rápidos / ráfagas de impulsos.
- Técnicas de prueba y medición – Pruebas de inmunidad a impulsos de tensión.

GT EMC compatibilidad electromagnética

Actualmente el GT-EMC esta tratando los temas de armónicas, con el fin de ajustar los niveles de armónicas establecidas en las normas internacionales a las necesidades y características de infraestructura en nuestro país, esto ultimo en función de las marcadas diferencias del sistema de suministro europeo con el que contamos en México.

- Este grupo de trabajo lo esta atendiendo el Ing. Jorge I. Cerero, así como el Ing. Rodrigo Jiménez del Área de Normalización – ANCE, Tel: (55) 57 474 45 50 ext. 4682 y 4686, correo electrónico: jcerero@ance.org.mx y rjimenez@ance.org.mx.



NORMALIZACIÓN

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

Gracias!

- Preguntas.

REFERENCIAS

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

- [IEEE SCC-22](#): Power Quality Standards Coordinating Committee
- [IEEE 1159](#): Monitoring Electric Power Quality
- [IEEE 1159.1](#): Guide For Recorder and Data Acquisition Requirements
- [IEEE 1159.2](#): Power Quality Event Characterization
- [IEEE 1159.3](#): Data File Format for Power Quality Data Interchange
- [IEEE P1564](#): Voltage Sag Indices
- [IEEE 1346](#): Power System Compatibility with Process Equipment
- [IEEE P1100](#): Power and Grounding Electronic Equipment (Emerald Book)
- [IEEE 1433](#): Power Quality Definitions
- [IEEE P1453](#): Voltage flicker
- [IEEE 519](#): Harmonic Control in Electrical Power Systems
- [IEEE Harmonics Working Group](#)
- [Single-phase Harmonics Task Force](#)
- [IEEE P519A](#) Guide for Applying Harmonic Limits on Power Systems
- [Interharmonics Task Force](#)
- [Harmonics Modeling and Simulation Task Force](#)
- [Probabilistic Aspects of Harmonics Task Force](#)

REFERENCIAS

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

- [Surge Protective Devices Committee](#)
- Siete ligas a subcomités se encuentran en la sección de "Subcommittee pages"
- [IEEE P446](#): Emergency and standby power
- [IEEE P1409](#): Distribution Custom Power
- [IEEE P1547](#): Distributed Resources and Electric Power Systems Interconnection
- [IEC SC77A](#): Low frequency EMC Phenomena -- esencialmente equivalente a "power quality" en terminología Americana.
- [TC 77/WG 1](#): Terminología empleada en los documentos del TC 77
- [SC 77A/WG 1](#): Armónicos y otras perturbaciones de baja frecuencia
- [SC 77A/WG 6](#): Pruebas de inmunidad de baja frecuencia
- [SC 77A/WG 2](#): Fluctuaciones de tensión y otros disturbios de baja tensión
- [SC 77A/WG 8](#): Interferencia electromagnética relacionada frecuentemente a redes de suministro.
- [SC 77A/WG 9](#): Métodos de medición de calidad de la energía



REFERENCIAS

- **ANSI**: American National Standards Institute
- ANSI C62: Guides and standards on surge protection
- ANSI C84.1: Voltage ratings for equipment and power systems
- ANSI C57.110: Transformer derating for supplying non-linear loads
- **CIGRE**: International Council on Large Electric Systems
- **CIGRE**: International Conference on Electricity Distribution