NORMA TÉCNICA COLOMBIANA

NTC 5001

2008-05-28

CALIDAD DE LA POTENCIA ELÉCTRICA. LÍMITES Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN EN PUNTO DE CONEXIÓN COMÚN

E: ELECTRIC POWER QUALITY. LIMITS AND EVALUATION METHODOLOGY IN A COMMON CONNECTION POINT.

CORRESPONDENCIA:

DESCRIPTORES: calidad de la potencia eléctrica; punto de conexión común; suministro de energía; potencia eléctrica; potencia eléctrica - metodología de evaluación; potencia eléctrica – valores de referencia.

I.C.S.: 29.240.20

Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)
Apartado 14237 Bogotá, D.C. - Tel. (571) 6078888 - Fax (571) 2221435

Prohibida su reproducción

Editada 2008-06-10

PRÓLOGO

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, **ICONTEC**, es el organismo nacional de normalización, según el Decreto 2269 de 1993.

ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya Misión es fundamental para brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya al sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo.

La representación de todos los sectores involucrados en el proceso de Normalización Técnica está garantizada por los Comités Técnicos y el período de Consulta Pública, este último caracterizado por la participación del público en general.

La NTC 5001 fue ratificada por el Consejo Directivo de 2008-05-28.

Esta norma está sujeta a ser actualizada permanentemente con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias actuales.

A continuación se relacionan las empresas que colaboraron en el estudio de esta norma a través de su participación en el Comité Técnico 129 Calidad de la energía eléctrica.

ACEGRASAS ALIANZA TEAM
ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS –ACIEM–
ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES –ANDI–
CENTRO INTERNACIONAL DE FÍSICA –CIF–
CERROMATOSO
CODENSA S.A. ESP
COLCERÁMICA
COMPAÑIA AMERICANA DE MULTISERVICIOS –CAM–
ECOENERGÍA
ELECTRIFICADORA DE BOYACÁ S.A. ESP –EBSA–
ELECTRIFICADORA DEL CARIBE S.A. ESP –ELECTRICARIBE–
EMPRESA COLOMBIANA DE PETRÓLEOS –ECOPETROL–
EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. ESP –EPSA–
EMPRESA ELECTRIFICADORA DE CUNDINAMARCA S.A. ESP –EEC–
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLÍN S.A. ESP
ENERGÍA, SISTEMAS Y COMUNICACIONES S.A. –ENSICOM–
GENERACIÓN ELÉCTRICA DE COLOMBIA –GENELEC–
GESTIÓN INTEGRAL ENERGÉTICA S.A. –GIE–
IESAUCEDO
ISAGEN
LEVITON
P&Q LTDA.
SCHNEIDER ELECTRIC
SEGURIDAD ELÉCTRICA
SEMGER
SIEMENS
SISTELEC LTDA.
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE –UAO–
UNIVERSIDAD DE LA SALLE
UNIVERSIDAD DEL VALLE
UNIVERSIDAD DISTRITAL
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER –UIS–
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA –UPB–

Además de las anteriores, en Consulta Pública el Proyecto se puso a consideración de las siguientes empresas:

AC INGENIERÍA ELÉCTRICA LTDA.
APPLUS NORCONTROL COLOMBIA
ASEA BROWN BOVERI –ABB–
AUTOMATIZACIÓN AVANZADA S.A.
CELSA
COMISIÓN REGULADORA DE ENERGÍA Y GAS –CREG–
CONVERTIDORES DE ENERGÍA
COVIANDES
CUMMINS DE LOS ANDES
D&P INGENIERIA LTDA.
DIMONT
E – SOLUTIONS
ELÉCTRICOS INTERNACIONAL LTDA.
ELECTRONICS DEVICE COMPANY S.A. –EDEC–
ELGSIS LTDA.
EMGESA
EMINCCO LTDA.
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI –EMCALI–
EMRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ S.A. ESP –EEB–
ERASMUS LTDA.
FUNDACIÓN SANTAFÉ
FYR INGENIEROS LTDA.
GERS
GIMETRIC
GLOBAL CROSSING
I+D INGENIERÍA
INADISA
INCOMELEC
INELEC INTERNATIONAL
INESSMAN LTDA.
KEMA
MEDER S.A.
MEGA ASISTENCIA LTDA.
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA
NAYCA
NIVER S.A.
OBRAS Y DISEÑOS S.A.

ICONTEC cuenta con un Centro de Información que pone a disposición de los interesados normas internacionales, regionales y nacionales y otros documentos relacionados.

DIRECCIÓN DE NORMALIZACIÓN

CONTENIDO

Página

1. OBJETO 1

2. REFERENCIAS NORMATIVAS 1

3. DEFINICIONES 1

4. ABREVIATURAS 6

5. CLASIFICACIÓN 7

6. MÉTODOS DE MEDIDA 7

6.1 MEDIDAS CLASE A 8

6.2 MEDIDAS CLASE B 8

7. PERTURBACIONES DE CALIDAD DE POTENCIA 9

7.1 VARIACIONES DE TENSIÓN DE ESTADO ESTABLE 9

7.2 HUNDIMIENTOS (*Sags*) 10

7.3 ELEVACIONES (*Swells*) 12

7.4 VARIACIONES DE TENSIÓN DE LARGA DURACIÓN (SUBTENSIONES Y SOBRETENSIONES) 15

7.5 DESBALANCE DE TENSIÓN 17

7.6 FLICKER 18

7.7 INTERRUPCIONES DE CORTA DURACIÓN (DURACIÓN < 1 MIN) 20

7.8 INTERRUPCIONES DE LARGA DURACIÓN (DURACIÓN ≥ 1 MIN) 21

7.9 ARMÓNICOS DE TENSIÓN 22

Página

7.10 ARMÓNICOS DE CORRIENTE 24

7.11 MUESCAS DE TENSIÓN (*Notches*) 27

7.12 VARIACIONES DE FRECUENCIA 29

7.13 SOBRETENSIONES TRANSITORIAS 30

ANEXOS

ANEXO A (Informativo)
VALORES INDICATIVOS DE SAGS 32

ANEXO B (Informativo)
CARTAS DE HUNDIMIENTOS (SAGS)....34

ANEXO C (Informativo)
EJEMPLOS DE CURVAS DE INMUNIDAD....37

ANEXO D (Informativo)
VALORES DE REFERENCIA PARA DETECCIÓN DE HUNDIMIENTOS O ELEVACIONES EN TENSIÓN....40

ANEXO E (Informativo)
EJEMPLO DE EVALUACIÓN DE ARMÓNICOS EN CORRIENTE 42

ANEXO F (Informativo)
INDICADORES ADICIONALES DE CALIDAD DE ENERGÍA EN EL USUARIO FINAL....49

FIGURAS

Figura 1. Descripción del hundimiento (SAG) 10

Figura 2. Descripción elevación de tensión (*Swells*) 13

Figura 3. Descripción de una muesca de tensión 28

TABLAS

Tabla 1. Clasificación de perturbaciones de calidad de potencia según su duración 8

Tabla 2. Porcentaje máximo de desbalance de tensión 18

Página

Tabla 3. Valores de referencia del Plt.....19

Tabla 4. Valores de referencia de THD.....24

Tabla 5. Valores límite de distorsión de corriente armónica individual (Di) y de distorsión total de demanda (TDD) en Porcentaje de la corriente de carga (IL) (Armónicos Impares).....27

Tabla 5. Límites de distorsión.....29

Tabla 6. Valores de referencia de variaciones de frecuencia.....30

INTRODUCCIÓN

Las políticas que el Estado colombiano ha promulgado a partir de la Constitución de 1991 sobre la prestación de los servicios públicos domiciliarios han estimulado la creación de nuevos marcos legales y regulatorios. Para el servicio de Energía Eléctrica existe un nuevo esquema y nuevas regulaciones generadas a partir de Ley 143 de 1994, conocida como Ley Eléctrica, que implican un replanteamiento de la filosofía de prestación del servicio. La introducción de un ambiente de competencia y de figuras como la de usuarios no regulados significan que las condiciones en que se está dando la relación Proveedor - Usuario son mucho más exigentes para las empresas del sector energético, obligándolas a incentivar en su ámbito institucional una nueva cultura de servicio y para el usuario un cambio de actitud frente al servicio de energía que es prestado.

Por otra parte, el elevado desarrollo y utilización de equipo electrónico altamente sensible a las perturbaciones electromagnéticas tales como dispositivos de electrónica de potencia, controladores basados en microprocesadores y en general el uso de dispositivos que presentan un comportamiento no lineal ante las ondas de tensión y corriente, ha incrementado la atención de los consumidores y suministradores en lo concerniente a la calidad de la señal de tensión y de corriente. Este nuevo marco de referencia implica que la calidad de la energía eléctrica vaya más allá de la continuidad en el suministro de energía e involucre parámetros como amplitud, frecuencia y forma de onda de las señales de tensión y corriente.

En general los parámetros de amplitud, frecuencia y forma de onda pueden ser desviados de sus condiciones ideales ante la presencia de perturbaciones electromagnéticas, entendidas como cualquier fenómeno que pueda degradar el funcionamiento de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico, electrónico o de comunicaciones. Estas pueden ser clasificadas según su origen en:

Naturales, tales como las producidas por las descargas eléctricas atmosféricas, las descargas electrostáticas y las radiaciones naturales.

Provocadas o artificiales, cuando se originan como consecuencia del funcionamiento de otros dispositivos o sistemas eléctricos. Maniobras, Fallas, Radiaciones de radio y TV, cargas no lineales, Puestas a Tierra.

La interferencia producida por dichas perturbaciones se ha asociado tradicionalmente a fenómenos de radiación o conducción de campos electromagnéticos, pero existen también una gran variedad de equipos y sistemas que pueden generar interferencia electromagnética en forma de armónicos, transitorios, fluctuaciones de tensión y emisión de campos electromagnéticos, que eventualmente pueden ser conducidos e inyectados a las redes de suministro de energía eléctrica.

Adicionalmente, existe una estrecha relación entre la Compatibilidad Electromagnética[1] y la calidad de la potencia eléctrica. Aunque, tradicionalmente, la primera ha sido asociada con

[1] La Compatibilidad Electromagnética está definida por la norma internacional IEC 61000-1 como la capacidad de un dispositivo, equipo o sistema eléctrico, electrónico o de comunicaciones para operar satisfactoriamente en su entorno electromagnético.

equipos electrónicos y la segunda con las redes de suministro de energía eléctrica, ambos conceptos son claves para la consecución de un satisfactorio desempeño de dispositivos, equipos y sistemas eléctricos, electrónicos o de comunicaciones que interactúan constantemente.

Finalmente los problemas de la Calidad de la Energía Eléctrica afectan, en definitiva, al usuario final. Sin embargo, es importante comprender que existen varios actores involucrados en la generación, propagación y solución de perturbaciones: empresas de energía, fabricantes de equipos, centros de investigación, consultores, organismos de supervisión y control e instituciones de planeación, regulación y normalización que para el caso colombiano está representado a través del Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC.

CALIDAD DE LA POTENCIA ELÉCTRICA. LÍMITES Y METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN EN PUNTO DE CONEXIÓN COMÚN

1. OBJETO

Esta norma establece las metodologías de evaluación y los valores de referencia de los parámetros asociados a la calidad de la potencia eléctrica en el punto de conexión común entre el operador de red y el usuario para todos los niveles de tensión, bajo condiciones normales de operación.

Es importante aclarar que los valores de referencia presentados en este documento establecen las condiciones, dentro de las cuales se espera que se encuentren los parámetros del suministro de energía eléctrica, para considerar que la calidad de la potencia sea aceptable.

Esta norma no aplica en las condiciones excepcionales no controlables tales como:

- Condiciones climáticas excepcionales y catástrofes naturales.
- Hechos y acciones civiles que no tengan que ver con la operación del sistema eléctrico provenientes de terceros.
- Decisiones gubernamentales.
- Acciones de saboteo.
- y otras de caso fortuito y fuerza mayor.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos normativos referenciados son indispensables para la aplicación de este documento normativo. Para referencias fechadas, se aplica únicamente la edición citada. Para referencias no fechadas, se aplica la última edición del documento normativo referenciado (incluida cualquier corrección).

IEEE Std 519-1992, *Recommeded Practices and Requirements for Harmonics Control in Electrical Power Systems.*

IEC 1000-3-6, *Assessment of Emission Limits for Distorting Loads in MV and HV Power Systems. 1996.*

CENELEC EN50160:1994, *Voltage Characteristics Of Electricity Supplied by Public Distribution Systems.*

HYDRO-QUEBEC, *Characteristics and Target Values of the Voltage Supplied by Hydro-Quebec Medium and Low Voltage System*, 2001.

HYDRO-QUEBEC, *Characteristics and Target Values of the Voltage Supplied by Hydro-Quebec Transmision System*, 1999.

NATIONAL ELECTRICITY REGULATOR SOUTH AFRICA NRS 048-2:1996. *Electricity Spply-Quality of Supply. Minimun Standards.*

IEC 61000-4-7:1993, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4: Técnicas de ensayo y de medida. Numeral 7: Guía general relativa a las medidas de armónicos y de interarmónicos, así como al equipo de medida, aplicable a las redes de distribución y a los aparatos a ellas conectados (véase la norma CE11000-4-7:1991).

IEC 61000-2-2:1993, Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2: Enromo. Numeral 2: Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas a baja frecuencia y la transmisión de señales por las redes de suministro público en baja tensión (véase la norma CE11000-2-2:1990).

REGLAMENTO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. Comisión de Regulación de Energía y Gas. 1998.

3. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta norma, además de las definiciones establecidas en la NTC 5000, se deben utilizar las siguientes:

3.1 Armónicos característicos. Son aquellos armónicos particulares producidos por una carga no lineal en condiciones normales de operación. Por ejemplo, los armónicos característicos de un equipo convertidor semiconductor de seis pulsos, son los armónicos impares no triples (de orden 5, 7, 11, 13, etc).

$h = kq \pm 1$

k = cualquier número entero

q = número de pulso del convertidor.

3.2 Armónicos no característicos. Son aquellos armónicos producidos por cargas no lineales, pero no en condiciones normales de operación. Por ejemplo en un convertidor semiconductor, pueden ser un resultado de frecuencias de pulso; una demodulación de los armónicos característicos y las frecuencias fundamentales; o un desequilibrio en el sistema de alimentación, ángulo de retraso asimétrico o la operación de cicloconvertidor.

3.3 Baja tensión (BT). Nivel de tensión utilizado para el suministro eléctrico, cuyo valor eficaz nominal es menor o igual a 1 kV. (Véase la norma VEI 151-15-03).

3.4 Calidad de potencia. Conjunto de características de la electricidad en un punto dado de un sistema de potencia en un momento determinado, que permiten satisfacer las necesidades requeridas por el usuario de la electricidad. Estas características son evaluadas con respecto a un conjunto de parámetros técnicos de referencia.

3.5 Carga no lineal. Una carga eléctrica cuya característica tensión/corriente es no lineal, es decir que la señal de corriente no sigue la misma forma de onda de la señal de tensión, de la cual se está alimentando la carga.

Algunos de los efectos adversos de cargas no lineales concentradas en un sistema eléctrico son:

- La distorsión de voltaje dentro de las instalaciones eléctricas.
- Las corrientes excesivas por el conductor de neutro.
- Altos niveles tensión entre neutro y tierra.
- Sobrecalentamiento en transformadores
- Grandes campos magnéticos irradiados desde transformadores.
- Reducción en la capacidad de distribución
- Penalización por bajo factor de potencia

3.6 Componente armónica. Señal senoidal cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Las componentes armónicas pueden ser evaluadas de dos:

- Individualmente, según su amplitud relativa V_h con relación a la componente fundamental V_1, donde h representa el orden del armónico.
- Globalmente, es decir, según el valor de la tasa de distorsión armónica total THD calculada utilizando la fórmula siguiente:

$$THD = \sqrt{\left(\sum_{h=2}^{40} V_h^2\right)}$$

NOTA Las tensiones armónicas de la red de alimentación son principalmente debidas a cargas no lineales conectadas a todos los niveles de tensión de la red de alimentación. Las corrientes armónicas que circulan a través de las impedancias del circuito dan lugar a tensiones armónicas. Las corrientes armónicas, las impedancias de la red y por consiguiente las tensiones armónicas en los puntos de suministro varían en el tiempo.

3.7 Componente interarmónica. Componente senoidal de una cantidad periódica senoidal cuya frecuencia se sitúa entre las frecuencias de los armónicos, es decir, cuya frecuencia no es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental

NOTA Tensiones interarmónicas que tengan frecuencias muy próximas pueden aparecer al mismo tiempo formando entonces un espectro de banda ancha.

3.8 Condiciones normales de operación. Condiciones de tensión, corriente y frecuencia que permiten atender la demanda del sistema, las maniobras en la red y la eliminación de fallas, en ausencia de condiciones de fuerza mayor.

3.9 Corriente de Demanda máxima. Es el valor máximo de corriente R.M.S., de todas las fases, agregada en intervalos de 10 min. En un periodo de evaluación de mínimo una semana.

3.10 Corriente de cortocircuito. Para propósito de esta norma, es la mínima corriente de corto circuito trifásica que se tenga disponible para hacer la evaluación en el punto de conexión común (amperios rms). En el caso de un usuario monofásico se debe utilizar la corriente de corto monofásica

3.11 Desbalance de tensión. En un sistema polifásico, es el estado en el cual el valor eficaz de las tensiones de las fases o los ángulos entre fases consecutivas no son todos iguales. (VEI 161-08-09)

3.12 Elevación (SWELL): aumento brusco de la tensión de alimentación a un valor situado, por encima del 110 % de la tensión declarada Vc seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. Por convenio, esta variación de corta duración dura entre medio ciclo a 1 min.

3.13 Frecuencia de la tensión de alimentación. Tasa de repetición de la componente fundamental de la tensión de alimentación, medida durante un intervalo de tiempo dado. (VEI 101-14-50)

3.14 Fluctuación de tensión. Serie de cambios en la tensión o variaciones continuas de la tensión eficaz o en el valor pico de la tensión. (Véase la norma VEI 161-08-05)

3.15 *Flicker*. Impresión de inestabilidad de la percepción visual inducida por un estímulo de luz cuya luminancia o distribución espectral varía en el tiempo. (Véase la norma VEI 161-08-13)

NOTA Las fluctuaciones de tensión provocan variaciones de luminancia del alumbrado, lo que produce el fenómeno ocular llamado parpadeo. Por encima de un cierto umbral el parpadeo se vuelve molesto, esta molestia aumenta rápidamente con la amplitud de la fluctuación. Para ciertas tasas de repetición, amplitudes incluso débiles pueden resultar molestas.

3.16 Hundimiento (SAG). Disminución brusca de la tensión de alimentación a un valor situado, entre el 90 y el 10 % de la tensión declarada Vc seguida del restablecimiento de la tensión después de un corto lapso de tiempo. Por convenio, esta variación de corta duración dura entre medio ciclo a 1 min. (Véase la norma VEI 161-08-10)

3.17 Interrupción de alimentación. Es un evento de caída de tensión por debajo del 10 % de la tensión declarada Vc.

Una interrupción de alimentación puede ser clasificada como:

- Programada, cuando los clientes son informados con antelación para permitir la ejecución de trabajos programados en la red de distribución.

- Accidental, cuando la interrupción es provocada por fallas permanentes o transitorias, la mayoría de las veces ligadas a sucesos externos o averías. Una interrupción accidental puede ser clasificada como:

- Interrupción larga (mayor a un (1) min) provocada por una falla permanente, o

- Interrupción corta (menor o igual a un (1) min) provocada por una falla transitoria.

...

IMPORTANTE

Este resumen no contiene toda la información necesaria para la aplicación del documento normativo original al que se refiere la portada. ICONTEC lo creo para orientar a su cliente sobre el alcance de cada uno de sus documentos y facilitar su consulta. Este resumen es de libre distribución y su uso es de total responsabilidad del usuario final.

El documento completo al que se refiere este resumen puede consultarse en los centros de información de ICONTEC en Bogotá, Medellín, Barranquilla, Cali o Bucaramanga, también puede adquirirse a través de nuestra página web o en nuestra red de oficinas (véase www.icontec.org).

El logo de ICONTEC y el documento normativo al que hace referencia este resumen están cubiertos por las leyes de derechos reservados de autor.

Información de servicios aplicables al documento aquí referenciado la encuentra en: www.icontec.org o por medio del contacto cliente@icontec.org.

ICONTEC INTERNACIONAL