

GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE TENSÃO NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

J.A.Cipoli, M.A.Marco, B.E.M Ferreira, W.H. Bernardelli e C.E.P. Persinoti

Resumo - Este trabalho apresenta uma metodologia de gerenciamento e controle de níveis dos tensão no sistema elétrico de distribuição, até a classe de tensão 15 kV, que possibilita, através de conjuntos de medição itinerantes (não fixos) instalados em pontos estratégicos, promover ações preditivas para avaliação e otimização dos níveis de tensão de fornecimento aos consumidores.

A metodologia busca equacionar as medições, as avaliações e as ações para a otimização dos níveis de tensão enfocando os consumidores atendidos por uma determinada rede secundária, por um circuito primário, uma subestação ou um conjunto de subestações. Além de atender as exigências da Resolução 505/ANEEL, o presente trabalho objetiva estimular as concessionárias a operarem o sistema elétrico de distribuição em uma faixa de tensão “otimizada”, que se situa dentro da faixa adequada de resolução. Nesta faixa otimizada, as concessionárias venderão mais energia com qualidade, justificando estudos e investimentos.

Palavras Chave – tensão, nível de tensão, supervisão da tensão, qualidade do fornecimento.

I. INTRODUÇÃO

Este informe foi preparado a partir dos estudos e pesquisas desenvolvidos no Projeto de P&D “GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE TENSÃO NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO”, realizado pela CEC Engenharia e Consultoria para as empresas do grupo CMS Energy.

O projeto de P&D que está em andamento (primeira fase) tem como objetivo: pesquisar, desenvolver e implantar metodologia de gerenciamento e controle de níveis de tensão no sistema elétrico de distribuição, até a classe de tensão 15 kV.

A medição de grandezas elétricas na Baixa e na Média Tensão é ferramenta essencial para a avaliação do desempenho da rede face às exigências tanto das cargas quanto da legislação vigente e, se constitui em importante ferramenta de supervisão e de controle de qualidade, fornecendo subsídios para estudos e análises, tais como :

- Supervisão e controle da qualidade da tensão em subestações e alimentadores visando o fornecimento de tensão adequada aos consumidores;

- Localização, dimensionamento e otimização do ajuste de reguladores de tensão e de banco de capacitores visando a melhoria da qualidade do fornecimento de energia aos consumidores;

- Otimização dos Estudos de Planejamento do Sistema Elétrico de Distribuição;

- Atendimento às exigências da Resolução 505/ANEEL;

- Atendimento a Reclamações de consumidores relativas a qualidade do fornecimento de energia elétrica fornecendo subsídios para a escolha da solução mais adequada dos possíveis problemas de tensão observados;

As medições trimestrais realizadas pelas concessionárias para atender as exigências da ANEEL (resolução 505) não são suficientes para possibilitar o efetivo e permanente controle da tensão entregue aos consumidores. Assim sendo, é

de fundamental importância pesquisar e desenvolver uma metodologia eficiente e que sistematize a medição de tensão em pontos estratégicos da rede de média tensão e, que assegure a constante supervisão do nível de tensão entregue aos consumidores, bem como possibilite antever a ocorrência de tensões não conformes nos consumidores e, também avaliar a alternativa técnica mais adequada para evitá-la, sempre levando em consideração o binômio custo x benefício.

II. ESTADO DA ARTE

A primeira etapa do projeto foi a elaboração de um diagnóstico do estado da arte nas empresas do grupo CMS Energy, do Brasil e de outros países.

A. Estado da Arte no Brasil

A maioria das concessionárias de serviços de energia elétrica do Brasil efetua medições semestrais e atendimento a reclamações de consumidores referentes a níveis de tensão observando basicamente o estabelecido na Resolução 505/ANEEL, ou seja:

- ✓ Instalação de registrador de tensão no ponto de entrega de energia ou no poste da concessionária de onde deriva o ramal do consumidor.
- ✓ Tempo de registro = 10 minutos.
- ✓ Duração da medição = 168 horas.
- ✓ Medições amostrais estabelecidas pela ANEEL/órgão regulador do estado.

Quanto às características técnicas dos registradores em uso as mesmas são bastante diversificadas já que a Portaria 047/DNAEE que vigorou por mais de 20 (vinte) anos não estabeleceu requisitos técnicos a serem observados pelos registradores utilizados nas medições nela estabelecidas.

Com a implantação da Resolução 505/ANEEL, que é uma evolução da Portaria 047/DNAEE, foram estabelecidos os seguintes requisitos técnicos mínimos a serem atendidos pelos registradores a partir de 01 de janeiro de 2005:

Art. 14. As medições de tensão oriundas de reclamação ou amostrais devem ser realizadas utilizando-se equipamentos com as características mínimas a seguir:

I - taxa de amostragem de 16 amostras por ciclo;

II - conversor A/D (Analógico/Digital) do sinal de tensão de 12 bits; e

III - precisão de até 1% (um por cento) da leitura.

Art. 15. O equipamento de medição deverá permitir o cálculo dos valores eficazes de tensão utilizando intervalos de medição de 10 (dez) minutos, com janelas fixas e consecutivas de 12 a 15 ciclos, e apresentar as seguintes informações:

I - valores calculados dos indicadores individuais;

II - tabela de medição; e

III - histograma de tensão.

Parágrafo único. Quando houver registro de valores referentes à interrupção de energia elétrica, afundamentos

e/ou elevações momentâneas de tensão, o intervalo de medição de 10 (dez) minutos deverá ser expurgado.

A implantação desses requisitos técnicos implicou no fato de que alguns modelos de registradores existentes no mercado não atendem aos mesmos e, conseqüentemente necessitarão ser substituídos. As análises de adequação do(s) modelo(s) de registrador(es) em uso, às exigências legais, estão sendo efetuadas pelas concessionárias.

B. Estado da Arte nas Empresas do Grupo CMS Energy

As empresas do grupo CMS Energy, a exemplo da maioria das concessionárias de serviços de energia elétrica do Brasil efetua medições semestrais e atendimento a reclamações de consumidores referentes a níveis de tensão observando o estabelecido na Resolução 505/ANEEL.

Os registradores utilizados para medição em Baixa Tensão, pelas empresas do grupo CMS, quando do início do desenvolvimento do Projeto de P&D eram os seguintes: ELO.631, ELO.2160 e estava sendo iniciado o uso do modelo ELO.631T.

Ao se efetuar a análise das características dos registradores em uso frente às características técnicas contidas na Resolução 505/ANEEL constatou-se que no registrador modelo ELO.631 o conversor A/D não era de 12 bits. Assim sendo, a equipe técnica do Projeto estabeleceu que o mesmo não mais seria utilizado nas medições para atender a Resolução 505/ANEEL e estabeleceu um programa de substituição dos mesmos.

C. Estado da Arte na Argentina

A República Argentina passou por um processo de privatização com características semelhantes à brasileira inclusive com o estabelecimento de marco regulatório e a criação da Agência Reguladora.

O órgão regulador na República Argentina é denominado ENRE (Ente Nacional Regulador de la Electricidad) é uma autarquia ligada a Secretaria de Energia do Ministério da Economia, com plena capacidade jurídica no âmbito do direito público e privado, criado como autoridade responsável pela aplicação do novo marco regulatório elétrico que estabelece a Lei 24065 de 19/12/1991. Tem jurisdição na área de concessão da distribuição da antiga SEGBA e a nível nacional, no transporte e na geração.

No caso da Argentina há uma série de pontos que estão estabelecidos nos contratos de concessão de empresa por empresa e, que consideram uma série de detalhes técnicos tais como os níveis de tensão estabelecidos para a empresa em específico e também detalhes dos limites das faixas de tensão.

Além do estabelecido no Contrato de Concessão de cada Empresa há a Resolução ENRE 0465/1996, que trata de níveis de tensão e de perturbação (calidad del producto técnico), e que foi publicada no Diário Oficial da República Argentina de número 28.470, página 26, de 03 de setembro de 1996.

A seguir apresentaremos alguns pontos de destaque da citada Resolução ENRE.

1.1.- NIVEL DE TENSION

El equipamiento a utilizar para el control del nivel de tensión deberá contar con la aprobación del ENRE, de acuerdo a lo especificado en el Subanexo N° 1 a la presente Base Metodológica.

Si de los documentos surgiera el incumplimiento de los niveles comprometidos durante un tiempo superior al 3 % de los períodos válidos de la medición (mínimo 1 semana de medición), la DISTRIBUIDORA quedará sujeta a la aplicación de sanciones.

Las sanciones las pagará la DISTRIBUIDORA a los usuarios afectados por la mala calidad de la tensión, aplicando bonificaciones en las facturas inmediatamente posteriores al semestre en que se detectó la anomalía, las que se calcularán con los valores indicados en la tabla de valorización de energía suministrada en malas condiciones de calidad especificada en el punto 2.2 del Subanexo 4 del Contrato de Concesión.

Con respecto a los reclamos de los usuarios por inconvenientes en el nivel de tensión del Producto Técnico suministrado, deberán ser tratados de acuerdo a lo establecido en la Resolución ENRE 172/96. Los límites admisibles para las variaciones de la tensión son los correspondientes a la Etapa 2. (punto 2.2 del Subanexo 4 del citado contrato)

1.2.- PERTURBACIONES

El Control del nivel de perturbaciones existentes en la red (Flicker y Armónicas) se deberá realizar mediante campañas de medición de acuerdo a lo establecido en el punto 3. de la presente Base Metodológica.

Subanexo N° 1

Parámetros a medir y Equipamiento de Referencia para el control del Nivel de Tensión

2.- ESPECIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS A MEDIR Y REGISTRAR.

La variable a medir será el valor eficaz verdadero (con Armónicas incluídas) o valor eficaz de la onda de frecuencia industrial, indistintamente, de la tensión en las tres fases. Solo si la instalación elegida para medir es monofásica, se medirá esa sola fase.

El rango de medición de los valores de tensión a medir será para mediciones directas y en los casos de utilizar transformadores de medición de tensión. En caso de utilizarse un equipo de un solo rango, este será de 44,4 V a 264 V.

La medición debe ser permanente y con un seguimiento del nivel de tensión a través de una constante de tiempo del orden de 30 segundos a 1 minuto. De esta forma se evitará medir perturbaciones.

Para realizar el registro de estas mediciones durante el lapso de 7 días, que como mínimo se exige, se podrán promediar las mediciones obtenidas en intervalos de 15 minutos, teniendo la precaución de registrar simultáneamente los desvíos ocurridos dentro del intervalo. Estos desvíos pueden expresarse a través de: 2 veces el sigma estadístico o alternativamente, por un UMáx95% que no sea superado por un 5% de las muestras y por un UMin5% que sea superado por un 95% de las muestras tomadas en el intervalo.

La exactitud del sistema de medición de la tensión deberá ser la definida por la Clase 0,5 según normas IRAM o IEC.

En lo que respecta al registro, se exige que la información de la medición sea registrada por un lapso de 7 días como mínimo, sin realizar descargas intermedias.

En el caso de medición en suministros trifásicos, conjuntamente con la medición de las 3 tensiones se deberá me-

dir la energía/potencia activa consumida en el punto de medición, integrada en períodos de 15 minutos sincronizados con los de tensión.

Las exactitud de la medición de la energía/potencia del equipo registrador deberá ser la correspondiente a la Clase del sistema de medición empleado para la facturación en cada categoría tarifaria.

III. METODOLOGIA DE GERENCIAMENTO E DE OTIMIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE TENSÃO

O passo seguinte foi a elaboração de Norma Técnica Preliminar, a ser utilizada e aprimorada durante o desenvolvimento do Projeto de P&D, abrangendo os seguintes pontos:

- ✓ Tipos de medição necessários em sistemas de distribuição : supervisão do nível de tensão, oscilação de tensão, reclamação de tensão, etc, nas redes das classes de tensão 600 V e 15 kV;
- ✓ Periodicidade de medição de tensão nos diversos segmentos do sistema elétrico de distribuição;
- ✓ Técnicas de medição de grandezas elétricas aplicáveis a cada tipo de medição;
- ✓ Características técnicas mínimas do registrador a ser utilizado em cada tipo de medição;
- ✓ Arranjo típico de registradores, para cada tipo de medição, visando assegurar a eficiência da medição;
- ✓ Definição do tempo de medição e do tempo de registro de acordo com o tipo de medição;
- ✓ Metodologia de análise de registros de medição em sistemas elétricos da classe de tensão até 15 kV;
- ✓ Definição das alternativas aplicáveis para a melhoria da tensão de fornecimento a cada tipo de deficiência observada na medição.

Tais atividades foram desenvolvidas e o resultado foi o documento – “MANUAL DE DOCUMENTOS TÉCNICOS PARA O GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE TENSÃO NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO”, o qual contém todo o detalhamento necessário a adequada utilização dos registradores, análise das medições e definição das alternativas aplicáveis para a melhoria da tensão, de acordo com o tipo de problema observado.

Como exemplo apresentamos a seguir alguns itens do citado documento.


A. Roteiro e Relatório para Verificação de Nível de Tensão

O documento uniformizou e sistematizou os procedimentos a serem adotados para o recebimento de Solicitação de Medição de Nível de Tensão nas empresas do Grupo CMS ENERGY.

Nele são detalhados os tipos de solicitação envolvendo os consumidores atendidos por redes secundárias e primárias. Além disso são tratadas também as solicitações geradas pelas diversas áreas da empresa.

O formulário utilizado para detalhar a solicitação dos clientes foi aprimorado e, posteriormente implementado no Call Center.


A seguir é apresentado um modelo desse formulário.

Tipo de Documento: ORIENTAÇÃO TÉCNICA Área de Aplicação: DISTRIBUIÇÃO Título do Documento:																		
ANEXO 01																		
DADOS DO CLIENTE																		
NOME :	TELEFONE :																	
ENDEREÇO :																		
ATIVIDADE :	TIPO DE LIGAÇÃO :	FASE :																
DADOS DA RECLAMAÇÃO																		
TIPO DE RECLAMAÇÃO :		DATA: / /																
<input type="checkbox"/> Escrita <input type="checkbox"/> Verbal <input type="checkbox"/> Telefone																		
DETALHAMENTO :																		
<input type="checkbox"/> Tensão alta <input type="checkbox"/> Tensão oscilante <input type="checkbox"/> Tensão baixa <input type="checkbox"/> Ocorre sempre <input type="checkbox"/> Só ocorre em dias de chuva		<input type="checkbox"/> Ocorre ao ligar aparelho <input type="checkbox"/> O vizinho também reclama <input type="checkbox"/> Existe oficina/fábrica próxima <input type="checkbox"/> Padrão a serigo <input type="checkbox"/> Houve aumento de carga <input type="checkbox"/> Houve modificação na instalação OUTROS : detalhar																
OUTROS (detalhamento) :																		
REFERÊNCIAS																		
ALIMENTADOR :	FASE :																	
TENSÃO FORNECIMENTO :	TAP DO TRANSFORMADOR :																	
CONEXÃO COM DEFEITO																		
<input type="checkbox"/> Medidor <input type="checkbox"/> Pingadouro		<input type="checkbox"/> Ramal de serviço x Rede <input type="checkbox"/> Jumper																
<input type="checkbox"/> Transformador <input type="checkbox"/> Outros :																		
MEDIÇÕES																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Medição Inicial</th> <th colspan="2">Medição Após Providências</th> </tr> <tr> <th>Valores de Tensão</th> <th>Hora</th> <th>Valores de Tensão</th> <th>Hora</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Máxima</td> <td></td> <td>Máxima</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Mínima</td> <td></td> <td>Mínima</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Medição Inicial		Medição Após Providências		Valores de Tensão	Hora	Valores de Tensão	Hora	Máxima		Máxima		Mínima		Mínima		
Medição Inicial		Medição Após Providências																
Valores de Tensão	Hora	Valores de Tensão	Hora															
Máxima		Máxima																
Mínima		Mínima																
N. Documento: Categoria: Versão: 1.2 Aprovado por:		Data Publicação: 15/06/2005 Página: 13 de 13																

B. Procedimentos para Execução de Tarefas de Medição em Redes e Equipamentos de Distribuição

O documento elenca as tarefas de medição em redes e equipamentos de distribuição sistematizando e padronizando os procedimentos de tais atividades englobando: qualidade das medições, ferramental adequado e a segurança dos operadores.

A seguir apresentamos, a título de exemplo, o detalhamento de uma tarefa englobando a seqüência de operações e o ferramental necessário.

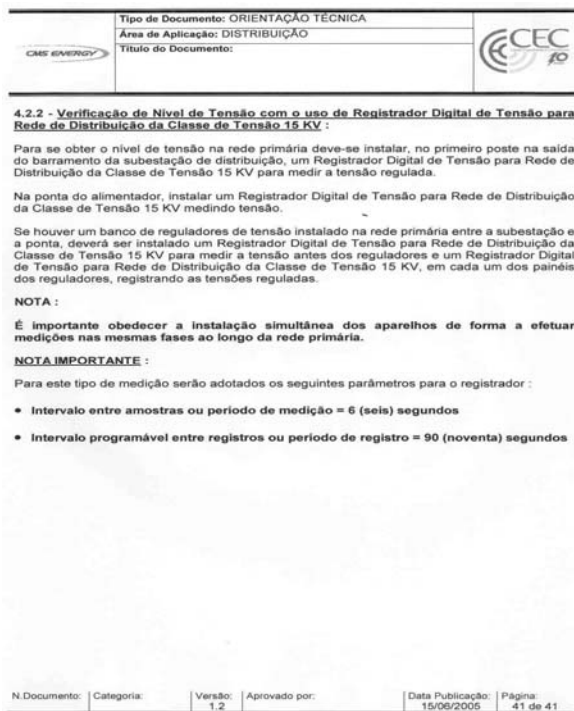
Tipo de Documento: ORIENTAÇÃO TÉCNICA Área de Aplicação: DISTRIBUIÇÃO Título do Documento:		
4. MEDIR TENSÃO OU CORRENTE EM REDE SECUNDÁRIA COM VOLT-AMPERÍMETRO ALICATE		
4.1 OBJETIVO		
Conhecer os valores de tensão ou corrente de um ponto qualquer da rede secundária.		
4.2 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO		
<ul style="list-style-type: none"> • Inspecionar visualmente a área de trabalho. • Sinalizar e isolar a área de trabalho, se necessário. • Posicionar e amarrar a escada no poste. • Verificar o ajuste zero do aparelho. • Ajustar a escala em seu valor máximo de tensão ou corrente. • Proceder às ligações de acordo com o tipo de medição a ser efetuada. Tal atividade deve ser executada com o uso de luvas isolante de borracha - classe zero. • Reajustar a escala do aparelho, se necessário. • Proceder à leitura. • Retirar o aparelho. • Retirar os equipamentos na ordem inversa à de instalação. 		
4.3 FERRAMENTAL E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS		
<ul style="list-style-type: none"> • Volt-amperímetro tipo alicate. • Chave de fenda 6" x 1/4". • Escada extensível de madeira de 3,90 x 5,60 m. • Sacola de lona para luvas. • Cones de sinalização. • Fita de sinalização. • Capacete de segurança. • Óculos de segurança - lentes escuras. • Cinturão de segurança. • Corrente de segurança. • Luvas isolante de borracha - classe zero. • Luvas de couro para proteção das luvas de borracha. • Botinas de segurança. • Luvas de vaqueta para serviços gerais. 		
N. Documento: Categoria: Versão: 1.2 Aprovado por:		Data Publicação: 15/06/2005 Página: 17 de 17

C. Arranjos Típicos para Medição em Redes de Distribuição

O documento uniformiza os critérios e os tipos de aparelhos que devem ser utilizados na realização das diversas medições em regime no sistema elétrico de distribuição das empresas do Grupo CMS ENERGY, tais como :

- ✓ Verificação de queda de tensão nas redes primária e secundária;
- ✓ Verificação de oscilação de tensão nas redes primária e secundária,
- ✓ Determinação de demanda e/ou curvas de corrente e tensão na rede de distribuição e,
- ✓ Avaliação da qualidade de fornecimento.

A seguir apresentamos, a título de exemplo, o detalhamento de um arranjo típico.



D. Análise das Medições de Tensão e Medidas Corretivas

O documento contém métodos para análise dos valores de tensão obtidos por medições indicadas e registradas, visando detectar qual a parte ou componente do sistema elétrico apresenta deficiências de tensão, recomendando, também, as medidas corretivas para adequar os níveis de tensão no barramento das subestações, na rede primária, no transformador, na rede secundária, no ramal de serviço e na instalação interna do consumidor.

IV. APLICAÇÃO PRÁTICA DA RESOLUÇÃO 505/ANEEL NA CMS ENERGY

A Resolução 505/ANEEL define os limites da tensão para os consumidores atendidos nos diversos níveis de tensão do sistema elétrico.

Assim sendo, a seguir detalharemos a Resolução 505/ANEEL de acordo com as características específicas do sistema da CMS Energy.

A. Consumidores Atendidos Em 15 Kv

Para estes consumidores a Resolução 505/ANEEL estabelece o seguinte com relação a tensão de fornecimento:

TENSÃO CONTRATADA

Art. 5º Para unidades consumidoras atendidas em tensão superior a 1 kV, a tensão a ser contratada com a concessionária ou com o ONS deve situar-se entre 95% e 105% da tensão nominal de operação do sistema no ponto de entrega ou de conexão e, ainda, coincidir com a tensão nominal de um dos terminais de derivação previamente exigido ou recomendado para o transformador da unidade consumidora.

TENSÃO DE ATENDIMENTO

Com relação à tensão de atendimento estabelece o seguinte:

TABELA 3

Pontos de entrega ou conexão em Tensão Nominal superior a 1 kV e inferior a 69 kV

Classificação da Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação da Tensão de Leitura (TL) em relação à Tensão Contratada (TC)
Adequada	$0,93 TC \leq TL \leq 1,05 TC$
Precária	$0,90 TC \leq TL < 0,93 TC$
Crítica	$TL < 0,90$ ou $TL > 1,05 TC$

APLICAÇÃO NA CMS

TENSÃO CONTRATADA

Como na CJE a tensão nominal é 12,00 kV implica que a tensão contratada deve se situar na faixa :

$$11,40 \text{ kV} \leq TC \leq 12,60 \text{ kV}$$

e também coincidir com o TAP exigido ou recomendado para o transformador.

Para o caso foi adotado para a Tensão Contratada, doravante denominada TC, o valor 11,40 kV que atende aos requisitos estabelecidos pela ANEEL.

Portanto :

$$TC_{CMS - MT} = 11,40 \text{ kV}$$

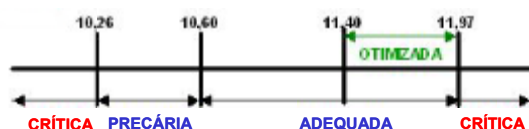
TENSÃO DE ATENDIMENTO

Como a Tensão Contratada adotada foi 11,40 kV resulta no seguinte quadro para a Tensão de Leitura, doravante denominada TL.

Classificação da Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação da Tensão de Leitura (TL) em relação à Tensão Contratada (TC)
Adequada	$10,60 \text{ kV} \leq TL \leq 11,97 \text{ kV}$
Precária	$10,26 \text{ kV} \leq TL < 10,60 \text{ kV}$
Crítica	$TL < 10,26 \text{ kV}$ ou $TL > 11,97 \text{ kV}$

Que transformado em representação gráfica fica:

Para Tensão Nominal = 12,00 kV e Tensão Contratada = 11,40 kV os valores são:



NOTAS IMPORTANTES :

1 – Observar que apesar da faixa adequada, do ponto de vista da ANEEL, ser entre 10,60 kV e 11,97 kV, ela não otimiza a qualidade e a quantidade de energia entregue ao consumidor, o que ocorre com a operação na faixa entre

11,40 kV e 11,97 kV que chamaremos de FAIXA OTIMIZADA DE OPERAÇÃO.

2 – É importante observar que a faixa precária inexistente na direção das maiores tensões, o que implica em maiores riscos para a concessionária e menores prazos para regularização de possíveis desvios da tensão nessa região.

B. Consumidores Atendidos em Tensão Secundária

Para estes consumidores a Resolução 505/ANEEL estabelece o seguinte com relação a tensão de fornecimento:

TENSÃO CONTRATADA

Art. 6º Para unidades consumidoras atendidas em tensão nominal de operação igual ou inferior a 1 kV, a tensão a ser contratada com a concessionária deve ser a tensão nominal do sistema no ponto de entrega.

TENSÃO DE ATENDIMENTO

Com relação a tensão de atendimento estabelece o seguinte:

TABELA 4 (PARCIAL)
Pontos de entrega em
Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV

Tensão Nominal (TN)		Faixa de Valores Adequados das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (volts)	Faixa de Valores Precários das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (volts)	Faixa de Valores Críticos das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (volts)
Ligação	Volts			
Trifásica	220 / 127	201 ≤ TL ≤ 231 116 ≤ TL ≤ 133	189 ≤ TL < 201 ou 231 < TL ≤ 233 109 ≤ TL < 116 ou 133 < TL ≤ 140	TL < 189 ou TL > 233 TL < 109 ou TL > 140
Monofásica	254 / 127	232 ≤ TL ≤ 264 116 ≤ TL ≤ 132	220 ≤ TL < 232 ou 264 < TL ≤ 269 109 ≤ TL < 116 ou 132 < TL ≤ 140	TL < 220 ou TL > 269 TL < 109 ou TL > 140

APLICAÇÃO NA CMS

TENSÃO CONTRATADA

Como na CMS a tensão nominal na rede secundária é 220/127 volts a Tensão Contratada, doravante denominada TC, assume o valor abaixo que atende aos requisitos estabelecidos pela ANEEL.

Portanto :

$$TC_{CMS - BT} = 220 / 127 \text{ V}$$

TENSÃO DE ATENDIMENTO

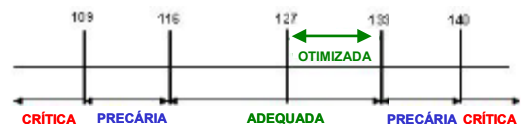
No caso da rede secundária as tensões nas diversas faixas já são estabelecidas em volts de acordo com a tensão nominal de cada sistema.

No caso da CMS tais valores são apresentados na tabela a seguir.

Tensão Nominal (TN)	Faixa de Valo-	Faixa de Va-	Faixa de Va-
---------------------	----------------	--------------	--------------

Ligação	Volts	res Adequados das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (volts)	lores Precários das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (volts)	lores Críticos das Tensões de Leitura (TL) em relação à TN (volts)
Trifásica	220 / 127	201 ≤ TL ≤ 231 116 ≤ TL ≤ 133	189 ≤ TL < 201 ou 231 < TL ≤ 233 109 ≤ TL < 116 ou 133 < TL ≤ 140	TL < 189 ou TL > 233 TL < 109 ou TL > 140
Monofásica	254 / 127	232 ≤ TL ≤ 264 116 ≤ TL ≤ 132	220 ≤ TL < 232 ou 264 < TL ≤ 269 109 ≤ TL < 116 ou 132 < TL ≤ 140	TL < 220 ou TL > 269 TL < 109 ou TL > 140

Que transformado em representação gráfica fica:
Para Tensão Nominal = 220 / 127 V e cliente com ligação fase-neutro os valores são:



NOTA IMPORTANTE :

É importante observar que apesar da faixa adequada, do ponto de vista da ANEEL, ser entre 116 V e 133 V, ela não otimiza a qualidade e a quantidade de energia entregue ao consumidor, o que ocorre com a operação na faixa entre 127 V e 133 V que chamaremos de FAIXA OTIMIZADA DE OPERAÇÃO.

V. GERENCIAMENTO DE TENSÃO EM ALIMENTADORES

Após o estabelecimento de todos os procedimentos e parâmetros para a tensão ao longo do sistema elétrico o próximo passo é se iniciar a avaliação e estudo do perfil de tensão dos alimentadores e as medidas para o seu aperfeiçoamento.

A medição de grandezas elétricas na Baixa e na Média Tensão é ferramenta essencial para a avaliação do desempenho da rede face às exigências tanto das cargas quanto da legislação vigente e, se constitui em importante ferramenta de supervisão e de controle de qualidade, fornecendo subsídios para estudos e análises.

As medições trimestrais realizadas pelas concessionárias para atender as exigências da ANEEL não são suficientes para possibilitar o efetivo e permanente controle da tensão entregue aos consumidores. Portanto, é fundamental o desenvolvimento de metodologia que sistematize a medição de tensão em pontos estratégicos da rede de média tensão e, que assegure a constante supervisão do nível de tensão entregue aos consumidores, bem como possibilite antever a ocorrência de tensões não conformes nos consumidores e, também avaliar a alternativa técnica mais adequada para evitá-la, levando em consideração o binômio custo x benefício.

A análise da Resolução 505/ANEEL e sua aplicação em campo permitem concluir que, sob a ótica da concessionária,

a execução da medição somente no ponto de entrega do consumidor não é suficiente para se localizar o ponto do sistema elétrico em que o problema se origina.

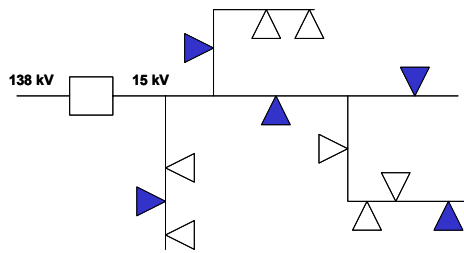
Além do mais tal procedimento não é suficiente para assegurar a uma concessionária de serviços de eletricidade que a mesma está efetuando a supervisão da tensão ao longo do sistema elétrico de distribuição visando :

1 – A otimização da qualidade do fornecimento de energia elétrica a todos os seus consumidores;

2 – O adequado direcionamento dos investimentos em melhoria da tensão no sistema de distribuição visando inclusive o aumento de arrecadação.

3 – Minimizar o número de reclamações de tensão.

Para melhor entender estes conceitos vejamos o exemplo a seguir :



Os transformadores destacados em azul são aqueles em que os consumidores de baixa tensão contataram a concessionária reclamando de tensão baixa. Porém, ao se analisar o conjunto constata-se que na realidade há mais transformadores com problema de tensão e, que provavelmente os consumidores por eles atendidos são menos sensíveis a variação da tensão.

Se a concessionária tomar providências com base nas reclamações oriundas da baixa tensão efetuará a reforma dos correspondentes circuitos secundários. Porém, com o decorrer do tempo o problema retornará e o investimento será perdido.

Porém, se a concessionária passar a supervisionar a tensão a partir da rede de 15 kV ela observará que o problema não é isolado e que sua solução passa por providências ao nível de alimentador. E, que no caso, a irregularidade observada na tensão poderá ser solucionada com um reajuste no tap do transformador de força da S/E e/ou no regulador de tensão. Soluções essas de baixo custo e rápida execução, quando comparadas com a reforma de vários circuitos secundários.

Pelas razões anteriormente expostas, é que a equipe técnica deste Projeto definiu por concentrar seus esforços na sistematização do controle do nível de tensão em alimentadores.

Além do mais, para assegurar a eficiência das medições é necessário que se adote um “arranjo típico” que envolve, no mínimo, dois registradores (na fonte e na carga) e que varia de acordo com o tipo de problema a ser analisado.

VI. REGISTRADORES UTILIZADOS

Em função da tensão, do ponto de medição, etc., há tipos de registradores mais indicados para a execução das medições. A seguir apresentamos alguns exemplos de registradores para medição de grandezas elétricas em Baixa e em Média Tensão.

A. Em Baixa Tensão

Para a execução da medição de grandezas elétricas em Baixa Tensão (tensão, corrente, fator de potência, etc) há no mercado registradores que atendem ao contido na Resolução 505/ANEEL e cuja instalação não implica em interrupção no



fornecimento de energia elétrica. A seguir apresentamos alguns dos registradores disponíveis no mercado.

B. Em Média Tensão

Para a execução da medição de grandezas elétricas em Média Tensão (tensão, corrente) há no mercado registradores que são instalados dispensando o uso de TP e de TC e também sem necessidade de interromper o fornecimento de energia elétrica aos consumidores. A seguir apresentamos registradores disponíveis no mercado.



Medidor de Tensão MT



Medidor de Corrente MT

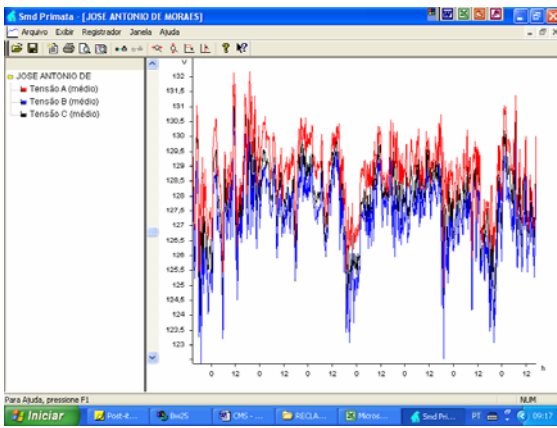
VII. ESTUDO DE CASOS

A. Reclamação de Consumidor Atendido em BT

Pequeno consumidor industrial reclamava da tensão em suas instalações argumentando que o processo produtivo era prejudicado pela variação da tensão.

Como o atendimento a reclamações de tensão está regulamentado na Resolução 505/ANEEL, para a verificação da procedência ou não da reclamação o intervalo de registro foi programado para 10 minutos. Porém, para possibilitar a análise foi utilizado o arranjo típico adequado para o caso e que está estabelecido no documento “*MANUAL DE DOCUMENTOS TÉCNICOS PARA O GERENCIAMENTO E OTIMIZAÇÃO DOS NÍVEIS DE TENSÃO NO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO*”.

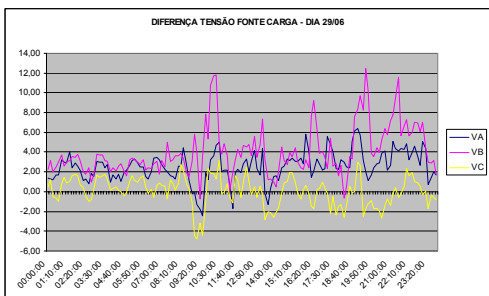
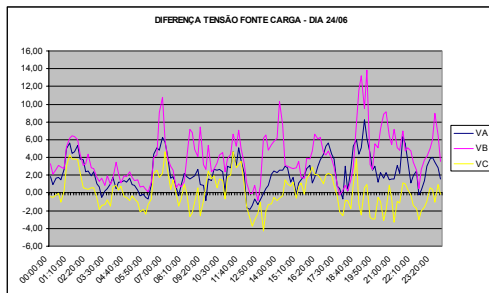
Se a medição fosse executada baseada exclusivamente na Resolução 505, haveria somente a medição de tensão na entrada do consumidor e o resultado obtido seria o apresentado no gráfico a seguir.



O resultado da análise indicaria que os valores de tensão estão dentro da faixa adequada de tensão de fornecimento. E, portanto, não haveria providências a serem tomadas pela concessionária.

Porém, a instalação de outro registrador instalado na saída do transformador (fonte) e efetuando medição de tensão simultaneamente com a medição na entrada do consumidor (carga) trouxe novas e valiosas informações com relação a tensão e ao seu comportamento.

Em função da análise simultânea do comportamento da tensão na fonte e na carga foram observadas características especiais na tensão e, para facilitar a visualização e a interpretação foram traçados gráficos contendo a diferença de tensão observada. O resultado é apresentado a seguir.



Da análise dos gráficos constata-se que as diferenças de tensão Fonte x Carga em vários instantes se inverte, ou seja, a tensão na carga torna-se maior que a tensão na fonte. Tal tipo de evento caracteriza a ocorrência de mau contato no condutor neutro. A partir dessa informação foram desenvolvidas ações na rede secundária e nas instalações elétricas internas do consumidor que solucionaram o problema.

Tal constatação colabora para fortalecer o posicionamento indicado pela equipe técnica do Projeto de que, sob o ponto de vista da concessionária, as medições previstas pela Resolução 505/ANEEL não são suficientes para caracterizar o problema e nem para possibilitar a adequada análise do mesmo.

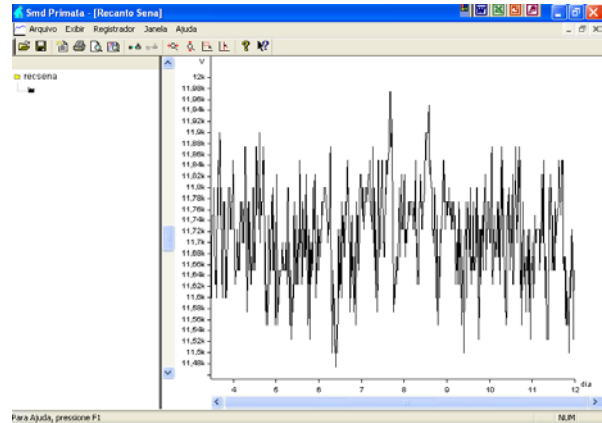
B. Reclamação de Consumidor Atendido em MT

B.1 – Consumidor Atendido em Média Tensão

Consumidor localizado na área rural com atividade de granja reclamava da tensão em suas instalações.

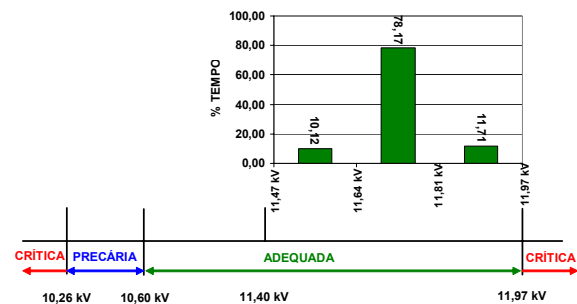
Como o atendimento a reclamações de tensão está regulamentado na Resolução 505/ANEEL, para a verificação da procedência ou não da reclamação o intervalo de registro foi programado para 10 minutos.

O resultado da medição é apresentado no gráfico a seguir.



O histograma a seguir indica a distribuição das tensões medidas e o correspondente valor percentual (em relação ao tempo total da medição) em que a tensão se manteve em cada uma das faixas considerando as 1.008 leituras válidas.

Ao compará-lo com a linha que contém as faixas de tensão consideradas críticas, precárias e adequadas verifica-se que as tensões medidas situam-se dentro da faixa ADEQUADA e dentro desta na região mais favorável situada entre 11.400 e 11.970 Volts.



Da observação do gráfico representativo das medições efetuadas constatamos que a tensão a rede de distribuição em análise já se encontra na faixa operativa mais favorável, na qual o atendimento as necessidades das cargas dos consumidores atendidos em tensão primária de distribuição é otimizado.

Além do mais, nessa faixa de tensão, vários tipos de carga apresentam um maior consumo de energia que se reflete num maior faturamento por parte da concessionária.

Assim sendo, o atendimento ao consumidor está dentro da faixa adequada.

B.2 – Gerenciamento da Tensão de um Alimentador

Alimentador que atende cerca de 5.000 consumidores lo-

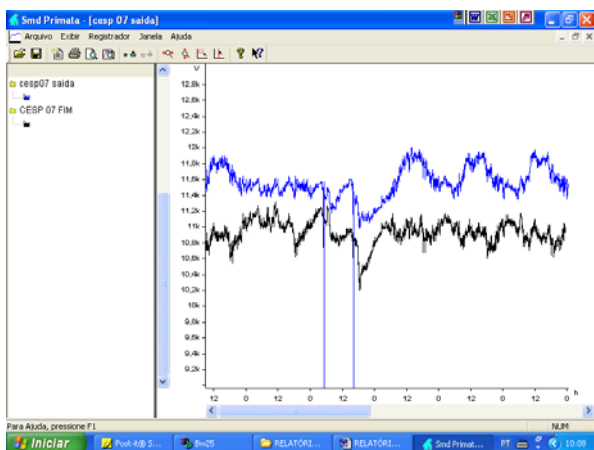
calizados na área urbana e também na área rural.

As medições foram efetuadas com o objetivo de analisar o comportamento da tensão ao longo do alimentador e também para avaliar o desempenho do Regulador de Tensão instalado no barramento de 15 kV da S/E.

Para possibilitar a adequada avaliação do comportamento da tensão e do desempenho do Regulador de Tensão o período de registro adotado foi de 1 minuto que é compatível com o retardo de operação do Regulador. Caso tivéssemos adotado o intervalo de registro estabelecido na Resolução 505/ANEEL, 10 minutos, não poderíamos efetuar a análise do desempenho do regulador.

Além do mais, para que se possa efetuar uma eficiente e objetiva análise do comportamento da tensão é necessário que se efetue medição de tensão simultaneamente na saída do alimentador e no ponto de maior queda de tensão do mesmo. Outro ponto a destacar é que esse tipo de medição é mais eficiente para o gerenciamento e supervisão da tensão no sistema de distribuição do que as medições trimestrais estabelecidas pela ANEEL devido a visão do conjunto que elas proporcionam.

O resultado da medição é apresentado no gráfico a seguir.



A partir dos resultados obtidos estão em andamento medições mais detalhadas da tensão, corrente e fator de potência envolvendo a S/E e o alimentador com o objetivo de otimizar os ajustes do Regulador de Tensão objetivando a melhoria do seu desempenho para adequá-lo às necessidades do sistema elétrico por ele atendido.

VIII – COMENTÁRIOS FINAIS

Conforme citado anteriormente o Projeto encontra-se em seu primeiro ciclo, mas já é possível observarmos alguns dos benefícios esperados com a sua implantação, embora ainda falem etapas ao seu desenvolvimento.

Um dos benefícios que já é palpável é aquele referente a eficácia da supervisão e gerenciamento da tensão a partir de medições no sistema de Média Tensão quando comparado com as medições trimestrais em Baixa Tensão programadas pela ANEEL. Isto porque, a medição em Média Tensão fornece uma visão de conjunto e a solução do provável problema observado se estende de forma automática a todos os consumidores atendidos pelo alimentador, fato este que não ocorre ao se tomar providências em circuitos secundários isolados.

IX – REFERÊNCIAS

1 - Curso de Gerência de Sistemas da Distribuição - A-

BRADEE / COGE / MACKENZIE - Julho/2004

Medição de Grandezas Elétricas e Níveis de Tensão em Sistemas de Distribuição.

2 - Anais do V Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica.

Autor: Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica - 2003 - Aracaju, SE

Problemas de controle de tensão em redes de distribuição com fontes distribuídas de geração e armazenamento de energia - Canha, L. N.. v. 2, p. 515-520.

3 - Sistema de supervisão de nível de tensão e carregamento de alimentadores - Garrido, Regina M. Bonetto S. Blumenau : CELESC , 1992 - Trabalho apresentado no Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

4 - Registrador Digital de Tensão para Redes da Classe 15 kV - P 32 - Manual do Usuário - PRIMATA

5 - Registrador Digital de Corrente para Redes da Classe 15 kV - P 27 - Manual do Usuário - PRIMATA

6 - Registrador Trifásico de Grandezas Elétricas - P 35 - Manual do Usuário - PRIMATA Tecnologia Eletrônica

7 - Analisador Digital Portátil - Saga 4000 - ESB Medidores

8 - Registrador eletrônico universal de grandezas elétricas ELO.2160 - Manual do Usuário - ELO Sistemas Eletrônicos

9 - RESOLUÇÃO ANEEL n. 505 de 26/11/2001 que atualiza a Portaria DNAEE 047 de 17/04/1978

10 - Contratos de Concessão da CJE, CPEE, CSPE e CLFM.

11 - ELETROBRÁS - Coleção Distribuição de Energia Elétrica - Volume 5 - "CONTROLE DE TENSÃO DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO".

12 - CODI - Comitê de Distribuição - Relatório SCOM 06.02 - "Oscilações Rápidas de Tensão (Flicker)".

13 - CIPOLI, JOSÉ ADOLFO - ENGENHARIA DE DISTRIBUIÇÃO - CAPÍTULO 2 - "Engenharia de Distribuição das Concessionárias e os Consumidores", CAPÍTULO 3 - "Planejamento do Sistema Elétrico", CAPÍTULO 14 - "Aplicação de Capacitores em Sistemas Elétricos de Distribuição" e CAPÍTULO 15 - "Regulação de Tensão".

14 - São Paulo State Regulatory Experience in the Evaluation of Voltage Level - CSPE/USP - IEEE/PES T&D 2002

15 - CODI-13.05 - DIRETRIZES, CRITÉRIOS E PROCEDIMENTOS PARA SUPERVISÃO E CONTROLE DE NÍVEIS DE TENSÃO DO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

16 - CODI-13.06 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO OPERACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO DE DISTRIBUIÇÃO QUANTO AOS NÍVEIS DE TENSÃO

IX – BIOGRAFIAS

J. A. Cipoli - engenheiro eletricitista EPUSP/69, atualmente é professor e pesquisador da CEC Engenharia e Consultoria.

M. A. De Marco - engenheiro eletricitista EFEI/75, atualmente é pesquisador da CEC Engenharia e Consultoria.

B.E.M Ferreira - engenheiro eletricitista Unesp/75, atualmente é pesquisador da CEC Engenharia e Consultoria.

W.H. Bernardelli - engenheiro eletricitista FEB, atualmente é gerente de Engenharia da CMS Energy.

C.E.P. Persinoti - engenheiro eletricitista EFEI, atualmente é engenheiro do Departamento de Engenharia da CMS Energy.