



Experiencia con Regulación de Tensión en Redes Mixtas Utilizando Relé con Parametrizaciones Múltiples

Ing. Eduardo Carraro
Elektro S.A
eduardo.carraro@elektro.com.br

Ing. Carlos Benedik
Elektro S.A
carlos.benedik@elektro.com.br

Ing. Marcos E. G. Alves
Treetech Sistemas Digitales
marcos.alves@treetech.com.br

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 largas líneas 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, como en el horario de punta de los domingos.

Este trabajo presenta los resultados de un convenio entre Elektro y un fabricante de relés que culminó en el desarrollo de un relé que opera con grupos de ajustes múltiples, programados para operación automática en fajas horarias y días de semana.

Son presentadas las experiencias con este relé en el sistema de regulación de una S/E 138/34,5kV, que alimenta una S/E 34,5/13,8kV 18,75MVA a aproximadamente 20km que dispone sólo de ajuste fijo de taps, hecho que torna compleja la regulación en la barra de 34,5kV. Analizando las curvas de carga del sistema fueron elaborados 6 grupos de ajustes para actuaciones en días y horarios específicos, obteniendo mayor precisión en los niveles de tensión y reducción de aproximadamente 40% en las operaciones de los conmutadores bajo carga.

PALABRAS-CLAVE

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

1. INTRODUCCIÓN

Con un 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 ligados a la misma red de distribución. Con ello, se observan grandes cambios en las características de consumo en función del horario y del día de la semana, incluyendo cambios del perfil diario de carga y desplazamientos significativos de los centros de carga.

En ese contexto, la resolución 505 de 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 límites adecuados, y para ello prescribe los niveles considerados aceptables, precarios o críticos para la tensión suministrada (Tensión de Atención), además de los indicadores y límites para los tiempos en que la tensión permanece fuera de los niveles aceptables. Esos indicadores que van tornándose gradualmente más rígidos cada año, hasta alcanzar sus valores mínimos definitivos el año 2007.

El abordaje tradicionalmente utilizado 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 la casi totalidad de los relés reguladores de tensión existentes en el mercado. Ese abordaje, sin embargo, no se mostró satisfactorio en algunas situaciones, debido a los cambios estacionales 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 estacionalidad de sus redes de distribución, lo que pudo 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 estacionalidad de las cargas.

2. 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 ilustrado en la figura 1.

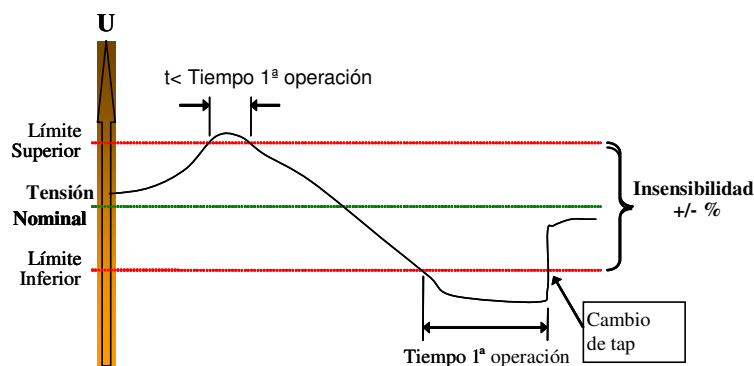


Figura 1 – Parámetros básicos de operación de un relé regulador de tensión

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 la faja de tolerancia aceptable para la tensión arriba y debajo de la tensión de referencia, definida generalmente como un porcentual de la misma,
- 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, dado en segundos.

La temporización arriba mencionada puede ser programada aún para operación por:

- Tiempo Definido, en el cual el retardo para efectuar la conmutación es siempre el mismo (el propio valor ajustado en segundos), independientemente de la magnitud del desvío de la tensión, o
- Tiempo Inverso, en el cual 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 más distantes, 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 fueren más elevadas, como ilustra la figura 2. Por ese motivo, la mayoría de los relés reguladores es equipada también con una medición de corriente de carga y con ajustes para las caídas de tensión en la línea.

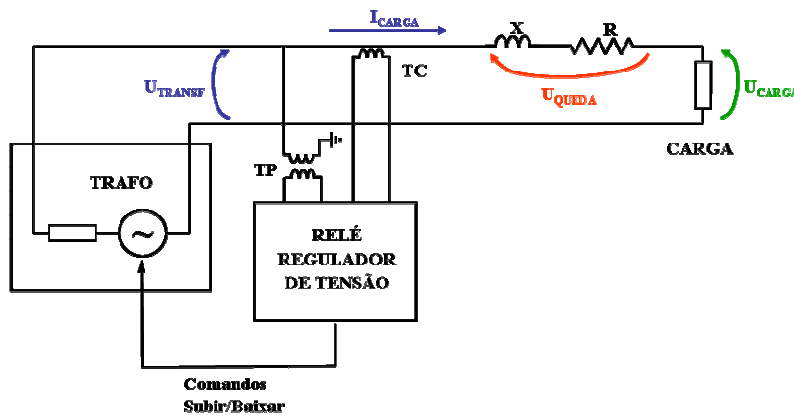


Figura 2 – Caída de tensión en la línea y tensión en la carga

Como en la mayoría das 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 del valor nominal. Para los demás puntos de la red podrán existir variaciones, sin embargo si el centro de carga fuere adecuadamente escogido (y las características de la red permitieren) estas variaciones aún estarán dentro de los límites superior e inferior permitidos.

2.2. Limitaciones del abordaje convencional

2.2.1. Regulación de tensión mala 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 ese abordaje se muestra adecuado.

Sin embargo 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 promedio permanece 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 promedio permanece sobre el valor nominal. Además de ello, se observa que aumentan bastante los períodos de tensión arriba y abajo de los límites superior e inferior permitidos, lo que contribuye para empeorar los indicadores de calidad prescritos en la resolución 505 de la ANEEL.

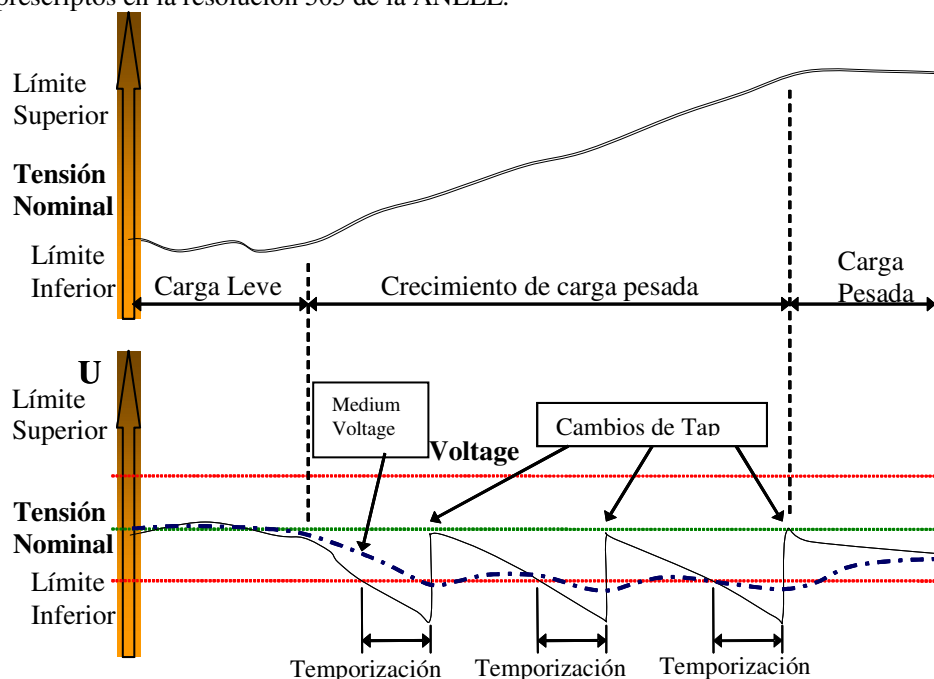


Figura 3 – Efecto de arrastre durante los horarios de punta

Una posible solución para el problema sería la reducción de los ajustes de insensibilidad y de temporización del relé regulador, de manera 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 cuenta con 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 incluso 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 efectuadas considerando la predominancia de un dato tipo de carga (industrial, por ejemplo) traerá como resultado 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 las 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 pico de consumo, la tensión en la barra de la subestación debería ser mantenida elevada, ya 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 por debajo de los valores mínimos aceptables.

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

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

Como los niveles de tensión considerados como precarios y críticos son diferentes cuando la tensión está sobre o debajo del valor nominal, también el tiempo admisible para los desvíos de la tensión pueden ser diferentes dependiendo del sentido del desvío. Con ello, los relés reguladores convencionales obligan a la programación de la temporización de actuación de acuerdo con el menor de estos tiempos, llevando el conmutador a realizar operaciones innecesarias en la situación inversa, con los inconvenientes ya anteriormente mencionados con relación al 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 del abordaje convencional, como anteriormente expuestas, llevaron a Elektro, en el año 2004, a buscar en el mercado una solución que permitiese soslayar las dificultades señaladas, lo que puede 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 dispositivo 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, siendo cada conjunto compuesto por los ajustes individuales a seguir:
 - 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 sin el uso de 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 fajas de insensibilidad variadas 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 fajas de insensibilidad más prolongadas y con temporizaciones más largas, mientras que en los horarios en que las variaciones de cargas son más bruscas, como el horario de punta, se utilizan fajas de insensibilidad más estrechas y con temporización menor. Con ello, se evita también el aumento del número de operaciones del conmutador bajo carga, que de hecho puede ser hasta aún reducido, dado que la economía de conmutaciones obtenida durante la mayor parte del día por lo menos 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, teniendo 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 una faja 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 una para tensión sobre el límite.

La tabla 1 brinda 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

| Faja de desvío de la tensión | Hasta 5% | 5% a 8% | 8 a 10% | Más de 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 ANEEL1, al permitir ajustes de temporizaciones independientes para cada faja 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 sobre o debajo del valor nominal, evitando que la programación de la temporización sea efectuada de acuerdo con el menor de los tiempos permitidos.

3. INSTALACIÓN DEL NUEVO RELÉ REGULADOR EN LA SUBESTACIÓN BJP

La subestación de Bom Jesus de los 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.

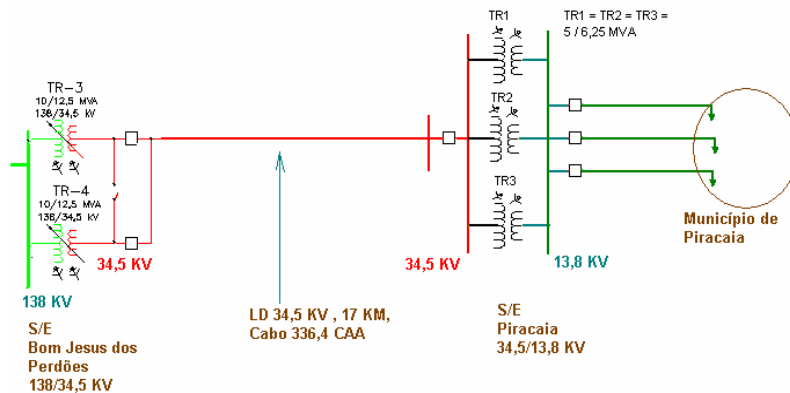


Figura 4 – Diagrama unifilar simplificado de las subestaciones BJP y Piracaia

En un primer análisis, la regulación de la barra de la S/E Piracaia podría ser la solución ideal para ese sistema. Mientras tanto, en virtud de la demanda máxima de esta S/E y de su configuración actual, los tres (03) transformadores 34,5/13,8kV 6,25MVA deberían ser substituidos por otros 2 autorregulados de 15 MVA, lo que demandaría una significativa inversión. De esa forma, se optó por la solución de la administración de la tensión a lo largo del sistema eléctrico con el relé con parametrizaciones múltiples, lo que se mostró eficaz y de mucho menor costo.

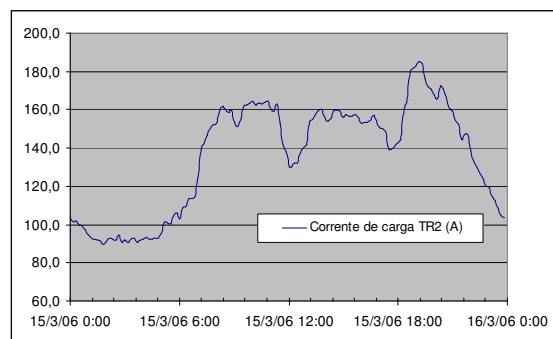


Figura 5 – Característica de la carga de la SE Piracaia

La característica de la carga industrial y residencial de esa línea es mostrada en la figura 5, donde se observa que no existe un predominio de la carga industrial sobre la residencial. De esa forma, no

existían en esa instalación problemas relacionados directamente con la compensación de caída en la línea cuando se producía la desconexión de las cargas industriales (ítem 2.2.2). Habían, no obstante, cuestiones relacionadas con la regulación de tensión deficiente en los horarios pico, conforme explicado arriba en el ítem 2.2.1. Esas cuestiones fueron combatidas con el uso del nuevo relé regulador de tensión con una parametrización adecuada, como muestra la tabla 2. Los resultados obtenidos son mostrados en el ítem 4.

Tabla 2 – Parametrización del nuevo relé regulador de tensión en la SE BJP

| | Conjunto 1 | Conjunto 2 | Conjunto 3 | Conjunto 4 | Conjunto 5 | Conjunto 6 |
|-----------------------|------------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
| Día de la Semana | ----- | Lun. a sábado | Lun. a sábado | Lun. a sábado | Domingo | Domingo |
| Faja Horaria Inicio | ----- | 07:00:00 | 17:30:00 | 21:00:00 | 17:30:00 | 20:30:00 |
| Faja Horaria Fim | ----- | 17:29:00 | 20:59:00 | 23:59:00 | 20:29:00 | 22:59:00 |
| Tensión Nominal | 113,3 V | 116,0 V | 117,3 V | 115,3 V | 116,0 V | 114,6 V |
| Tipo Temporización | Linear | Linear | Linear | Linear | Linear | Linear |
| Tiempo Subsecuente | 03 seg | 03 seg | 03 seg | 03 seg | 03 seg | 03 seg |
| Tipo Comp. Caída | Desativado | Desativado | Desativado | Desativado | Desativado | Desativado |
| Caída Tensión Ur | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V |
| Caída de Tensión Ux | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V |
| Compensación Z | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V | 0 V |
| Lím. de Compensación | 20 % | 20 % | 20 % | 20 % | 20 % | 20 % |
| Temporiz. / Desvío 1 | 1,1 % | 1,1 % | 0,9 % | 0,9 % | 0,9 % | 0,9 % |
| Tiempo p/ Subir 1 | 110 seg | 90 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg |
| Tiempo p/ Descender 1 | 110 seg | 90 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg |
| Temporiz. / Desvío 2 | 2,5 % | 2,2 % | 2,0 % | 2,0 % | 2,0 % | 2,0 % |
| Tiempo p/ Subir 2 | 50 seg | 50 seg | 50 seg | 50 seg | 50 seg | 50 seg |
| Tiempo p/ Descender 2 | 50 seg | 50 seg | 50 seg | 50 seg | 50 seg | 50 seg |
| Temporiz. / 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 amo-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. 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 fue la ocurrencia de tensiones bajas en 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 al inicio del horario de punta 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”).

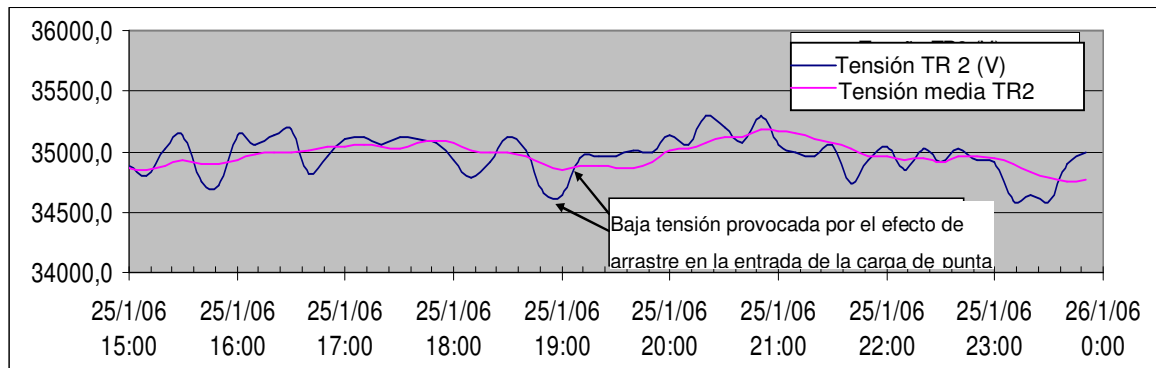


Figura 6 – Tensión en la SE Piracaia en los horarios de punta con regulación de tensión convencional

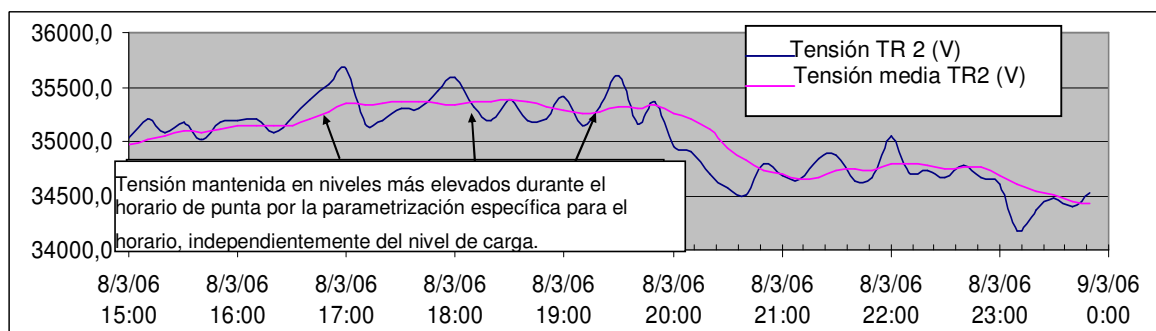


Figura 7 – Tensión en la SE Piracaia en los horarios de punta con el nuevo regulador de tensión

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 necesarias.

Eso puede ser observado en la tabla 3 abajo, donde es reproducida parte de la parametrización del relé. Durante los horarios de mayor variación en la carga, cuando la regulación precisa actuar de forma más rápida y precisa, que ocurren de lunes a sábado de las 17:30 a las 23:59h y los domingos de 17:30 a 22:59h, el relé opera con insensibilidad (banda muerta) de 0,9% y temporización de 70 segundos para subir y para bajar la tensión. Ya en los demás horarios, o sea, de lunes a sábado de 0:00 a 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 – Parametrización del nuevo relé regulador de tensión en la SE BJP

| | Conjunto 1 | Conjunto 2 | Conjunto 3 | Conjunto 4 | Conjunto 5 | Conjunto 6 |
|-----------------------|------------|---------------|----------------|---------------|------------|------------|
| Día de la Semana | ----- | Lun. a sábado | Lune. a sábado | Lun. a sábado | Domingo | Domingo |
| Faja Horaria Inicio | ----- | 07:00:00 | 17:30:00 | 21:00:00 | 17:30:00 | 20:30:00 |
| Faja Horaria Fin | ----- | 17:29:00 | 20:59:00 | 23:59:00 | 20:29:00 | 22:59:00 |
| Temporiz. / Desvío 1 | 1,1 % | 1,1 % | 0,9 % | 0,9 % | 0,9 % | 0,9 % |
| Tiempo p/ Subir 1 | 110 seg | 90 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg |
| Tiempo p/ Descender 1 | 110 seg | 90 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg | 70 seg |

Los resultados de esa filosofía de ajuste pueden ser vistos en la tabla 4, donde son mostradas las recolecciones 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 picos de casi 1500 operaciones/mes en el transcurso del último año. Ya el dato más reciente, después de la instalación del nuevo relé regulador el 06 de febrero de 2006, indica el número de conmutaciones reducido a cerca de 420, una reducción del orden de 40% si se considera en el cálculo el mejor resultado obtenido anteriormente con la regulación convencional.

Tabla 4 – Número de conmutaciones utilizando relé convencional y relé con parametrizaciones múltiples

| Mes | Año | Medidor | 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 |

← Reducción del orden del 40% en el número de conmutaciones

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experiencia obtenida con la aplicación del nuevo relé regulador de tensión con parametrizaciones múltiples demostró que ganancias significativas pueden ser obtenidas con la adopción de esa nueva filosofía, en diversos aspectos.

Primero fueron obtenidas ganancias de calidad en el proceso de regulación de tensión a los clientes, que en el caso estudiado fue resultado de la posibilidad de parametrización específica para cada faja horaria. Ello permitió hacer que el regulador operase 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 pico de un domingo.

Adicionalmente, como resultado de la flexibilidad de la parametrización del relé en función del horario y días de la semana, será posible la reducción del desgaste en los conmutadores bajo carga de los transformadores fuentes al disminuir significativamente el número de operaciones sin sacrificar la calidad de la regulación de tensión. Con esto será posible ampliar los intervalos de 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, fueron obtenidas ganancias al evitar inversiones con la sustitución de los transformadores sin conmutador bajo carga existentes en la S/E 34,5kV actualmente en operación, evitando también los costos resultantes de la necesidad de mantenimiento de nuevos equipamientos con conmutación bajo carga.

El buen gerenciamiento 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 de la faja adecuada conforme prescripto por la resolución ANEEL 505/2001.

Cabe resaltar que el costo del relé regulador de tensión desarrollado es semejante al de los relés convencionales, dado que las mejoras fueron implementadas a través de alteración en la lógica de operación, sin alteraciones significativas de hardware.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ANEEL: RESOLUCIÓN N° 505 - Disposiciones relativas a la conformidad de los niveles de tensión de energía eléctrica en régimen permanente. Brasilia / DF, 26/11/2001, última revisión al 28/01/2005.