



GRUPO XIII

**GRUPO DE ESTUDIO DE INTERFERENCIAS, COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA
Y CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

**EXPERIENCIA CON REGULACIÓN DE TENSIONEN REDES MIXTAS UTILIZANDO RELÉ CON
PARAMETRIZACIONES MÚLTIPLES**

**Ing. Eduardo Carraro
ELEKTRO S.A.**

**Ing. Carlos Benedik
ELEKTRO S.A.**

**Marcos E. G. Alves *
TREETECH SISTEMAS DIGITAIS LTDA.**

RESUMEN

La resolución ANEEL 505 tornó más estrictos los límites para suministro de tensión. Con ello, la regulación de tensión era difícil en algunas instalaciones de Elektro, no obteniéndose resultados satisfactorios con relés reguladores convencionales, debido a la asociación de líneas largas alimentando cargas industriales y residencias, lo que puede causar bajas tensiones en los períodos en que el segmento industrial está operando en carga leve y el segmento residencial en carga pesada.

Se presentan los resultados de un convenio entre Elektro y Treetech para desarrollo de un relé que opera con grupos de ajustes múltiples, programados para la operación automática en rangos horarios y días de la semana. Se exponen las experiencias con este relé en una S/E 138/34,5kV, que alimenta una S/E 34,5/13,8kV sin conmutación bajo carga, ubicada a aproximadamente 20km. Analizando las curvas de carga del sistema fueron elaborados 6 grupos de ajustes para actuaciones en días y horarios específicos.

La experiencia con el nuevo relé regulador de tensión trajo aparejadas ganancias significativas, incluyendo la mejoría de la regulación de tensión, reducción del número de operaciones y del desgaste en los conmutadores bajo carga y evitando inversiones para cambiar los transformadores sin conmutación actualmente en operación en la S/E 34,5kV, además de evitar los costos de mantenimiento de nuevos conmutadores.

PALABRAS-CLAVE

Relé regulador de tensión; calidad de energía; parametrización; cargas mixtas; conmutador bajo carga.

1.0 - INTRODUCCIÓN

Con una área de concesión formada por 223 municipios en el Estado de São Paulo y 5 en Mato Grosso do Sul y atendiendo a 1,9 millón de clientes, Elektro inició sus operaciones en 1998, a través de la privatización del área de distribución de energía eléctrica de Cesp.

Elektro abarca un área de más de 120 mil kilómetros cuadrados, el equivalente a 37% del Estado de São Paulo, de modo que el perfil de los clientes atendidos incluye industrias, establecimientos comerciales y residencias que muchas veces están geográficamente distantes y ligadas a la misma red de distribución. Con ello, se observan grandes cambios en las características del consumo en función del horario y del día semana, incluyendo cambios del perfil diario de carga y desplazamientos significativos de los centros de carga.

En este contexto, la resolución 505 de la ANEEL1, emitida el 26/11/2001, busca asegurar a todos los clientes a lo largo de la red eléctrica el suministro de tensión dentro de límite adecuados, y para eso prescribe los niveles considerados aceptables, precarios o críticos para la tensión suministrada (Tensión de Atención), además de los indicadores y límite para los tiempos en que la tensión permanece fuera de los niveles aceptables. Esos indicadores se van tornando gradualmente más rígidos cada año, hasta alcanzar sus valores mínimos definitivos en el año 2007.

La solución tradicionalmente utilizada por Elektro para buscar atender a las determinaciones de la resolución 505 fue la utilización de la función Compensador de Caída de Tensión en la Línea (LDC, del inglés Line Drop Compensation), presente en casi la totalidad de los relés reguladores de tensión existentes en el mercado. Esta

(*) Rua Otávio Passos, 588 – CEP 12942-590 Atibaia, SP – Brasil

Tel: (+55 11) 4413-5272 – Fax: (+55 11) 4411-9192 – Email: marcos.alves@treetech.com.br

solución, sin embargo, no se mostró satisfactoria en algunas situaciones, debido a los cambios ya mencionados en el perfil de los consumidores o por cambios en las configuraciones del sistema eléctrico en situaciones de maniobras o aún por característica de la carga durante un día típico, donde durante el día, la carga es fuertemente industrial en determinadas partes de una región eléctrica (distritos industriales) y, en el horario de punta, fuertemente residencial en otras partes de la misma región eléctrica (barrios residenciales).

En función de ello, Elektro observó la necesidad de un sistema de regulación de tensión que fuese capaz de suplir las características de diversidad de sus redes de distribución, lo que puede ser obtenido en el año 2004 a través de un trabajo conjunto con un fabricante de relés reguladores de tensión (Treetech). Bajo este aspecto, este artículo presentará las experiencias y los resultados obtenidos, tanto en las tentativas iniciales de resolución del problema, como con la aplicación del nuevo sistema de regulación de tensión, que opera considerando la diversidad de las cargas.

2.0 - OPERACIÓN DE LOS RELÉS REGULADORES DE TENSIÓN

2.1 Operación Básica de los Relés Convencionales

La operación de los relés reguladores de tensión está basada en la programación de algunos parámetros básicos, conforme se ilustra en la figura 1.

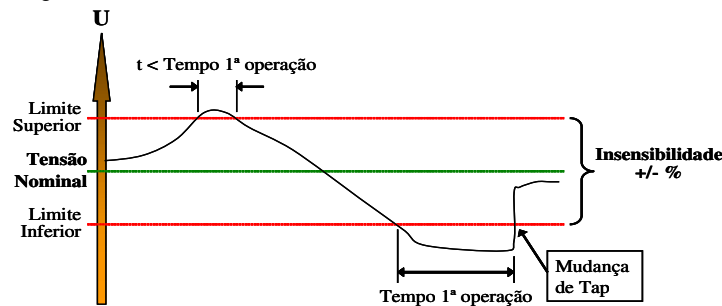


Figura 1 – Parámetros básicos de operación de un relé regulador de tensión

Estos parámetros son:

- La tensión nominal o de referencia, que puede estar referida a la tensión real de operación del sistema (kV) o al secundario del TP (V),
- La insensibilidad, que es el rango de tolerancia aceptable para la tensión arriba y abajo de la tensión de referencia, definida generalmente como un porcentaje de esta,
- La temporización para efectuar el primer cambio de tap luego que la tensión medida permanece arriba o abajo de los límites superior o inferior respectivamente, dada en segundos.
- La temporización arriba mencionada puede ser programada además para operación por:
- Tiempo Definido, en que el retardo para efectuar la conmutación es siempre el mismo (el propio valor ajustado en segundos), independiente de la magnitud del desvío de la tensión, o
- Tiempo Inverso, en que el retardo para efectuar la conmutación (t) es igual al valor ajustado (T) multiplicado por un factor de reducción que es inversamente proporcional a la magnitud del desvío de tensión (ΔU) en relación al ajuste de insensibilidad (Ins), como muestra la ecuación 1:

$$t = T \cdot (Ins / \Delta U) \quad (1)$$

La programación de los parámetros arriba expuestos ya sería suficiente para garantizar una buena regulación de tensión en la barra de la subestación y para las cargas próximas a esta. Sin embargo, para las cargas localizadas a mayor distancia, las caídas de tensión resistiva e inductiva en los conductores pueden hacer que la tensión que llega a la carga esté abajo del límite inferior permitido, especialmente cuando las corrientes de carga son más elevadas, como ilustra la figura 2. Por tal motivo, a mayoría de los relés reguladores está equipada también con una medición de corriente de carga y con ajustes para las caídas de tensión en la línea.

Como en la mayoría de las aplicaciones prácticas no existe la situación ideal mostrada en esta figura, en que la carga está concentrada en un único punto, el procedimiento usual es adoptar un centro de carga ficticio, que es un punto de la red en el cual se considera que todas las cargas están concentradas. Basado en la localización de este punto son calculados, entonces, los parámetros para compensación de caída en la línea. El resultado es que, en este punto específico, la tensión será calculada por el relé regulador y mantenida próxima al valor nominal. Para los demás puntos de la red podrán existir variaciones, sin embargo si el centro de carga es adecuadamente elegido (y las características de la red lo permiten) estas variaciones además estarán dentro de los límites superior e inferior permitidos.

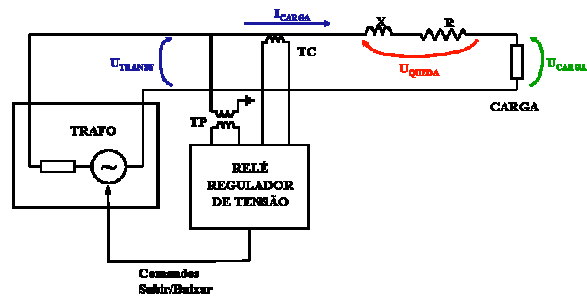


Figura 2 – Caída de tensión en la línea y tensión en la carga

2.2 Limitaciones del enfoque convencional

2.2.1 Regulación de mala tensión en los horarios de punta debido al efecto de arrastre.

Como mencionado arriba en el ítem 2.1, la operación de los relés reguladores de tensión está basada en el cambio de tap del conmutador sólo después que es detectado un desvío entre la tensión medida y la tensión nominal mayor que la insensibilidad ajustada, adicionando además una temporización antes del cambio de tap para evitar conmutaciones innecesarias debido a desvíos momentáneos de la tensión. Durante los períodos en que la carga permanece constante o tiene variación lenta esta solución se muestra adecuada.

No obstante, en los horarios de punta, cuando la carga presenta variaciones rápidas, tanto en la subida como en el descenso, ocurre el efecto de “arrastre” mostrado en la figura 3. En este gráfico se observa que la tensión media permanece por debajo del valor nominal durante el crecimiento de la carga, que se inicia alrededor de las 17:30 horas, justamente el período en que sería necesaria tensión más alta, y lo inverso ocurre durante la reducción de la carga, cuando la tensión media permanece sobre del valor nominal. Asimismo, se observa que aumentan bastante los períodos de tensión arriba y abajo de los límites superior e inferior permitidos, lo que contribuye a empeorar los indicadores de calidad prescritos en la resolución 505 de la ANEEL.

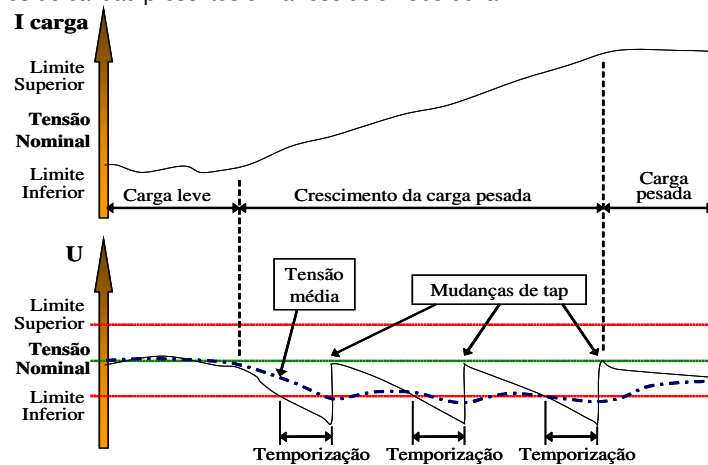


Figura 3 – Efecto de arrastre durante los horarios pico

Una posible solución para el problema sería la reducción de los ajustes de insensibilidad y de temporización del relé regulador, de forma de tornar más ágil su actuación en esos períodos de variación rápida de la carga. Sin embargo, esa solución presentaría el grave inconveniente de aumentar bastante el número de operaciones realizadas por el conmutador bajo carga durante todo el día, aún en los períodos en que esas operaciones no serían necesarias. Las consecuencias de ello incluyen mayor costo de mantenimiento del conmutador, ya que los intervalos de mantenimiento son determinados por el número de operaciones, aumento de los períodos de indisponibilidad del equipamiento debido al aumento de la frecuencia de mantenimiento y aumento en el riesgo de fallas, considerando que el conmutador bajo carga es una de las principales fuentes de defectos en transformadores.

2.2.2 Compensación de caída en la línea ineficiente debido al desplazamiento del centro de carga

Como indicado en el ítem 2.1, el uso de la compensación de caída en la línea en la mayoría de las aplicaciones exige la definición de un centro de carga mínimamente representativo de las cargas conectadas a la red de distribución. Este proceso puede ser aplicado con éxito en redes donde ese centro de carga permanece prácticamente inalterado a lo largo del tiempo. Esta hipótesis tiene buenas chances de ser verdadera si la mayoría

de las cargas conectadas a la misma red fueren de naturaleza similar, como por ejemplo, exclusivamente residenciales, donde la carga máxima, con determinado nivel, ocurre entre 18 y 20 horas, o exclusivamente industriales, donde normalmente la carga máxima, en otro nivel, ocurre entre 7 y 17 horas.

Sin embargo, en redes de distribución en que están conectadas cargas mixtas, mezclando, por ejemplo, cargas residenciales e industriales, el centro de carga puede sufrir significativos desplazamientos dependiendo del día de la semana o aún del horario a lo largo del día. En casos como ese, el uso de los relés reguladores de tensión convencionales y del recurso de compensación de caída en la línea, descritos arriba en el ítem 2.1, no presenta resultados satisfactorios, dado que los cálculos y parametrizaciones efectuados, considerando la predominancia de un dato tipo de carga (industrial, por ejemplo), traerá como resultados tensiones muy altas o muy bajas cuando otros tipos de carga fueren más significativos.

Puede ocurrir además, en los casos en que la carga industrial supera la residencial, que la demanda total durante el horario de operación de las industrias, hasta cerca de 17 horas, sea mayor que en el período en que predominan las cargas residenciales, de las 18 a las 20 horas. En este período, que es cuando la carga residencial alcanza su mayor consumo, la tensión en la barra de la subestación debería ser mantenida elevada, dado que las redes secundarias están más cargadas y con su mayor nivel de caída de tensión. Sin embargo, como la demanda total fue reducida, el compensador de caída en la línea disminuirá la tensión en la barra de la subestación, de forma que las cargas residenciales podrán recibir tensiones abajo de los valores mínimos aceptables.

2.2.3 Atención a los indicadores de calidad de la resolución 505 de la ANEEL

La resolución 505 de la ANEEL, además de especificar los límites aceptables de tensión para el suministro, establece indicadores para los tiempos en que la tensión permanece en niveles precarios y críticos, determinando también valores límite para esos indicadores.

Como los niveles de tensión considerados precarios y críticos son diferentes cuando la tensión está sobre o debajo del valor nominal, también los tiempos admisibles para los desvíos de la tensión pueden ser diferentes dependiendo del sentido del desvío. Con eso, los relés reguladores convencionales obligarían a la programación de la temporización de actuación de acuerdo con el menor de esos tiempos, llevando el conmutador a realizar operaciones innecesarias en la situación inversa, con los inconvenientes ya anteriormente mencionados sobre el mayor costo de mantenimiento del conmutador, aumento de los períodos de indisponibilidad del equipamiento debido al aumento de la frecuencia de mantenimiento y aumento en el riesgo de fallas.

2.3 Solución usando relé regulador con parametrización múltiple

Las deficiencias de la solución convencional, arriba expuestas, llevaron a Elektro, en el año 2004, a buscar en el mercado una solución que permitiese soslayar las dificultades apuntadas, lo que pudo ser obtenido a través de contactos con un fabricante nacional de relés reguladores de tensión que culminaron con el desarrollo de un relé que permitiese la existencia de múltiples parametrizaciones, simultáneamente en el mismo aparato y con flexibilización de las programaciones.

2.3.1 Ajustes de parametrizaciones múltiples

Con relación a las parametrizaciones múltiples, el relé así desarrollado posee las siguientes características:

- Seis conjuntos completos e independientes de parámetros para regulación de tensión, estando cada conjunto compuesto por los ajustes individuales siguientes:
 - Tensión nominal
 - Insensibilidad
 - Temporizaciones para primera operación
 - Tipo de temporización (tiempo Definido o Inverso)
 - Caída resistiva de tensión en la línea
 - Caída reactiva de tensión en la línea
 - Caída porcentual de tensión en la línea
 - Límite de elevación de tensión máxima para la compensación de caída en la línea.
- Selección del conjunto de parámetros a utilizar en la regulación de tensión por:
 - Programación de día(s) de la semana (de domingo a sábado) en que cada conjunto debe ser utilizado, complementada con horario de inicio y de fin de la actuación del conjunto, o
 - Selección remota del conjunto por medio de entradas para contactos secos.

- Reloj interno con día, mes, año, hora, minuto, segundo y día de la semana, con mantenimiento del ajuste del reloj, en caso de falta de alimentación, si no se usan baterías internas.

La utilización de relé dotado de parametrización múltiple trae los siguientes beneficios para la regulación de tensión:

- El efecto de arrastre puede ser bastante minimizado, ya que es posible la adopción de rangos de insensibilidad variados para cada horario del día, de modo que en los períodos de poca variación de carga, como madrugadas o aún durante el día, pueden utilizarse rangos de insensibilidad más alargados y con temporizaciones más prolongadas, mientras en los horarios en que las variaciones de cargas son más bruscas, como el horario de punta, se utilizan rangos de insensibilidad más estrechos y con temporizaciones menores. Con eso, se evita también el aumento del número de operaciones del conmutador bajo carga, que de hecho puede ser hasta incluso reducido, dado que la economía de conmutaciones obtenida durante la mayor parte del día en el mínimo, compensa el aumento durante los horarios de punta, pudiendo hasta superarlo.
- La compensación de caída en la línea puede ser optimizada, a través de la programación de valores de caídas de tensión resistiva y reactiva adecuados a la real localización del centro de carga, tomando en cuenta sus desplazamientos debido a las cargas mixtas (industriales y residenciales) que son conectadas y desconectadas del sistema dependiendo del día de la semana y del horario.

2.3.2 Ajustes de temporización flexibles

Además de la función de parametrización múltiple, el relé de tensión desarrollado posee las siguientes características adicionales:

- Para cada conjunto de parámetros de regulación, ajuste de 3 valores de temporización para el primer cambio de tap, siendo cada ajuste de tiempo asociado a un rango de desvío de la tensión medida en relación a la nominal
- Cada ajuste de temporización subdividido en 2 ajustes independientes: 1 para el caso de tensión debajo del límite y uno para tensión sobre el límite.

La tabla 1 suministra un ejemplo de parametrización de temporización. Es importante observar que los ajustes ejemplificados en esa tabla se repiten para cada conjunto de parámetros de regulación de tensión, permitiendo ajustes de temporización diferentes para cada conjunto.

Tabla 1 – Ejemplo de parametrización de temporizaciones para el primer cambio de tap

Rango de desvío de la tensión	Hasta 5%	5% a 8%	8 a 10%	Sobre 10%
Tiempo para subir tensión	∞	90 segundos	30 segundos	10 segundos
Tiempo para bajar tensión	∞	30 segundos	10 segundos	3 segundos

La utilización de relé dotado de ajustes de temporización flexibles trae los siguientes beneficios para la regulación de tensión:

- Facilita la adecuación del suministro de tensión a la resolución 505 de la ANEEL1, al permitir ajustes de temporizaciones independientes para cada rango de desvío de la tensión, evitando que sean excedidos los valores límite para los indicadores de tiempos en que la tensión permanece en niveles precarios y críticos.
- Evita el aumento innecesario del número de operaciones del conmutador bajo carga al permitir ajustes diferentes para la temporización de operación cuando el sentido del desvío de la tensión está arriba o abajo del valor nominal, evitando que la programación de la temporización sea efectuada de acuerdo con el menor de los tiempos permitidos.

3.0 - INSTALACIÓN DEL NUEVO RELÉ REGULADOR EN LA SUBESTACIÓN BJP

La subestación de Bom Jesus dos Perdões (BJP) alimenta la subestación de la ciudad de Piracaia a través de dos transformadores 138/34,5kV 12,5MVA, equipados con conmutadores bajo carga, y de una línea de 17 km en 34,5kV, como muestra el diagrama unifilar de la figura 4.

Tiempo p/ Descer 2	50 seg	50 seg	50 seg	50 seg	50 seg	50 seg
Tiemporiz. / Desvío 3	4,0 %	4,0 %	4,0 %	4,0 %	4,0 %	4,0 %
Tiempo p/ Subir 3	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg	10 seg
Tiempo p/ Descender 3	5 seg	5 seg	5 seg	5 seg	5 seg	5 seg

Como los dos transformadores 138/34,5kV de la SE BJP operan en paralelo por el método maestro-esclavo, el nuevo relé regulador fue instalado en uno de los transformadores, de forma de comandar simultáneamente los conmutadores bajo carga de ambos transformadores.

4.0 - RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Regulación de tensión

En el caso de la subestación de Piracaia, objeto de estudio de este trabajo, el principal problema encontrado con la regulación de tensión convencional era la ocurrencia de tensiones bajas al momento de la entrada de la carga de punta, debido al efecto de arrastre explicado en el ítem 2.2.1. Este hecho puede ser observado en la figura 6, donde es mostrado un ejemplo con mediciones obtenidas antes de la instalación del nuevo relé regulador de tensión con parametrizaciones múltiples.

Los resultados luego de la instalación del nuevo relé son mostrados en la figura 7, donde se observa que ya en el inicio del horario pico la tensión es mantenida en niveles más elevados debido a la programación específica para el horario de las 17:30h a las 20:59h (ver tabla 2, columna "Conjunto 3").

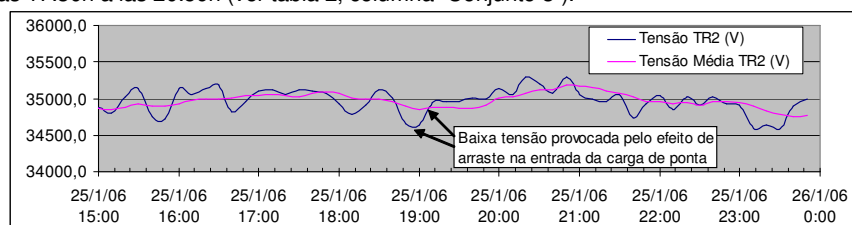


Figura 6 – Tensión en la SE Piracaia en los horarios de punta con regulación de tensión convencional

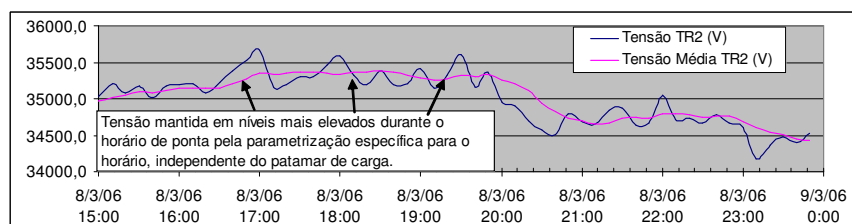


Figura 7 – Tensión en la SE Piracaia en los horarios de punta con el nuevo regulador de tensión

4.2 Mantenimiento del conmutador bajo carga

Un importante beneficio resultante del uso del nuevo relé regulador de tensión con parametrizaciones múltiples, además de la mejor regulación de tensión, es la posibilidad de concentrar las operaciones del conmutador bajo carga en determinados días y horarios, siguiendo el concepto de economizar en algunos momentos para gastar en otros donde las conmutaciones son realmente innecesarias.

Eso puede ser observado en la tabla 2, donde se muestra que durante los horarios de mayor variación en la carga, cuando la regulación necesita actuar de forma más rápida y precisa, lo que ocurre de lunes a sábado de las 17:30 a las 23:59h y los domingos de las 17:30 a las 22:59h, el relé opera con insensibilidad (banda muerta) de 0,9% y temporización de 70 segundos para subir y para bajar la tensión. En los demás horarios, o sea, de lunes a sábado de las 0:00 a las 6:59h y los domingos de las 23:00 a las 17:29h, el relé opera con insensibilidad y temporización aumentadas a 1,1% y 110 segundos respectivamente.

Tabla 3 – Número de conmutaciones utilizando relé convencional y relé con parametrizaciones múltiples

Mes	Año	Contador	Operaciones Mes	Operaciones Acumulado
2	2006	19177	423	90573
1		18754	824	90150
12	2005	17930	754	89326

11		17176	738	88572
10		16438	1211	87834
9		15227	1201	86623
8		14026	1194	85422
7		12832	1192	84228
6		11640	1488	83036
5		10152	1019	81548
4		9133	765	80529
3		8368	1168	79764
2		7200	1218	78596
1		5982	1884	77378
12	2004	4098	832	75494

Los resultados de esa filosofía de ajuste pueden ser vistos en la tabla 3, donde son mostrados los datos mensuales de número de operaciones del conmutador. De diciembre de 2004 a Enero de 2006, cuando la regulación era realizada con un relé convencional, la cantidad mensual de conmutaciones nunca fue inferior a 738, llegando a alcanzar máximos de casi 1500 operaciones/mes en el transcurso del último año. El dato más reciente, luego de la instalación del nuevo relé regulador el 6 de febrero de 2006, indica el número de conmutaciones reducido a cerca de 420, una reducción del orden del 40%, aún considerando en el cálculo el mejor resultado obtenido anteriormente con la regulación convencional.

5.0 - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experiencia obtenida con la aplicación del nuevo relé regulador de tensión con parametrizaciones múltiples demostró que se pueden obtener ganancias significativas con la adopción de esa nueva filosofía, en diversos aspectos. Primero mejoró la calidad del proceso de regulación de tensión a los clientes, que en el caso estudiado fue resultado de la parametrización específica para cada rango horario. Eso permitió hacer que el regulador operara en niveles de tensión distintos, de acuerdo con la situación de carga del segmento residencial, aún cuando el segmento industrial estuviere operando en carga leve, como por ejemplo, el horario de punta de un domingo.

Adicionalmente, como resultado de la flexibilidad de la parametrización del relé en función del horario y días de la semana, es posible la reducción del desgaste en los conmutadores bajo carga de los transformadores fuentes, al disminuir sensiblemente el número de operaciones sin sacrificar la calidad de la regulación de tensión. Con ello será posible ampliar los intervalos del mantenimiento programado en los transformadores de potencia, debido a la menor cantidad de conmutaciones, reduciendo simultáneamente el riesgo de falla de estos transformadores, considerando que estadísticamente el conmutador bajo carga es la mayor fuente de defectos en transformadores.

Finalmente, con el proceso de parametrización inteligente y adecuado a las características peculiares de las cargas, se obtuvieron ganancias al evitar inversiones para la substitución de los transformadores sin conmutador bajo carga existentes en la S/E 34,5kV actualmente en operación, evitando también los costos derivados de la necesidad de mantenimiento de nuevos equipamientos con conmutación bajo carga.

La buena administración de la regulación de tensión del sistema eléctrico, con las funcionalidades del relé regulador de tensión con parametrización múltiple aquí desarrollado, ha venido a contribuir para la modicidad tarifaria, ayudando a garantizar tarifas justas y principalmente velar por la calidad del servicio, manteniendo la tensión de suministro a los clientes dentro del rango adecuado, conforme a lo prescrito por la resolución ANEEL 505/2001. Cabe destacar, que el costo del relé regulador de tensión desarrollado es semejante a los de los relés convencionales, ya que las mejoramientos fueron implementados a través de modificaciones en la lógica de operación, sin alteraciones significativas de hardware.

6.0 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) ANEEL: RESOLUCIÓN Nº 505 - Disposiciones relativas a la conformidad de los niveles de tensión de energía eléctrica en régimen permanente. Brasilia / DF, 26/11/2001, última revisión el 28/01/2005.

7.0 - DATOS BIOGRÁFICOS

Eduardo Carraro - Nació en São Bernardo do Campo, SP, el 22 de marzo de 1962, trabaja con Elektro e Serviços S.A. (anteriormente Cesp S.A.) desde 1988. Especializado en estudios de planeamiento de la transmisión y

distribución de sistemas eléctricos, se graduó como Ingeniero Electricista en 1986 en la Universidad Santa Cecília dos Bandeirantes, Santos.

Marcos E. Guerra Alves – Nació en Rio de Janeiro, RJ, el 15 de julio de 1975, trabaja con Treotech Sistemas Digitais desde 1992. Especializado en sistemas de control y monitoreo de transformadores de potencia, es gerente del departamento de Pesquisa y Desarrollo. Se graduó como Ingeniero Eléctrico en 2001 en la Universidad son Judas Tadeu, São Paulo, y en 2005 concluyó su Master en el área de Energía y Automación de la Universidad de São Paulo (USP).

Carlos Benedik - Nació en São Paulo, SP, trabaja con Elektro e Serviços S.A. (anteriormente Cesp S.A.) desde 1983. Especializado en estudios de planeamiento de la transmisión y distribución de sistemas eléctricos, se graduó como Ingeniero Electricista en 1978 en la Universidad de São Paulo (USP), y en 1999 concluyó su curso de especialización en el área de Planeamiento y Calidad de Energía en la USP.