



UNDÉCIMO ENCUENTRO REGIONAL
IBEROAMERICANO DEL CIGRÉ – XI ERIAC

COMITÉ NACIONAL PARAGUAYO DEL CIGRÉ
22 al 26 de mayo 2005 – Hernandarias – Paraguay

ASIGNACIÓN DE RESPONSABILIDADES PRESTADOR – USUARIO EN LA CALIDAD DE ONDA DE LA TENSIÓN

P.E. ISSOURIBEHERE, G.A. BARBERA, J.C. BARBERO
IITREE-UNLP
Argentina

Resumen – En el trabajo se lleva a cabo un análisis sobre la determinación de responsabilidades en el deterioro de la calidad de onda de la tensión. Se encuentra basado en las normas sobre el particular, en especial las IEC de la serie 61.000, la experiencia en estudios y mediciones del IITREE de la UNLP y las reglamentaciones de control de la Calidad del Servicio actualmente vigentes en Argentina.

Se analiza la determinación de responsabilidades (Prestador o Usuario) en un Punto de Acoplamiento Común (PAC) genérico diferenciando según los distintos aspectos en que comúnmente se subdivide a la calidad de onda; esto es nivel de tensión, caídas (y sobretensiones) breves en la tensión, armónicas y flicker.

Se critican algunos métodos vigentes, basándose sobre todo en las dificultades prácticas de su aplicación. Se proponen reglas simples de aplicación general para determinar dichas responsabilidades. Estas reglas no serían aplicables en casos puntuales donde se requiera un análisis más riguroso del asunto.

Por medio de simples modelos de red-usuario se llega a diversas conclusiones que facilitarían de cierto modo los procedimientos de control que se llevan a cabo en la actualidad.

Palabras clave: Armónicas, Caídas, Calidad de Onda, Flicker, Nivel de tensión, Responsabilidad.

1 INTRODUCCIÓN

Se trata de definir las responsabilidades por la calidad del servicio, en cuanto a Producto Técnico, en un punto de acoplamiento entre una carga y la red de suministro, sobre la base de reglas de aplicación general.

La búsqueda de reglas simples y de aplicación general, que es lo que aquí se trata, no elimina la atención de

casos particulares, que pueden caer bajo otros criterios diferentes.

Este caso de prestador – usuario es genérico. Puede ser la Distribuidora y un usuario, puede ser un Transportista y una Distribuidora, etc.

En cualquier caso es reducible a un esquema simple, de la misma forma que la propia transacción de la energía lo es. El punto de acoplamiento Prestador-Carga es el mismo de medición de la energía.

Bajo esa condición - punto único de acoplamiento - siempre es posible reducir la red a su equivalente de Thevenin, modelo que se presenta en la Fig. 1.

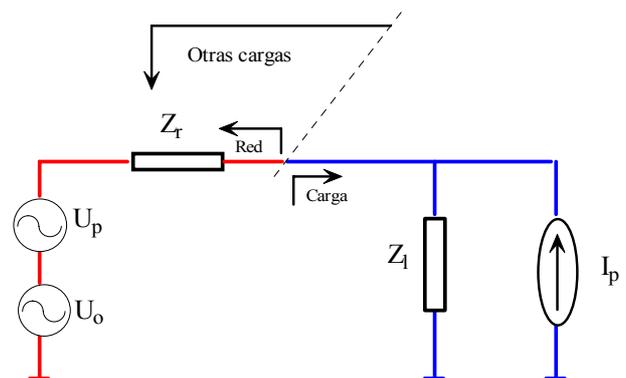


Fig. 1. Esquema de compatibilidad red -usuario.

Donde:

U_0 : Tensión de Th (Thevenin) equivalente de red a frecuencia industrial, vista desde el punto de acoplamiento en cuestión.

U_p : Tensión de Th equivalente de red de la perturbación que se trate. Es la contaminación preexistente (o sea independiente de la Carga en cuestión).

I_p : Corriente de Norton equivalente de la perturbación, del mismo tipo, producida por la carga.

Z_r : Impedancia de Th equivalente de la red, vista desde el punto de acoplamiento.

Z_l : Impedancia equivalente de la carga. Incluye el consumo de activo y de reactivo.

Las cargas susceptibles deben tener un cierto grado de inmunidad a las perturbaciones existentes en la red y ésta, por otro lado, debe poner al servicio de las cargas perturbadoras una cierta capacidad de absorción de la emisión de perturbaciones.¹

De lo cual resulta que la red no es sólo el vehículo de transmisión de la energía eléctrica a frecuencia industrial sino que debe, además, tener el grado de capacidad de absorción como para mantener la Calidad de la Onda según el estándar establecido.

2 RESPONSABILIDAD SOBRE LA TENSIÓN DE SUMINISTRO A FRECUENCIA INDUSTRIAL

Nivel medio de la tensión. La red suministra la energía a frecuencia industrial. Una carga no perturbadora sólo requiere corriente a frecuencia industrial.

La tensión en el punto de suministro U_l dependerá de la tensión propia de la red - aquella previa a la inclusión de la carga - y de la caída en la impedancia de red, como ilustra la figura la Fig.2.

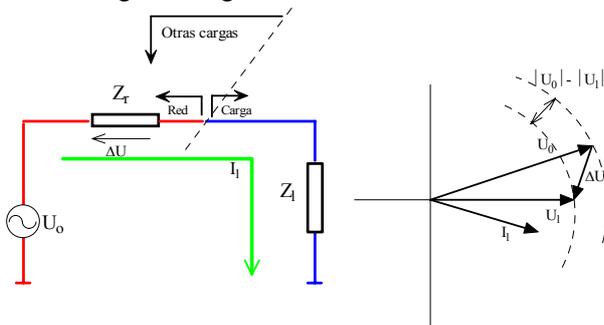


Fig. 2. Esquema para la interpretación del problema del nivel medio de la onda tensión.

Si bien hay una responsabilidad compartida entre Prestador y Carga por la tensión en el punto, las reglas actualmente en uso en la Argentina dan la **responsabilidad al Prestador por mantener la tensión** dentro de una banda de niveles establecidos y acordes con la Calidad pretendida. [1]

Este criterio puede interpretarse como que el Prestador no sólo le hace llegar la energía al Usuario sino que también debe prever su red con una capacidad de suministro acorde al estándar de calidad fijado, en este caso el nivel medio de la tensión controlada en intervalos largos y propios del seguimiento de la Demanda.

El prestador deberá adaptar su red a los requerimientos de la Carga, previendo que la caída de tensión ocasionada por ésta no lo saque de banda. Al requisito primario de que la demanda a suministrar no supere la capacidad térmica de la red (líneas, transformadores y otros componentes serie) se le agrega un requerimiento de tensión.

Por otro lado, al Usuario le corresponde no transgredir la Demanda Máxima convenida y cumplir con un determinado factor de potencia.

Entonces, si bien la tensión en el punto de acoplamiento es debida a ambos, dado que la mayor influencia se debe al Prestador, **se le da la responsabilidad total.**

La corriente que toma la carga depende de ésta, aunque también depende de la tensión (teniendo en cuenta que según que la carga sea de los tipos corriente constante., impedancia constante. o potencia constante. la sensibilidad a la tensión será diferente).

Aceptando un criterio de reciprocidad al de tensión podrá asignarse al usuario **toda la responsabilidad sobre la corriente** (al menos si el Prestador cumple con la Calidad de la tensión. Si no cumple, podría no ser así. Caso de sobrecorriente por saturación, p.e.).

Las caídas (y sobretensiones) breves de la tensión.

Las caídas breves (*sags* o *dips* en inglés) son fenómenos perturbadores que consisten en transgresiones breves a los límites de la tensión de suministro. En el límite, las caídas breves se confunden con los *microcortes*. Van tomando más importancia dentro de la Calidad del Servicio a medida que los usuarios incorporan cargas susceptibles a estos eventos.

En buena medida estos fenómenos son propios de la red (despeje de fallas, p.e.) pero también pueden originarse en sobrecargas del Usuario. Lo que sigue es sobre este mecanismo.

La Fig.3 ilustra sobre el particular.

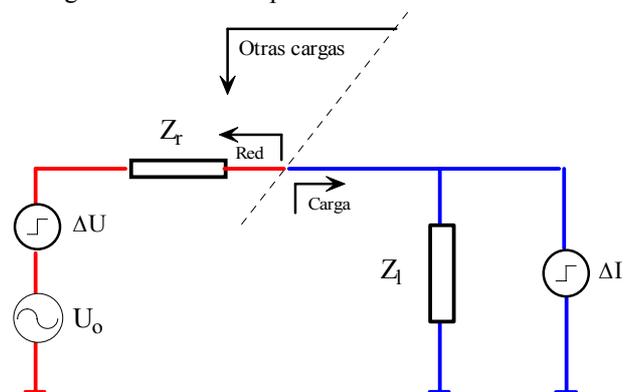


Fig. 3. Esquema para representar responsabilidades por caídas de tensión.

Donde:

ΔU : Tensión de Th equivalente de red correspondiente a las perturbaciones preexistentes (o sea independiente de la carga en cuestión).

ΔI : Corriente de Norton equivalente a los cambios bruscos y breves de la carga.

Evidentemente es una situación que es extensiva de la anterior, en la que intervienen los mismos parámetros de la red. La diferencia está en que en el nivel medio de la tensión está convenido adoptar el de 10 ó 15 minutos, mientras que estas otras variaciones son más breves y de magnitudes superiores a los límites del valor medio. El mecanismo causa-efecto no es enteramente igual. En el mantenimiento del nivel medio de la tensión en intervalos largos pueden actuar los dispositivos de

¹ Ver normas IEC de la serie 61000

regulación de tensión de la red (variadores bajo carga, baterías de compensación) mientras que en los breves no, excepto compensadores estáticos o dispositivos similares.

No existen reglas claras sobre cómo coordinar las responsabilidades.

Como buena práctica de servicio algunas compañías tienen Procedimientos (Guías) para la conexión de cargas perturbadoras. Indagando sobre las modalidades de la carga (corrientes de inserción) puede dimensionarse la red de suministro adaptada y/o adoptar las medidas de mitigación más convenientes.

Los estándares de compatibilidad a establecer en el futuro deberán tener en cuenta los valores de las caídas y sus respectivas tasas de ocurrencia. De igual forma deberán fijarse los niveles de sobrecarga por encima de la Máx. Dem. de los usuarios y sus tasas de ocurrencia.

Una metodología digna de estudio, abarcativa de ambos problemas sería bajar los intervalos actuales de totalización de la demanda (15 min.). De esta forma, la mayor remuneración percibida por el Prestador justificará el refuerzo de red necesario para contener el fenómeno de caídas breves dentro del mismo límite actual del valor de la tensión a largo plazo (también fijado en 15 min.).

3 RESPONSABILIDAD SOBRE LAS ARMÓNICAS

Se utiliza el modelo general, adaptado para el caso particular de armónicas. Éste se muestra en la Fig. 4.

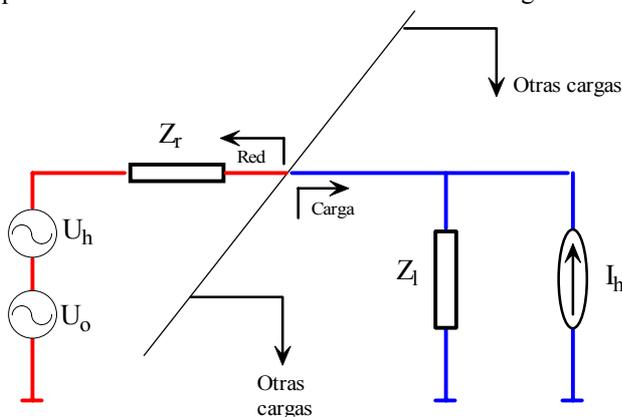


Fig. 4. Esquema propuesto para la interpretación de la asignación de responsabilidades por armónicas.

Donde:

U_h : Tensión de T_h equivalente de red a la frecuencia armónica (tantos generadores como componentes armónicas se analicen). Es la contaminación armónica preexistente (o sea independiente de la carga en cuestión).

I_h : Corriente de Norton equivalente la distorsión armónica producida por la carga.

Sobre el fenómeno de armónicas existen niveles de compatibilidad. Hay límites de la IEC y de la IEEE para la tensión y de corrientes en esta última. En la Argentina el ENRE tiene reglas establecidas sobre la tensión (Res 184/00) [1] y sobre la emisión (Res 99/97) [2].

Los valores tolerables de la distorsión en la tensión de la red - que es la que afecta a las cargas susceptibles con las que debe compatibilizarse - y en la emisión de armónicas de corriente permitida a cada carga, se establecen por separado.

A partir de la tensión armónica límite prevista en un nodo se establece una **capacidad de absorción de corrientes armónicas** por parte de la red (es un concepto similar al de la capacidad de suministro a frecuencia industrial de un nodo). Las proporciones de corriente armónica de cada carga se asignan según su porte - Demanda que compran - y teniendo en cuenta coeficientes de diversidad entre ellas.

Eventualmente, los límites así establecidos pueden ajustarse mediante campañas de medición exhaustivas que permitan asegurar la compatibilidad, como fue hecho en la Argentina. [7]

De esta forma tanto las normas IEC e IEEE, como los reglamentos de Argentina (que se inspiran en ellas) establecen primero los límites en las tensiones y luego, y por separado, los de las corrientes que pueden emitir las cargas.

Ambos requerimientos **se aplican por separado**. La Autoridad vigila que el prestador del Servicio cumpla con la tensión [1] y, a su vez, los prestadores pueden controlar a los usuarios presuntamente perturbadores [2].

Se suelen encontrar inconvenientes en ciertos casos donde no resulta evidente la responsabilidad de los actores. No hay dudas en que los límites de la distorsión de la tensión son responsabilidad del Prestador, por simple extensión del principio utilizado en la tensión a frecuencia industrial.

En cambio con la corriente, y en el caso que se superen los valores permitidos, queda la tarea de probar el origen. Surge así el siguiente interrogante: la corriente se debe a la contribución del generador de tensión U_h de la red que impulsa la corriente hacia la carga? O prevalece la del generador I_h equivalente de la distorsión de la carga?

El flujo de armónicas no es, como fenómeno, diferente al flujo de potencia a frecuencia industrial. En este caso, en un nodo que vincula generadores y cargas a la izquierda con generadores y cargas a la derecha se resuelve por superposición (aunque sea implícita). El flujo resultante será la composición de ambos, hacia izquierda y hacia la derecha. Es el caso, por ejemplo, del flujo de energía a frecuencia industrial donde lo que se contabiliza es directamente el neto.

Las cargas distorsionantes toman energía a frecuencia industrial y parte de ella la convierten en armónicas. Se produce así un flujo de energía - a cada componente armónica - que va desde la carga hacia la red. También se da un flujo inverso desde el generador armónico de red hacia la carga.

La Fig. 5 ilustra la situación, con generadores armónicos tanto en la red como en la carga (habiendo eliminado el generador de frecuencia industrial, de la Fig. 4). Se muestran reactancias equivalentes, que con alcance amplio podrían ser de otros tipos a las mostradas en la

figura. V_a e I_a son las tensiones y corrientes medibles en el punto de acoplamiento.

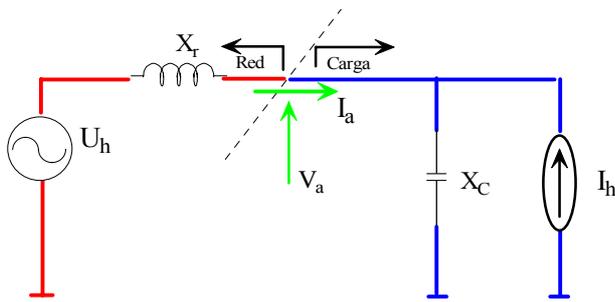


Fig. 5. Diagrama para representar el flujo armónico.

Aplicando el principio de superposición se obtiene el diagrama fasorial de la Fig. 6.

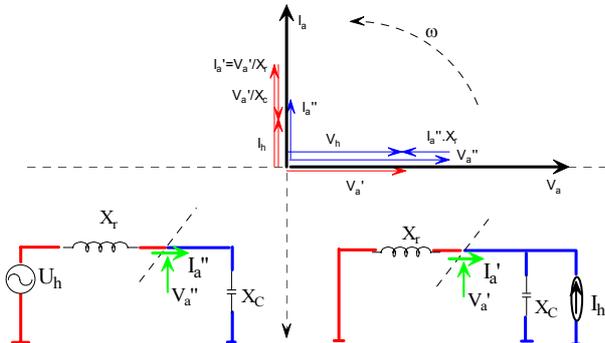


Fig. 6. Diagrama fasorial de las componentes armónicas presentes.

La figura es autoexplicativa. La corriente I_a'' se debe al generador de la red y a las impedancias del circuito. El diagrama fasorial está dibujado para la situación de la figura y con una reactancia de carga mayor a la de red a la armónica en cuestión (por encima de la resonancia, la corriente se invierte). Se observa una magnificación de la tensión armónica respecto a la de vacío por efecto de la combinación de reactancias red-carga.

La corriente I_a' circula en el punto de acoplamiento impulsada por el generador lado carga. El diagrama fasorial está dibujado para la situación de la figura y con una reactancia de carga mayor a la de red a la armónica en cuestión (por encima de la resonancia, la corriente se invierte). Para el caso, la corriente total también se magnifica.

El caso también ilustra que el diagrama fasorial resultante es del mismo tipo que el de cualquiera de los dos debidos a cada una de las fuentes. Esto explica porqué del sólo relevamiento del diagrama en el punto (lo que se hace al medir) no puede inferirse el sentido del flujo.

Lo anterior sirve como base para ilustrar la complejidad del problema de asignación de responsabilidades, más si se tiene en cuenta que para cualquier otra relación de amplitudes y fases entre V_h e I_h los resultados diferirán. También para otras reactancias y frecuencias armónicas. Para dilucidar la cuestión de las responsabilidades debe agregarse algún requerimiento adicional.

Método del flujo de potencia activa. Un método de asignación de responsabilidad en la corriente en el punto

es el del flujo de potencia activa. Así, y teniendo en cuenta el caso de flujo a frecuencia industrial, se acepta que la responsabilidad es de la carga o del generador según el sentido del flujo de la potencia activa.

Este criterio tiene origen en los estudios realizados sobre uno de los posibles efectos de las armónicas, esto es, sobre los medidores de energía eléctrica. En especial, sobre si la energía de cada armónica debe sumarse o no a la de frecuencia industrial, resultando de lo cual algún efecto económico. Aunque este problema es irrelevante desde el punto de vista práctico (si es que los niveles de contaminación están contenidos dentro de los límites de norma), la inobjetable rigurosidad teórica del criterio ha hecho que éste sea adoptado. Así figura en la norma Argentina, como método de decisión sobre el origen de las armónicas.

En realidad, el criterio no es totalmente válido ya que los efectos de las armónicas - y por los cuales se las limita - tienen que ver más que nada con la magnitud. La inducción sobre circuitos vecinos a las redes de potencia, la pérdida de capacidad de los elementos de las redes, las fallas de capacitores y otros, tienen que ver con la magnitud y no directamente con la componente activa de la corriente armónica.

El mayor flujo de armónicas es reactivo. Para las redes la impedancia suele ser inductiva (sobre todo en líneas sin compensación y longitudes menores a un cuarto de onda a esa armónica). Por ejemplo, una red de AT puede tener un factor de mérito de 8 hasta 10 a frecuencia industrial, que se magnifica sensiblemente a las armónicas. Aún una red de BT, con un factor menor a 1, se hace reactiva a las armónicas. Lo mismo una carga - sobre todo las de mayor porte - que si es reactiva inductiva tendrá compensación y ésta prevalecerá para las armónicas.

Los generadores de armónicos no deciden la fase de la corriente que circula por el nodo. Para el caso de la carga de la Fig. 6 el flujo de potencia activa dependerá de la componente resistiva de la red (no mostrada en la figura). Sin embargo, aunque la componente resistiva de la impedancia de la red tiene una influencia de segundo orden sobre la magnitud de la corriente, la aplicación del método podría llevar a inculpar erróneamente al Usuario en el caso de una acometida con altas pérdidas.

Por otra parte, el método de determinación de la preeminencia en el flujo de la potencia activa resulta impráctico debido a que los valores de potencia activa son, en casi todos los casos de redes de potencia, muy pequeños con respecto a los de reactiva. Tal como se representa en la Fig. 7 los ángulos entre la tensión y la corriente son muy próximos a 90° . Teniendo en cuenta que la mejor clase para medir armónicas es de 5% y 5%. [6] resulta que el ángulo real queda acotado entre valores que enmascaran el sentido real del flujo.

La Fig. 7 muestra el caso en el que el error de ángulo en la medición puede invertir el flujo medido. Aunque esto no suceda, la correcta expresión de los resultados de una medición conllevan el rango de error, por lo que sólo podría asegurarse el sentido si el ángulo medido (en el ejemplo) fuera menor a 85° .

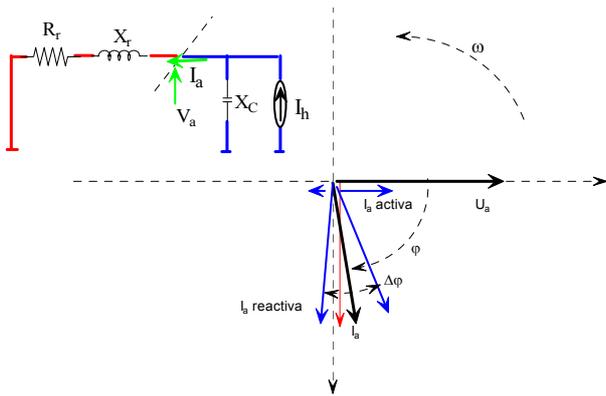


Fig. 7. Diagrama fasorial para tensiones y corrientes armónicas para situaciones reales.

Las dificultades mostradas llevan en el estudio de casos a la determinación por métodos de análisis más elaborados, considerando la tendencia con la frecuencia. Finalmente, una propuesta basada en la experiencia de mediciones y amparado en la decisión vigente sobre la asignación de responsabilidades para la tensión, sería el de no discriminar la preeminencia en el “sentido” de la corriente sino en aceptar que **la corriente, tanto a frecuencia industrial como a frecuencias armónicas, es responsabilidad sólo de la carga**, así como ya está asumido que la responsabilidad por la tensión, tanto a frecuencia industrial como a frecuencias armónicas, es responsabilidad sólo del prestador.

Debe considerarse también que este criterio simple podría ser injusto en algún caso en el que, basándose en el flujo de energía armónica, el resultado fuera diverso, pero debe tenerse en cuenta que esta posibilidad tiene su simetría con aquellos casos en los que pudiera demostrarse que el prestador no es estrictamente responsable por el nivel de la tensión por el que se lo penaliza.

Conclusión: Se propicia que con fines de control universal de redes extensas se asigne al Prestador la responsabilidad única por la Calidad armónica de la tensión y al usuario por el de la corriente.

Bajo este criterio una carga no distorsionante, pero que pone una impedancia que hace circular una corriente mayor al límite (caso de resonancia de la red con una batería de capacitores del usuario, p.e.) resultaría penalizada. Para tener en cuenta esta situación es que también debe controlarse si la distorsión de tensión cumple. De ser así, es el usuario quien debe solucionar el problema. Si la tensión no cumple, el prestador. Si son ambos, como criterio general y teniendo en cuenta que el prestador puede indagar en otros puntos de su red, dar prioridad al Prestador (tiene que solucionar el prestador del servicio primero).

La aceptación de este criterio eliminaría la discusión sobre el flujo armónico, es decir si es emisión o recepción.

Las situaciones dudosas suelen darse en magnificaciones por resonancia. Como se indicó antes, esto puede hacer que una carga no distorsionante pero con compensación tome una corriente armónica desde la red. Pero también, para una circunstancia similar pero

con carga distorsionante, la magnificación de la tensión resultante sobre la red sería injustamente asignada al Prestador.

4 RESPONSABILIDAD SOBRE EL FLICKER

Las redes públicas de electricidad deben cumplir con niveles límites para el *flicker*. Éste se mide en la tensión del sistema. Como el *flicker* lo producen las cargas perturbadoras, la compañía eléctrica debe limitar la emisión desde sus usuarios. En la Argentina está regulado ([1] [2], con validez para la jurisdicción del ENRE.

La Fig. 8 muestra el circuito equivalente de *flicker*, habiendo eliminado la fuente de frecuencia industrial. Se muestran una fuente de variaciones rápidas del nivel de la tensión - que son las que producen el *flicker* - y que equivale a las propias de la red, y otra fuente que corresponde a las fluctuaciones rápidas del módulo de la corriente de carga.

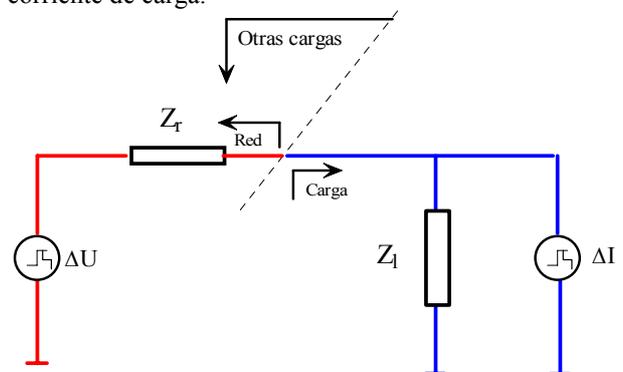


Fig. 8. Esquema para la interpretación de la asignación de responsabilidades por flicker.

La perturbación resultante en el nodo es causal directa de la sensación de flicker que percibirán las cargas susceptibles conectadas a él. ΔU_0 es la única fuente en ausencia de la carga perturbadora en cuestión. Además, las fluctuaciones rápidas del módulo de la corriente de carga producirán caídas de tensión en la impedancia de la red, modificando la situación preexistente.

A diferencia del tratamiento de armónicas, donde se establecen límites para la tensión, por un lado, y para la emisión de corriente como tal, por otro, para el *flicker* no se fijan límites para las variaciones de la demanda sino que se fijan límites para el efecto de esas variaciones sobre una impedancia de red normalizada o impuesta. Así lo establecen las normas IEC de aparatos [3] [4] y lo regula el ENRE para los usuarios [2]. Esto se debe a que el sentido físico (sensación de molestia de un observador sometido a una iluminación eléctrica con flujo fluctuante) sólo es asignable a la tensión que alimenta a los artefactos.

La medición de la emisión puede realizarse bajo la técnica convencional [5], en condiciones normales de la carga y haciendo circular la corriente por una impedancia ficticia, como se muestra en la Fig. 9.

Para asignar responsabilidades sobre el *flicker* emitido cabe la duda sobre si en la medición prevalece el realmente emitido o el ingresante desde la red.

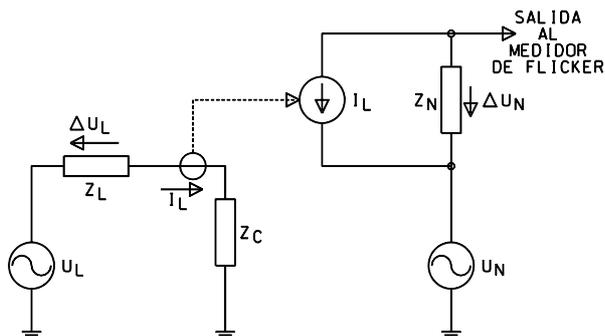


Fig. 9. Esquema de principio para la medición de flicker.

Midiendo simultáneamente el flicker en la tensión en el punto de acometida [P_{STR}] y el flicker circulante a través de la impedancia ficticia [P_{STN}] se puede determinar el sentido.

Según [8] se comprueba que para que el flujo neto medido, P_{STN} en la expresión que sigue, coincida con el circulante desde la carga solamente (error < 5 %), se requiere que:

$$P_{STN} > 1,85 \frac{S_C}{S_{CCN}} P_{STR}$$

Donde:

P_{STN} : Indicador del flicker medido sobre la impedancia ficticia.

P_{STR} : Indicador del flicker medido realmente sobre la red.

Z_C : Impedancia de la carga

Z_N : Impedancia de la red ficticia (la normalizada para emisión de aparatos o la de CC de la red).

Para este tipo de perturbación es entonces factible determinar si la carga es responsable o no de la emisión. Al menos los siguientes aspectos lo permiten:

- Que el flicker es directamente el efecto de las variaciones de la tensión, y no uno de varios efectos para los cuales podría haber diferentes criterios de ponderación.
- Que se dispone de un criterio de adición de fuentes experimentalmente probado (el de la ley de superposición cúbica es el más aceptable) y
- Que el modelo de red y carga para el fenómeno es simplemente el de frecuencia industrial, sin comportamientos extraños.

Esto es más claro al compararlo con los criterios para armónicas, donde los modelos son muy diversos respecto al de frecuencia industrial y el método de flujo de la potencia activa no sólo es objetable formalmente sino que, además, es de aplicación impráctica.

De todas formas, si bien este método de decisión está probado, la posibilidad que al incumplirse el límite de emisión esto se deba a la influencia del flujo inverso (no cumplimiento de la condición de la fórmula anterior) es altamente improbable, tal como resulta de la experiencia de mediciones en redes.

Por lo que la adopción de un criterio general tal como:

Conclusión: Se propicia que con fines de control universal de redes extensas se asigne el Prestador sea

el responsable único por el flicker de la tensión y el usuario por el de la corriente (o más bien por el que esa corriente produce sobre una impedancia normalizada). Resultaría justo en la mayoría de los casos.

5 CONCLUSIONES

- Al presentarse incumplimientos en la calidad de onda de la tensión (esto es su nivel o las perturbaciones que puede contener) en un punto de acoplamiento es necesario definir su origen.
- Actualmente en Argentina existen procedimientos para la determinación del origen de perturbaciones.
- Algunos de ellos, especialmente en lo concerniente a armónicas, son de difícil aplicación en la práctica.
- En el artículo se recomienda emplear un nuevo criterio, más simple, para aplicar en los controles de redes extensas: Asignar la total responsabilidad de las anomalías encontradas en la tensión al Prestador y la responsabilidad de las anomalías detectadas en la corriente al Usuario.
- La aplicación de esta nueva metodología haría que los procedimientos de control fueran más simples y dinámicos.
- Existirían casos particulares en los que éstos no serían aplicables, demandando estudios más rigurosos.

6 REFERENCIAS

- [1] ENRE 184/00. 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. PT. Etapa 2.
- [3] IEC 61000-3-3. Electromagnetic Compatibility (EMC). Part 3: Limits. Section 3: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage supply systems for equipment with rated current ≤ 16 A.
- [4] IEC 61000-3-5. Electromagnetic Compatibility. Part 3: Limits. Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A.
- [5] IEC 868 (IEC 61000-4-15). Flickermeter. Functional and design specification.
- [6] IEC 61000-4-7. Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-7: Testing and measurement techniques - General guide on harmonics and interharmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto.
- [7] C. Guidi y P. Issouribehere. Voltage Quality. Experiences from the Control of Distribution Services. Congreso Internacional de Redes Eléctricas de Distribución - CIRED ARGENTINA '96. Buenos Aires. 2 al 5 de diciembre de 1996.
- [8] P. Issouribehere y D. Esteban. Medición de la emisión de flicker por cargas perturbadoras mediante un simulador de red normalizada. VIII Encuentro Regional Latinoamericano de CIGRE (VIII ERLAC). Ciudad del Este, Paraguay. Junio, 1999.