

MEDICIÓN DE LA EMISIÓN DE “FLICKER” POR CARGAS PERTURBADORAS MEDIANTE UN SIMULADOR DE RED NORMALIZADA

Pedro E. ISSOURIBEHERE

Daniel A. ESTEBAN

IITREE-UNLP

Argentina

RESUMEN

El “flicker” se produce en las redes eléctricas por la acción de cargas perturbadoras, caracterizadas por el consumo de corrientes rápidamente fluctuantes.

El prestador del servicio público de electricidad debe cumplir en la Argentina con niveles de referencia para el “flicker” en sus redes. Estos niveles se miden en la tensión del sistema. [1]

Dado que el “flicker” en la red lo producen las cargas perturbadoras, la compañía eléctrica debe limitar la emisión desde sus usuarios, para lo cual cuenta con una guía de aplicación. [2]

El sistema de medición propuesto consiste en sensar la tensión y la corriente del sistema mediante un equipo que simula una impedancia de referencia y genera una tensión afectada de un “flicker normalizado” que es medido con un medidor de “flicker” convencional. Esto permite determinar el sentido del flujo (perturbación desde la red o hacia ella) y la contribución del usuario al “flicker” total de la red.

Se describe la teoría de funcionamiento y sus condiciones de validez, se documentan las características, procedimiento de calibración, modalidad operativa y resultados obtenidos en la aplicación del simulador de línea normalizada implementado por el IITREE.

PALABRAS CLAVE

Flicker- Emisión- Impedancia- Simulador- Red- Carga

1. INTRODUCCIÓN.

El “flicker” emitido por un equipo o instalación depende de la impedancia de la red con la que se lo alimenta.

La medición del flicker causado por distintos tipos de cargas requiere que la impedancia de la red (monofásica o trifásica) posea un valor normalizado para que los resultados sean reproducibles y comparables entre distintas cargas. Las características de estas impedancias, para redes de baja tensión, se encuentran estipuladas en las normas de [3] y [4]. De ellas se deduce que la correspondiente para cargas monofásicas en baja tensión es $Z_N = 0,4 \Omega + j 0,25 \Omega$ mientras que para cargas trifásicas equilibradas debería ser $Z_N = 0,24 \Omega + j 0,15 \Omega$.

En instalaciones de laboratorio se construye una red que cumple este requisito y sobre la cual se efectúan las pruebas. Para medir la emisión de “flicker” de usuarios de las redes públicas no es práctico realizar mediciones con la misma instalación de laboratorio.

El objetivo del simulador de línea es el de realizar las mediciones del parpadeo causado por cargas en redes reales, de impedancia desconocida, como si se encontraran en un sistema que presenta las impedancias normalizadas.

2. PRINCIPIO DEL MÉTODO PROPUESTO

El método propuesto consiste en sensar la corriente de la carga, hacerla circular por una réplica de la impedancia normalizada Z_N y sumar la caída de tensión así generada a una tensión libre de “flicker” pero con la misma fase que la del sistema. La Figura 1 es demostrativa del método. La corriente por la carga puede expresarse como:

$$i(t) = (I_L + \Delta I_L \text{sen} \Omega t) \text{sen}(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Donde:

ω : frecuencia angular del sistema.

φ : argumento de la impedancia real de la red Z_L .

Ω : frecuencia angular de la corriente fluctuante (demostrativa de lo que puede ser un espectro amplio).

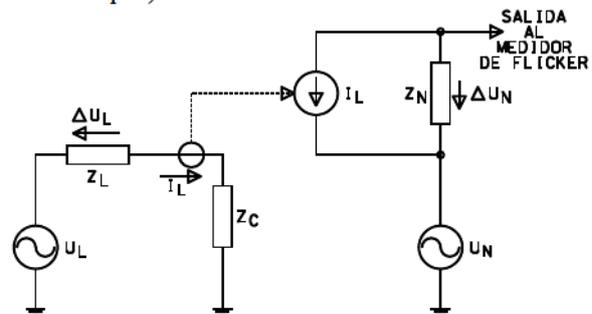


Figura 1. Esquema de principio

La corriente tomada por el usuario tiene dos componentes, un valor de amplitud constante (I_L) y otra componente de amplitud variable (ΔI_L) que es la causa de las fluctuaciones en el punto de suministro.

La componente fluctuante de la corriente produce una caída de tensión fluctuante en el punto de suministro que puede expresarse:

$$\Delta U_L = \Delta I_L Z_L \text{sen}(\Omega t) \text{sen}(\omega t + \varphi) \quad (2)$$

Esta es la fluctuación real producida por el usuario sobre la red.

La fluctuación generada por el usuario sobre la red normalizada sería:

$$\Delta U_N = \Delta I_L Z_N \text{sen}(\Omega t) \text{sen}(\omega t + \varphi) \quad (3)$$

(*) IITREE-UNLP. Instituto de Investigaciones Tecnológicas para Redes y Equipos Eléctricos – Laboratorio de Alta Tensión. Universidad Nacional de La Plata. Calle 48 y 116. (1900) La Plata. Argentina. Tel/Fax: +54-221-425-0804/483-6640/7017. E-mail: iitree@ing.unlp.edu.ar.

Esta caída de tensión se puede obtener haciendo circular la corriente sobre la impedancia normalizada como se indica en la Figura 1.

2.1. Condiciones de validez

Según puede verse en la Figura 2, por el punto de suministro las fluctuaciones de la corriente tienen dos componentes, la propia de la carga (ΔI_C) y la debida a la fluctuación propia de la red (ΔI_0). Esta última es originada por la fluctuación de tensión (ΔU_0) preexistente en la red, y debida a otros usuarios.

$$\Delta I_0(t) = \frac{\Delta U_0}{Z_L + Z_C} \text{sen}(\Omega_0 t + \phi) \text{sen}(\omega t + \varphi) \quad (4)$$

$$\Delta I_C(t) = \Delta I_C \text{sen}(\Omega_C t) \text{sen}(\omega t + \varphi) \quad (5)$$

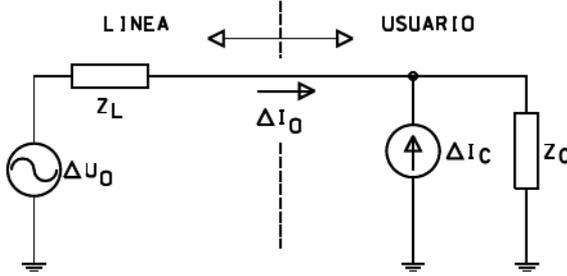


Figura 2. Modelo línea-usuario

Cabe la discusión sobre cuál es la medición correcta en el punto, según:

- El efecto del usuario sobre la red se obtendría por ΔI_C solamente.
- La corriente total daría una especie de "flujo de flicker" en el nodo. El resultado, en relación al anterior, se vería aumentado o disminuido según la fase (ϕ) de la contribución del flicker preexistente. (Cuando se miden armónicas, en iguales situaciones, el caso es similar. La decisión se toma según el resultante).

La situación puede ser analizada de la siguiente manera. Para las estimaciones se adopta la ley de adiciones cúbicas entre diversas fuentes, tal como es utilizado para fijar criterios de reparto de "flicker" y que se basa en los efectos resultantes de la operación de hornos de arco en paralelo.

Llamando: ΔU_T : fluctuación total.
 ΔU_0 : fluctuación preexistente.
 ΔU_U : fluctuación por contribución de la carga de interés

Se puede expresar que:

$$\Delta U_T^3 = \Delta U_0^3 + \Delta U_U^3 \quad (6)$$

con $\Delta U_U = \Delta I_C Z_C$ y $Z_C > 10 Z_L$

Con el mismo criterio de superposición, las fluctuaciones sobre Z_N serán:

$$\frac{\Delta U_N^3}{Z_N^3} = \frac{\Delta U_0^3}{Z_C^3} + \frac{\Delta U_U^3}{Z_L^3} \quad (7)$$

Donde: $\frac{\Delta U_0^3}{Z_C} =$ Flujo desde la red

$\frac{\Delta U_U^3}{Z_L} =$ Flujo desde la carga

Para que en el intercambio de flujo medido (ΔU_N) prevalezca como resultante desde la carga hacia la red, debe cumplirse:

$$\Delta U_N > 1,26 \cdot \frac{Z_N}{Z_C} \cdot \Delta U_T = 1,26 \cdot \frac{S_C}{S_{CCN}} \cdot \Delta U_T \quad (8)$$

Donde: $S_C =$ Potencia de carga. (100kVA monofásico y 500kVA trifásico)

$S_{CCN} =$ Potencia de cortocircuito de la Z_N

Para que el flujo neto medido (ΔU_N) coincida con el circulante desde la carga solamente (error $< 5\%$), se requiere que:

$$\Delta U_N > 1,85 \frac{S_C}{S_{CCN}} \Delta U_T \quad (9)$$

2.2. Aplicación del método

Teniendo en cuenta la proporcionalidad entre ΔU y "flicker" (P_{ST}) pueden resumirse las siguientes condiciones para la aplicación del método:

- Debe medirse simultáneamente el "flicker" sobre la red $P_{ST}(T)$, y sobre la impedancia normalizada, $P_{ST}(N)$.
- El "flicker" $P_{ST}(N)$ será el propio emitido por el usuario, si se cumple la desigualdad:

$$P_{ST}(N) > 1,85 \frac{S_C}{S_{CCN}} P_{ST}(T) \quad (10)$$

- El "flicker" $P_{ST}(N)$ será el resultante del intercambio de flujo o flujo neto, pero con preponderancia desde la carga si se cumple la desigualdad:

$$P_{ST}(N) > 1,26 \frac{S_C}{S_{CCN}} P_{ST}(T) \quad (11)$$

De no cumplirse esta condición, el "flicker" medido tendrá un contenido preponderante desde la red hacia el usuario y no tendrá sentido como medida del "flicker" emitido por el usuario. El valor mínimo de P_{ST} que tiene significado es de 0,37.

3. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SIMULADOR.

La Figura 3 muestra el esquema de la implementación del equipo a nivel de bloques.

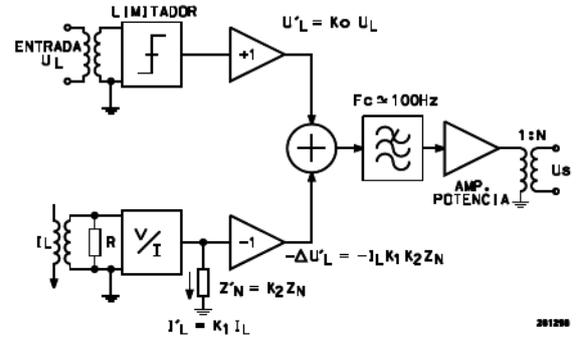


Figura 3. Esquema de bloques

La tensión en el punto de medición U_L contiene las fluctuaciones de amplitud causadas por la carga sobre la impedancia real de la red. Su expresión analítica es:

$$U_L(t) = [U_L - \Delta U_L(t)] \text{sen}(\omega t) \quad (12)$$

donde:

ω : frecuencia angular de red.

$\Delta U_L(t)$: ley de variación del parpadeo con $|\Delta U_L|/|U_L| \ll 1$.

Expresando $\Delta U_L(t)$ en función de la corriente e impedancia de red resulta:

$$\Delta U_L(t) = I_L(t) Z_L \quad (13)$$

Reemplazando (13) en (12) se obtiene:

$$U_L(t) = U_L \text{sen}(\omega t) - I_L(t) Z_L \text{sen}(\omega t)$$

$$U_L(t) = [U_L - I_L(t) Z_L] \text{sen}(\omega t) \quad (14)$$

Si la impedancia de línea coincidiera con la normalizada, resultaría:

$$U_L(t) = [U_L - I_L(t)Z_N] \text{sen}(\omega t) \quad (15)$$

Analizando el esquema funcional propuesto de la Figura 3 se deduce que el limitador de amplitud genera una tensión de referencia de amplitud constante y fase igual a la fase de la tensión del sistema cuya expresión es :

$$U'_L(t) = U'_L \text{sen}(\omega t) + U'_3 \text{sen}(3\omega t) + U'_5 \text{sen}(5\omega t) + \dots \\ = U'_L \text{sen}(\omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} U'_n \text{sen}[(2n+1)\omega t] \quad (16)$$

La relación entre las amplitudes U_L (tensión nominal del sistema) y U'_L está dada por una constante arbitraria K_0 :

$$U'_L = K_0 U_L \quad (17)$$

Mediante el transductor de corriente se dispone de una tensión proporcional a la corriente circulante por la carga ($I_L(t)$).

Un convertor tensión-corriente genera una corriente $I'_L(t)$ que resulta así proporcional a la de la carga $I_L(t)$ según una constante K_1 .

$$I'_L(t) = K_1 I_L(t) \quad (18)$$

Por otra parte, si la impedancia interna Z'_N está relacionada con la normalizada Z_N por una constante K_2 , resulta:

$$Z'_N = K_2 Z_N \quad (19)$$

La corriente de la carga produciría sobre la impedancia normalizada una caída de tensión:

$$\Delta U_L(t) = I_L(t)Z_N \quad (20)$$

Por otra parte en el simulador se tiene:

$$\Delta U'_L(t) = I'_L(t)Z'_N \quad (21)$$

A la salida del sumador se obtiene una señal de salida U_S dada por la suma de las expresiones (16) y (21):

$$U_S(t) = U'_L \text{sen}(\omega t) + \sum_{n=1}^{\infty} U'_n \text{sen}[(2n+1)\omega t] - I'_L(t)Z'_N \quad (22)$$

Reemplazando los valores dados por las (16), (17), (18) y (19) en la (22):

$$U_S(t) = K_0 U_L \text{sen}(\omega t) - K_1 K_2 I_L(t) Z_N + \\ + \sum_{n=1}^{\infty} U'_n \text{sen}[(2n+1)\omega t] \quad (23)$$

Eligiendo las constantes de manera que: $K_0 = K_1 K_2 = K$

Se puede reescribir la expresión (11) como:

$$U_S(t) = K [U_L \text{sen}(\omega t) - I_L(t)Z_N] + \\ + \sum_{n=1}^{\infty} U'_n \text{sen}[(2n+1)\omega t] \quad (24)$$

El último término del segundo miembro de la ecuación (24) contiene frecuencias de orden superior a ω (3ω , 5ω , 7ω , ...) y por consiguiente serán eliminadas por el filtro pasabajos siguiente al sumador. Considerando solo los términos de interés se obtiene:

$$U_S(t) = K [U_L - I_L(t)Z_N] \text{sen}(\omega t) \quad (25)$$

Comparando las ecuaciones (15) y (25) se observa que al diferir sólo en la constante K , la variación relativa flicker en ambos casos es la misma e igual a la que resultaría si la corriente de carga $I_L(t)$ estuviera circulando por la impedancia normalizada Z_N . Así resulta:

$$\frac{\Delta U_L(t)}{U_L} = \frac{\Delta U_S(t)}{U_S} = \frac{I_L(t)Z_N}{U_L} \quad (26)$$

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN.

4.1. Impedancia de referencia interna.

De acuerdo a lo establecido en las normas [3] y [4] se deduce que la relación entre la componente real (R) y la imaginaria (X) de la impedancia normalizada (Z_N) debe ser igual a 1,60.

Para cumplir con esta condición, se determina por medición directa, mediante un puente RLC, que la relación entre las componente real e imaginaria de la impedancia de referencia interna del equipo (Z'_N) e encuentre dentro del $\pm 1\%$ del valor antes indicado.

El valor absoluto de R y X no es de interés ya que sus variaciones serán posteriormente compensadas al ajustar la constante $K = K_1 K_2$.

4.2. Disposición circuital.

Mediante la disposición circuital indicada en la Figura 4, se excita al simulador con tensión de referencia libre de parpadeo y con una corriente en fase de 50 Hz fluctuante en ΔI , cresta a cresta, en forma sinusoidal con una frecuencia de 8,8 Hz. Resulta la forma de onda típica que se muestra en la Figura 5.

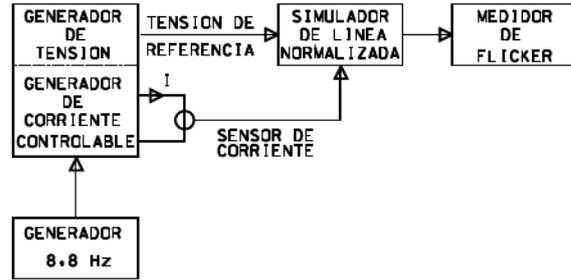


Figura 4. Disposición de elementos para la calibración

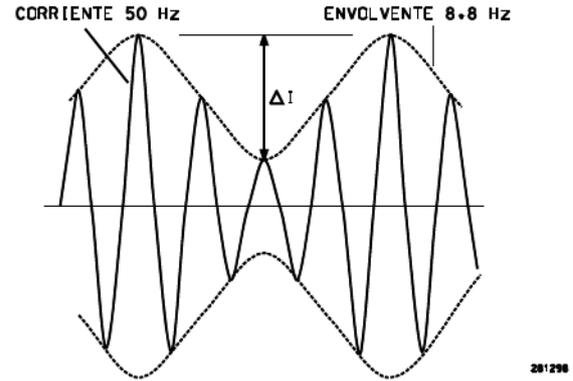


Figura 5. Forma de onda de corriente

Como la tensión de referencia y la corriente generada están en fase, se puede predecir analíticamente en forma sencilla el parpadeo resultante para una dada fluctuación de corriente ΔI sobre la impedancia de referencia Z_N .

Las relaciones entre la fluctuación de tensión ($\Delta U/U$ en %), la sensación (P_U) y el flicker de corto plazo (P_{ST}) según la norma [3] para el caso particular de parpadeo sinusoidal de 8,8 Hz y constante en el tiempo como el usado durante las pruebas se reducen a:

$$P_U = \left(\frac{\Delta U/U}{0,25} \right)^2$$

$$P_{ST} = \sqrt{0,5096 \cdot P_U}$$

Resulta así que conocido el P_{ST} se puede determinar el $\Delta U/U$ mediante la relación:

$$\Delta U/U = 0,35 P_{ST} \quad (27)$$

4.3. Calibración.

Determinado el punto a calibrar, por ejemplo $P_{ST} = 2$, se deberá ajustar un ΔI tal que produzca un $\Delta U/U = 0,7\%$. Para una tensión de referencia $U = 220$ V resulta:

$$\Delta U = 1,54 \text{ V}$$

Llamando R_N a la parte real de la impedancia normalizada se verifica con un error menor al 0,5% que:

$$\Delta I = \Delta U / R_N$$

Considerando el caso de la impedancia monofásica donde $R_N = 0,4 \Omega$ y con las magnitudes supuestas anteriormente se obtiene:

$$\Delta I = 1,54 / 0,4 = 3,85 A$$

Fijado este valor en el generador de corriente controlable (Figura 4) se ajusta el valor de K_1 y/o K_2 , de acuerdo a la implementación circuital realizada, para obtener la lectura deseada de $P_{ST}=2$ en el medidor de flicker.

5. DETERMINACIÓN DE LA IMPEDANCIA DE REFERENCIA EN FUNCION DE LAS CONSTANTES DE TRANSDUCCIÓN.

Cuando se efectúan mediciones con el simulador intercalando transformadores de medición de tensión y /o corriente en los respectivos circuitos, la impedancia de referencia calibrada se debe corregir teniendo en cuenta las correspondientes constantes de transducción.

Se llamará $U_{fase\ sistema}$ a la tensión del sistema en el punto de medición de la corriente.

Según el o los transductores de corriente empleados entre el punto de medición y la entrada correspondiente del equipo resulta la corriente de fondo de escala ($I_{fondo\ escala}$) como aquella que produce una tensión máxima de 1V en bornes de entrada del equipo.

Las condiciones de calibración, con las definiciones anteriores, fueron:

$$U_{fase\ sistema} = 220 V$$

$$I_{fondo\ escala} = 10 A$$

La impedancia de referencia Z_{REF} resultante a partir de la calibrada Z_N puede generalizarse para cualquier tensión del sistema y relación del transductor de corriente mediante la expresión:

$$Z_{REF} = \frac{10 A}{I_{fondo\ escala} [A]} \cdot \frac{U_{fase\ sistema} [V]}{220 V} \cdot Z_N \quad (28)$$

Reemplazando valores y calculando se obtiene:

$$Z_{REF} = \frac{U_{fase\ sistema} [V]}{I_{fondo\ escala} [A]} (0,0182 + j 0,0114) \Omega \quad (29)$$

6. EQUIPO IMPLEMENTADO.

6.1. Especificaciones.

- Entrada de tensión : 60 a 240 V eficaces.
- Impedancia entrada de tensión : Mayor a 100 k Ω (prestación < 5 VA).
- Entrada transductor de corriente: (1V máximo)
 - 10 mV/A.
 - 100 mV/A
- Impedancias simuladas:
 - Red monofásica : 0,40 Ω + j 0,25 Ω .
 - Red trifásica : 0,24 Ω + j 0,15 Ω .
- Tensión de salida : 63,5 V eficaces.
- Potencia de salida : 3 VA máximo.
- Tensión de alimentación : 220 V \pm 15 % 50 Hz.
- Potencia de alimentación : 10 VA máximo.

6.2. Operación.

La interconexión de los elementos necesarios para la medición con el simulador de línea normalizada se indica en la Figura 6.

En la instalación debe verificarse la correcta relación de fases entre las muestras de tensión y corriente. La polaridad correcta es aquella que produce una reducción en la tensión

de salida del simulador cuando se inserta la pinza amperométrica en el circuito de corriente.

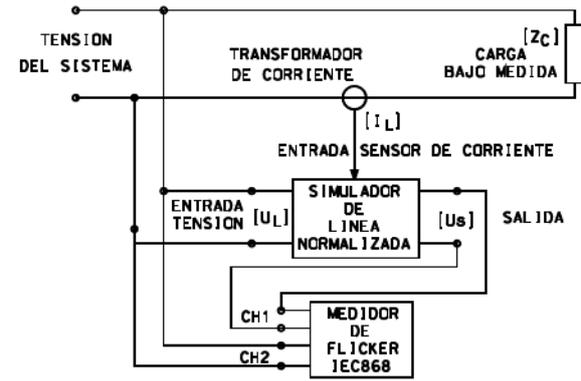


Figura 6. Disposición circuital para la medición

Como instrumento de medición se utiliza un medidor de flicker de dos canales cuyas características están de acuerdo a la norma [3].

Con la disposición indicada, la información registrada en el canal 1 (CH1) corresponde al flicker resultante con la impedancia de red normalizada, mientras que en canal 2 (CH2) se obtiene el flicker en la red real.

La energía de alimentación tanto del simulador de línea como del medidor de flicker pueden tomarse del mismo punto de medición o de otra fuente de energía independiente de 220 V - 50 Hz.

Según la magnitud de la corriente circulante por la carga se selecciona el rango de la pinza amperométrica (10A pico ó 100A pico) y en forma correspondiente se posiciona el selector del simulador de línea.

Según que la carga sea monofásica o trifásica se adecua el valor de la impedancia normalizada mediante el selector correspondiente en la posición 1 \emptyset ó 3 \emptyset .

Un indicador luminoso muestra la presencia o no de tensión en los respectivos terminales de salida del simulador.

7. RESULTADOS OBTENIDOS EN SU APLICACIÓN.

Utilizando el simulador de red normalizada analizado, el IITREE realizó una campaña de mediciones de flicker emitido por usuarios de pequeñas y medianas demandas en redes de baja tensión en el área del Gran Buenos Aires.

En la Tabla I se presentan los resultados obtenidos en las mediciones y en las dos últimas columnas de esta se incluye el resultado del cálculo de la condición (10) para comprobar el origen del flicker.

Según se explicó en el punto 2.2, es posible determinar si el flicker medido en base a la corriente de la carga, usuario, es propio de esta, o si por el contrario circula por el punto y tiene origen en la red.

En todos los casos se cumple la condición de validez del método, es decir que el flicker emitido medido es efectivamente originado por los usuarios.

También se observan dos situaciones extremas destacables:

- a) En los sitios indicados 15 16 17 28 y 32 se supera el límite permitido de $PST = 1$ en la red, pero el flicker emitido por el usuario considerando la impedancia normalizada se encuentra ampliamente dentro de este valor.
- b) En el sitio indicado 31 se observa la situación inversa, el flicker en la red no supera el valor de $PST = 1$ pero sí el emitido por el usuario medido sobre la impedancia normalizada.

Réplicas del equipo desarrollado y construido por el IITREE son usados por las compañías distribuidoras de energía

eléctrica del Gran Buenos Aires para el control del flicker en las redes de media y baja tensión. [1] [2]

[4] IEC 1000-3-3. Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 3: Límits. Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A.

8. REFERENCIAS

[1] ENRE 465/96. Base Metodológica para el Control de la Calidad del Producto Técnico. Etapa 2.

[2] ENRE 99/97. Base Metodológica para el Control de la Emisión de Perturbaciones. Producto Técnico. Etapa 2.

[3] IEC 868. Flickermeter. Funcional and design specification.

[5] IEC 1000-3-5. Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 3: Límits. Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A.

Tabla I. Resultados obtenidos en la medición de $P_{ST}(T)$ y $P_{ST}(N)$ en usuarios en baja tensión.

Sitio	Corriente [A]		$P_{ST}(T)$ Red	$P_{ST}(N)$ Usuario	Potencia. en la carga		Desigualdad	
	Inicial	Final			SC máx.	SC med.	Máximo	Medio
1	6	1	0,378	0,478	1320	770	0,00923	0,00538
2	1,92	0,15	0,287	0,424	422,4	227,7	0,00224	0,00120
3	1,3	1,31	0,364	0,406	288,2	287,1	0,00194	0,00193
4	1,97	1,74	0,263	0,421	433,4	408,1	0,00210	0,00198
5	1,02	1,18	0,339	0,345	259,6	242,0	0,00162	0,00157
6	1,65	0,16	0,329	0,459	363,0	199,1	0,00220	0,00121
7	1,93	0,15	0,305	0,468	424,6	228,8	0,00239	0,00191
8	6,55	1	0,408	0,581	1441	830,5	0,01087	0,00626
9	1,94	0,12	0,349	0,562	426,8	226,6	0,00275	0,00146
10	1,27	1,27	0,247	0,738	279,4	279,4	0,00127	0,00127
11	0,22	0,22	0,354	0,526	48,4	48,4	0,00031	0,00031
12	0,97	1,73	0,322	0,506	380,6	297,0	0,00226	0,00176
13	2,2	1,56	0,269	0,628	484,0	413,6	0,00240	0,00205
14	2,28	3,25	0,411	0,586	715,0	608,3	0,00543	0,00462
15	4,8	5,12	1,47	0,348	1126,4	1091,2	0,03063	0,02967
16	10	3,5	1,46	0,451	2200	1485	0,05942	0,04010
17	0,94	6,73	1,48	0,469	1480,6	843,7	0,04053	0,02310
18	6,31	0,62	0,246	0,511	1388,2	762,3	0,00631	0,00346
19	1,2	1,11	0,465	0,304	264,0	254,1	0,00227	0,00219
20	0,41	0,1	0,468	0,398	90,2	56,1	0,00078	0,00048
21	1,34	0,14	0,455	0,440	294,8	162,8	0,00248	0,00137
22	0,2	0,4	0,376	0,329	88	66	0,00061	0,00045
23	1,3	2,15	0,245	0,304	473,0	379,5	0,00214	0,00172
24	1,5	1,5	0,853	0,239	330,0	330,0	0,00520	0,00520
25	12,5	6,4	0,788	0,807	2750	2079	0,04005	0,03030
26	0,3	0,3	0,993	0,401	66	66	0,00121	0,00121
27	2,23	2	0,881	0,352	490,6	465,3	0,00799	0,00758
28	1,19	1,52	1,06	0,661	334,4	298,1	0,00655	0,00584
29	9,7	1,14	0,889	0,443	2134	1192,4	0,03509	0,01961
30	6,9	6,65	0,638	0,433	1518	1490,5	0,01791	0,01759
31	5,95	5,75	0,602	1,049	1309	1287	0,01457	0,01433
32	4,24	1,71	1,284	0,221	932,8	654,5	0,02215	0,01554