



VI ENCONTRO REGIONAL LATINO-AMERICANO DA CIGRÉ

28 de Maio a 1º de Junho de 1995
Foz do Iguacu - Paraná - Brasil



LA SITUACION ACTUAL DE COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNETICA EN SISTEMAS DE POTENCIA -CALIDAD DEL SERVICIO- EN LA ARGENTINA

Claudio Guidi
ENRE (1)
Argentina

Pedro E. Issouribehere
IITREE-UNLP (2)
Argentina

RESUMEN

El proceso de transformación del sector de energía eléctrica en la Argentina, fundamentalmente en los servicios eléctricos privatizados, fue acompañado por la adopción de reglas claras sobre la calidad del servicio.

En este informe se explican los criterios para el control de la calidad técnica y del servicio, los procedimientos de medición y seguimiento adoptados y los primeros resultados obtenidos en continuidad del suministro y estabilidad del nivel de la tensión.

También se tratan las propuestas sobre criterios de control y de ponderación a adoptar en armónicas, "flicker", caídas de tensión y otras perturbaciones que hacen a la calidad del servicio eléctrico.

PALABRAS CLAVE

EMC - Calidad de Servicio - Armónicas - Flicker.

1.- INTRODUCCION

En la actualidad en la Argentina la generación, transporte y distribución de la energía eléctrica ha sufrido importantes cambios.

Existe un mercado mayorista eléctrico formado por todos los generadores, transportistas y grandes usuarios que se relacionan entre sí a través de reglas de mercado, con una administración común.

Por otra parte, la distribución eléctrica, territorialmente monopólica, está a cargo de compañías entre las cuales las del área metropolitana de Buenos Aires se han privatizado.

La actividad está controlada por el ENRE, según el esquema de la Figura 1. En lo que sigue se hará referencia al régimen de calidad del servicio eléctrico.

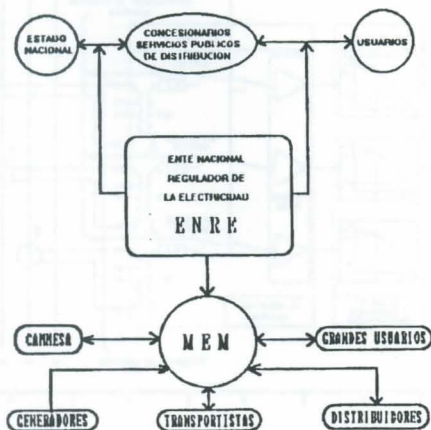


Fig. 1 - Esquema del mercado eléctrico argentino

2.- CALIDAD EN LAS EMPRESAS DE DISTRIBUCION

La evaluación sobre la calidad del suministro eléctrico prestado por las empresas Distribuidoras se realiza en función a controles sobre:

- Calidad del producto técnico suministrado.
Referente al nivel de tensión y las perturbaciones.
- Calidad del servicio técnico prestado.
Referente a la frecuencia y duración de las interrupciones del suministro.
- Calidad del servicio comercial.

El no cumplimiento de las pautas preestablecidas en el Contrato de Concesión da lugar a la aplicación de multas, basadas en el perjuicio económico que le ocasiona al usuario recibir un servicio en condiciones no satisfactorias. El Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE) es el encargado de controlar el fiel cumplimiento de las pautas preestablecidas.

En esta oportunidad se centrará la atención sobre los dos primeros de los aspectos controlados, explicitando a continuación los criterios utilizados para la realización de las mediciones y los resultados obtenidos en el primer semestre de control sobre las empresas prestatarias del servicio en el área de concesión comprendida por la ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires.

2.1.- Calidad del producto técnico suministrado

- Criterios de control

La calidad del producto técnico suministrado se refiere al nivel de tensión en el punto de alimentación y las perturbaciones (variaciones rápidas, caídas lentas de tensión y armónicas).

En la actualidad los controles se efectúan sobre los niveles de tensión, encontrándose en período de análisis los aspectos referentes a perturbaciones, los que serán controlados a partir de septiembre de 1996.

El control de los niveles de tensión se efectúa mediante la realización de mediciones a nivel de usuario, en bornes de Baja Tensión de Centros de Transformación MT/BT, y en barras de MT de las Subestaciones AT/MT.

Simultáneamente con el nivel de tensión se efectúa el registro de la carga suministrada de forma tal de permitir la determinación de la energía entregada en malas condiciones de calidad, la cual es la base para la determinación de las penalizaciones por incumplimientos a los límites establecidos en el contrato de concesión, que se indican a continuación.

(1) Ente Nacional Regulador de la Electricidad - Area de Control. Paseo Colón 221 2º Piso. (1063) Buenos Aires. Argentina. T.E. (54) (01) 342-1186.

(2) Instituto de Investigaciones Tecnológicas para Redes y Equipos Eléctricos - Universidad Nacional de La Plata. Calle 48 v 116. (1900) La Plata. Argentina - T.E. (54) (21) 3-6640 / 3-7017 FAX: 25-0804.

INSTALACION	ACTUAL	A PARTIR SET/96
Alta Tensión	± 7 %	± 5 %
Alimentación Aérea (MT o BT)	± 10 %	± 8 %
Alimentación Subterránea (MT o BT)	± 7 %	± 5 %
Rural	± 13 %	± 10 %

En caso que los niveles de tensión registrados se excedan de los límites admisibles por un tiempo superior al 3 % del total del período de medición, la empresa está sujeta a la aplicación de sanciones proporcionales a la energía entregada en malas condiciones, las cuales varían entre 0,005 US\$/kWh y 1,000 US\$/kWh dependiendo del grado de apartamiento registrado. Estos valores se extenderán a 0,013 US\$/kWh y 2,000 US\$/kWh a partir de septiembre de 1996.

Las mediciones correspondientes al nivel de usuario final se realizan, por períodos de 7 días, sobre los que han efectuado reclamaciones al ENRE por inconvenientes en los niveles de tensión. Para el caso de Centros de Transformación MT/BT se efectúan mensualmente mediciones de igual duración en el 3 % de la totalidad instalada.

▪ Sistema de medición del nivel de tensión [11]

Tiene el propósito de medir y registrar el nivel de tensión con información simultánea de la energía circulante en el punto de suministro.

En base a los requerimientos se estableció la siguiente caracterización básica:

- Índice de clase: 0,5 % (En base a pretender discriminar bandas del 1 %).
- Parámetro a seguir: Componente de frecuencia industrial (Las perturbaciones son objeto de medición por separado).
- Constante de tiempo del seguimiento de la tensión: 30 s (Complementario al flickerímetro IEC [9]).
- Determinación de componente de secuencia directa (Otras componentes son perturbaciones y objeto de tratamiento por separado).
- Medición de energía: Idem requerimientos que los establecidos con propósito de facturación.
- Intervalo de compactación: 15 minutos, preferido.
- Capacidad de registro: 1 semana, mínimo.

El sistema de medición de referencia se muestra en la Figura 2.

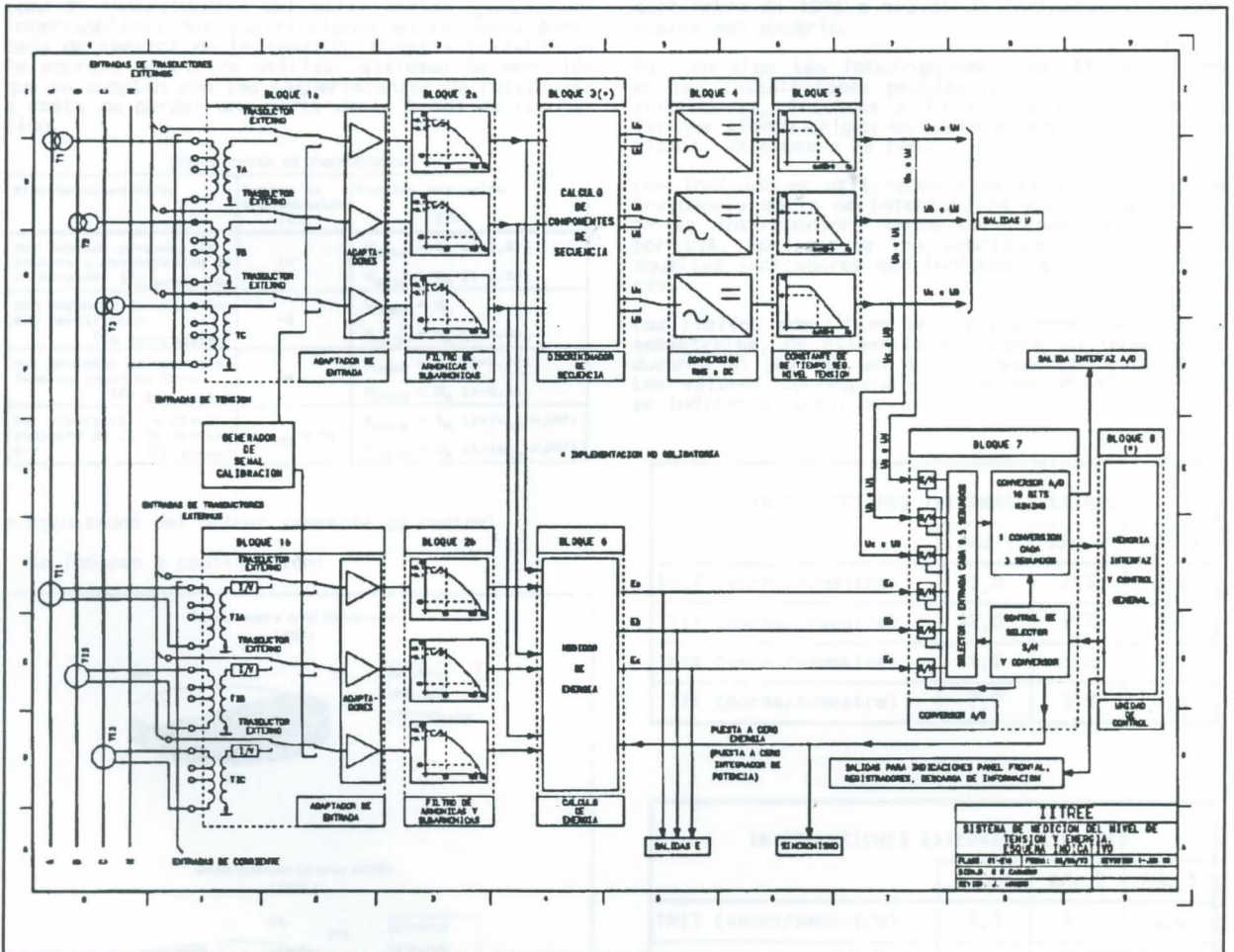


FIGURA 2

Algunos requerimientos de aceptación de los instrumentos son:

ENSAYO N°	MODO DE APLICACION DE LA TENSION DE ENSAYO			a	b		
1	ENSAYOS DE AISLACION			Dieléctrico	kV_{rms}	2	-
2				Resistencia de aislación	kV_{dc}	0,5	-
3				Tensión de impulso	kV_p	2	1
4	ENSAYOS DE SUSCEPTIBILIDAD A INTERFERENCIAS	ENSAYOS QUE INVOLUCRAN CIRCUITOS	INTERFERENCIAS CONDUCTIVAS	Frecuencia industrial	V_{rms}	250	-
5				Tensión impulso 1,2/50 μs	kV_p	2	1
6				Trenes baja tensión (1kHz a 1MHz)	V_p	100	-
7				Oscilatorio amortiguado 1 MHz	kV_p	1	0,5
8				Transitorio rápido baja energía	kV_p	2,5	2,5
9				Interrupción de fuente potencia a.c. ms		1 a 10	
10				Descarga electrostática	kV	15	
11	ENSAYOS QUE INVOLUCRAN AL EQUIPO	CAMPOS ELECTRO-MAGNETICOS	Frecuencia industrial	A/m	500		
12			Impulso 8/20 μs	A_p/m	500		
13			Oscilatorio amortiguado 1 MHz	A_p/m	50		
14			Radiado alta frecuencia 20 a 50 MHz	V/m	10		

Sistemas de medición que no cumplen rigurosamente los requerimientos del de referencia son utilizados por aplicación de factores de compensación.

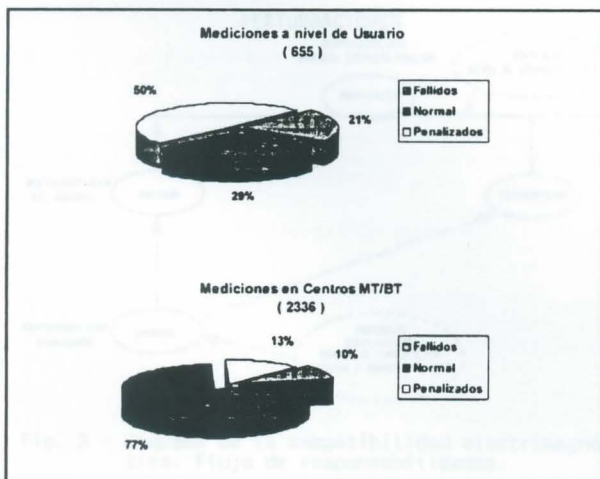
Estos factores de compensación (algunos de ellos indicados en la tabla de abajo) que se interpretan como de incertidumbre del valor medido, pueden ser intercambiados por restricciones en la banda aceptada de control de la tensión. Queda a criterio de la empresa eléctrica utilizar sistemas de medición que no cumplan con los requerimientos de referencia a costa de perder una parte de la banda de regulación.

COEFICIENTES DE COMPENSACION

Tipo de alteración	Factor de compensación [%]	Tensión corregida [Vc]
Por tensión promedio en intervalo compactación de 15 minutos (F_U promedio)	± 2	$U_{cmáx} = U_m [1+0,02]$ $U_{cmín} = U_m [1-0,02]$
Por medición de valor medio rectificado (F_U deformación)	-2	$U_{cmáx} = U_m$ $U_{cmín} = U_m [1-0,02]$
Por medición de una sola fase en lugar de tres (F_U fase sola)	± 4	$U_{cmáx} = U_m [1+0,04]$ $U_{cmín} = U_m [1-0,04]$
Por diferencia de clase respecto de la de referencia (F_U clase)	$\pm(e_{Up}-0,5)$	$U_{cmáx} = U_m [1+(e_{Up}-0,005)]$ $U_{cmín} = U_m [1-(e_{Up}-0,005)]$

▪ Resultados del primer semestre de control

Se indican a continuación:



2.2.- Calidad del servicio técnico prestado

El Servicio Técnico involucra a la frecuencia y duración de las interrupciones en el suministro, las cuales se controlan en la actualidad mediante indicadores globales, y para el período posterior a septiembre de 1996 a través de indicadores individuales por usuario.

Se controlan las interrupciones que tienen origen en las instalaciones propias de las empresas distribuidoras, internas a la red, como así también las que tienen origen en instalaciones ajenas a las mismas, externas a la red.

Los indicadores utilizados para el control son la frecuencia media de interrupción y el tiempo total de la interrupción, tanto por transformador como por kVA, aplicándose las sanciones en función de aquellos indicadores que indiquen los mayores valores.

Los límites admisibles se corresponden con valores semestrales, de exigencia creciente en forma anual durante el período anterior a septiembre de 1996. Los valores correspondientes a los distintos años se indican a continuación:

	INTERRUPCIONES INTERNAS A LA RED		
	Año 1	Año 2	Año 3
FMIT (veces/semestre)	3,0	2,5	2,2
TTIT (horas/semestre)	12,0	9,7	7,8
FMIK (veces/semestre)	1,9	1,6	1,4
TTIK (horas/semestre)	7,9	5,8	4,6

	INTERRUPCIONES EXTERNAS A LA RED		
	Año 1	Año 2	Año 3
FMIT (veces/semestre)	5,0	3,0	2,0
TTIT (horas/semestre)	20	12	6
FMIK (veces/semestre)	5,0	3,0	2,0
TTIK (horas/semestre)	20	12	6

Para el período posterior a septiembre de 1996, los límites admisibles a nivel de cada usuario serán:

TIPO DE USUARIO	FRECUENCIA (interrupciones/ semestre)	TIEMPO (horas/ interrup)
ALTA TENSION	3	2
MEDIA TENSION	4	3
BAJA TENSION (Pequeñas y Medianas Demandas)	6	10
BAJA TENSION (Grandes Demandas)	6	6

En los casos de registrarse apartamentos en los límites establecidos, se aplican sanciones en función de la Energía No Suministrada valorizada a 1 US\$/kWh para el período anterior a septiembre de 1996, y a valores de hasta 2,7 US\$/kWh para el período posterior.

Los resultados del primer semestre de control sobre las empresas han arrojado valores de sanciones del orden de los ocho millones de US\$ (US\$ 8.000.000) en su conjunto, los cuales han sido distribuidos entre los usuarios en forma proporcional a los consumos registrados durante el período de control.

2.3.- Perturbaciones [2] [3]

Actualmente en período de análisis y serán controladas en los servicios de distribución a partir de septiembre de 1996.

Las perturbaciones tratadas son:

- Armónicas.
- Fluctuaciones de tensión y "flicker".
- Caídas de tensión y desbalances.

Se han efectuado estudios sobre:

- Orígenes, mecanismos de propagación y efectos.
- Regímenes de compatibilidad a adoptar en las redes, límites de emisión y susceptibilidad.
- Técnicas de medición.
- Criterios de pruebas de equipos y sistemas.
- Métodos de mitigación.

Se prevé en lo inmediato efectuar relevamientos de la situación existente en las redes, discusión de métodos de control y niveles entre los diversos actores, desarrollo de las estrategias de contención de las perturbaciones, para culminar con la aplicación de los criterios finales de control y penalización, con un esquema como el de la Figura 3.

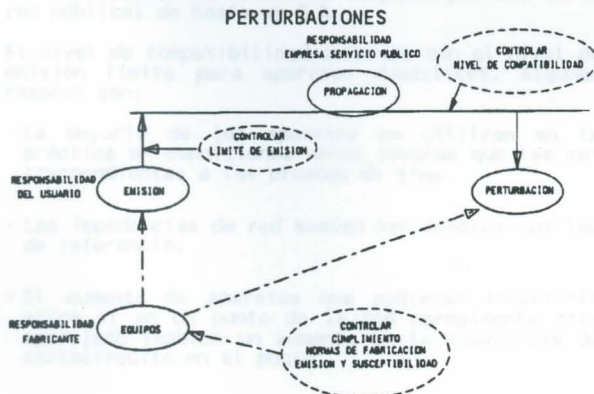


Fig. 3 - Esquema de la compatibilidad electromagnética. Flujo de responsabilidades.

- Armónicas [1] [4] [5] [6] [7] [12]

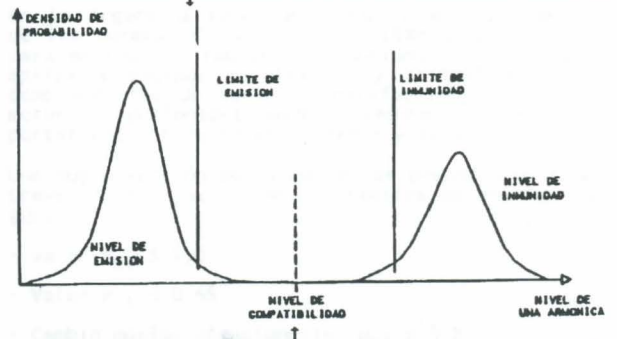
Los niveles de compatibilidad propuestos para su adopción se muestran en la Figura 4, para el caso de redes públicas de BT.

Máximas corrientes armónicas admisibles inyectadas en redes de baja y media tensión ($U_N \leq 33$ kV).

Rango de armónicas impares						
I_{cc}/I_L	< 11	$11 \leq n < 17$	$17 \leq n < 23$	$23 \leq n < 35$	$35 \leq n$	D_T
< 20	4,0	2,0	1,5	0,6	0,3	5,0
$20 < 50$	7,0	3,5	2,5	1,0	0,5	8,0
$50 < 100$	10,0	4,5	4,0	1,5	0,7	12,0
$100 < 1000$	12,0	5,5	5,0	2,0	1,0	15,0
> 1000	15,0	7,0	6,0	2,5	1,4	20,0

Armónicas pares: Limitadas al 25 % de los límites de las impares.

- Valores expresados en porcentaje y con referencia a I_L .
- I_L , corriente de máxima demanda contratada.
- I_{cc} , corriente de cortocircuito en el PCC.
- PCC, punto de acoplamiento común.



Niveles de compatibilidad de tensiones armónicas individuales en redes de baja tensión ($U_N \leq 1$ kV).

Armónicas Impares no múltiplos de 3		Armónicas impares múltiplos de 3		Armónicas pares	
Orden	Tensión %	Orden	Tensión %	Orden	Tensión %
5	6	3	5	2	2
7	5	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,3	6	0,5
13	3	21	0,2	8	0,5
17	2	>21	0,2	10	0,5
19	1,5			12	0,2
23	1,5			>12	0,2
25	1,5				
>25	0,2+0,5-25/n				

Distorsión total: 8 %

- Se entiende por régimen permanente el observado en intervalos de 2,5 minutos o mayor.

Fig. 4 - Esquema general de compatibilidad por perturbaciones armónicas en redes públicas de BT (≤ 1 kV).

El nivel de compatibilidad se adopta en coincidencia con las normas IEC [4], que reconocen su origen en [1]. Otros límites corresponden a otros niveles de tensión. También se distinguen regímenes transitorios e interarmónicas.

Los límites de emisión de usuarios se establecen para las corrientes perturbadoras inyectadas, en coincidencia con [5]. También se distinguen diversos niveles de tensión.

Como límites de emisión de equipos se adopta [7] para aparatos electrodomésticos y las respectivas normas de aplicación para equipos industriales (IEC 146, IEEE 519, por ejemplo).

En cuanto a la técnica de medición se adhiere a la norma IEC [6], la cual establece requerimientos concretos y de pleno acuerdo internacional. En general se recomienda la utilización de equipos tipo B, reservando la aplicación de equipos A para casos especiales.

- Fluctuaciones de tensión y "flicker" [4] [8] [9] [10] [13]

* Niveles de compatibilidad en redes públicas de baja tensión ($U_N \leq 1$ kV).

Existen niveles adoptados internacionalmente para variaciones de tensión rectangular con diferentes índices de ocurrencia. Son los indicados en la norma IEC 1000-2-2 [4] y que coinciden con la Figura 5.

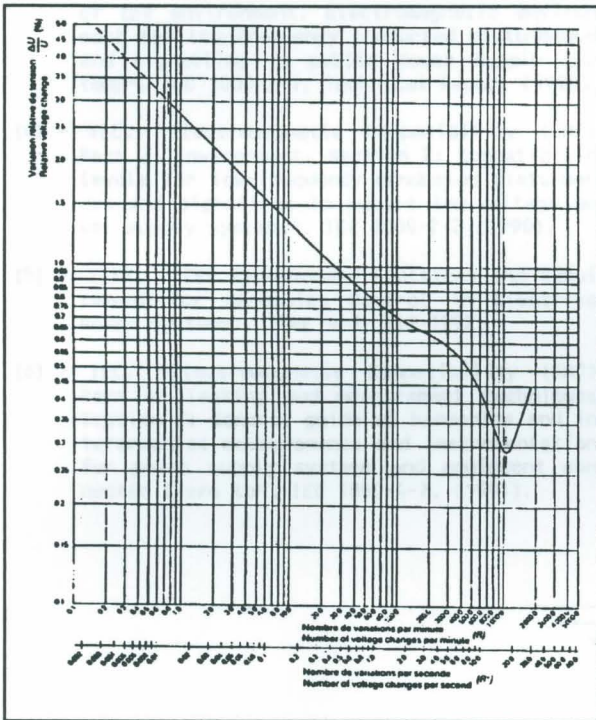


Fig. 5 - Magnitudes de las máximas variaciones de tensión $\delta V/V$ (%) permisibles con respecto al número de variaciones por segundo o por minuto.

Se pueden relacionar los efectos de otras fluctuaciones de tensión no rectangulares con los límites de esta curva, mediante la utilización del flickerímetro [9].

El límite de variaciones individuales no debería superar el 3 %, pero debería aceptarse la ocurrencia infrecuente de escalones (algunos por día en la red pública) de hasta un 8 %.

El nivel de compatibilidad coincide con el nivel de emisión límite para aparatos domésticos. Algunas razones son:

- La mayoría de los aparatos se utilizan en la práctica en condiciones menos severas que las correspondientes a las pruebas de tipo.
- Las impedancias de red suelen ser menores que las de referencia.
- El aumento de aparatos que pudieran interferir entre sí en un punto de la red normalmente trae aparejado también un aumento en la impedancia de cortocircuito en el punto.
- El "flicker" es notable en horarios nocturnos, en los que es esperable un menor uso de los aparatos perturbadores.

* Niveles de compatibilidad en redes públicas de media y alta tensión ($U_N > 1$ kV).

No existen límites de referencia internacionalmente adoptados.

Existen reglas de empresas nacionales o de organismos de usuarios electrointensivos para compatibilizar las instalaciones de grandes cargas perturbadoras, por ejemplo acerías.

Puede adelantarse que, en base a publicaciones de estudios recientes, los límites de compatibilidad serán fijados en valores alrededor de $P_{St} \approx 1,0$, para periodos de exploración de 10 minutos, con P_{lt} del orden de 2/3 del anterior.

* Límites de emisión de fluctuaciones de tensión en redes públicas.

Se aplican a usuarios individuales, en el punto de acoplamiento común con la red.

No existen límites acordados internacionalmente.

Es previsible que los límites a fijar estén por debajo de $P_{St} = 1,0$.

* Límites de emisión de fluctuaciones de equipos que hacen uso de la energía eléctrica.

En la Argentina debe recomendarse el cumplimiento de las normas IEC 555-3 [10] (IRAM 2492-Parte III para equipos de fabricación nacional). La norma se aplica a equipos monofásicos y trifásicos, tales como aparatos de cocina y calefacción, aparatos a motor o accionados magnéticamente, herramientas portátiles y receptores de radio y televisión.

Una nueva versión de la norma, de pronta aparición, prevé la unificación de los límites de emisión según:

- Valor $P_{St} \leq 1,0$
- Valor $P_{lt} \leq 0,65$
- Cambio máximo estacionario, $d_c: \leq 3 \%$
- El valor $d(t)$ durante un cambio menor al 3 % no debería exceder los 200 ms.

Una norma complementaria de la anterior, para equipos de BT con consumos superiores a 16 A, está pronta a ser emitida por IEC (con el número 555-5).

Se prevé la limitación de la emisión a una proporción de los anteriores y dependiendo de la relación entre la potencia de la carga y la capacidad de suministro en el punto.

En cuanto a la técnica de medición se adhiere a la norma IEC [9] correspondiente al instrumento finalmente adoptado, que mide en unidades de perceptibilidad de "flicker", utilizando como referencia la curva de la Figura 5.

3.- REGIMEN DE CALIDAD DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

Forma parte de los procedimientos de administración del Mercado Mayorista.

Se fijan reglas para:

- Indisponibilidad de equipos, con sanciones proporcionales al tiempo y número de salidas y a los montos reconocidos en concepto de conexión y capacidad de transporte del equipo en cuestión.
- Nivel máximo de distorsión armónica, a adoptar según los criterios de CIGRE.
- Secuencia inversa de tensión menor al 1 %.
- Flicker dentro de límites reconocidos internacionalmente y medido según IEC 868 [9].

Estas reglas alcanzan a transportistas y usuarios y, también, son controladas por el ENRE.

4.- REFERENCIAS

- [1] - CIGRE. "Harmonics, characteristics parameters, methods of study, estimates of existing values in the network". Working Group 36-05. Electra N° 77. July 1981.
- [2] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 1: General. Section 1: Application and interpretation of fundamental definitions and terms". IEC 1000-1-1 (1992).
- [3] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part. 2: Environment. Section 1: Description of the environment. Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signalling in public power supply systems". IEC 1000-2-1. Technical Report (1990).
- [4] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 2. Environment. Section 2: Compatibility levels for low-frequency conducted disturbances and signalling in public low-voltage power supply systems". IEC 1000-2-2 (1990).
- [5] - IEEE. "IEEE Recommended Practices and Requirement for Harmonics Control in Electrical Power Systems". IEEE Std. 519-1992.
- [6] - IEC. "Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 4: Testing and measurement techniques. Section 7: General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected there to". IEC 1000-4-7. (1991).
- [7] - IEC. "Disturbances in supply systems caused by house-hold appliances and similar electrical equipment. Part 2: Harmonics". IEC 555-2. 1982. Amend 1. 1985.
- [8] - CIGRE. "Report on the results of the international questionnaire concerning voltage disturbances". Working Group 36-05. Electra N° 99. March 1985.
- [9] - IEC. "Flickermeter. Functional and design specifications". IEC 868 (1986). Amendment N° 1 (1990).
- [10] - IEC. "Disturbances in supply systems caused by household appliances and similar electrical equipment. Part 3: Voltage fluctuations". IEC 555-3 (1982).
- [11] - IITREE-ENRE. "Caracterización del sistema de medición de la calidad de tensión en los servicios de distribución eléctrica". IT 487. Junio 1993.
- [12] - IITREE-ENRE. "Compatibilidad por perturbaciones armónicas en redes eléctricas públicas". ENR 015. Agosto 1994.
- [13] - IITREE-ENRE. "Compatibilidad por perturbaciones de tensión (fluctuaciones y "flicker") en redes eléctricas públicas". ENR 021. Noviembre 1994.

Roberto...

Teruko...

Genes...

...

...

...

...

...

...

RELATORES EM...

Ednardo...

Patrício...

...

...

COLABORADORES

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

Empresa Coordenadora

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA COPEL