



V SBQEE
Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica
17 a 20 de Agosto de 2003
Aracaju – Sergipe – Brasil



Código: AJU 04 167
Tópico: Análise, Diagnósticos e Soluções

MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE TENSÃO EM CONSUMIDORES INDUSTRIAIS PARA AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE

Elisete T. Pereira¹, Sérgio H. L. Cabral¹, Estefano Ignatowicz², Juliano Bachmann^{1,2}, Marconi Januário¹

1 - FURB - Universidade Regional de Blumenau *
2 - CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A.

RESUMO

Este artigo apresenta os resultados de uma primeira etapa de monitoramento da qualidade da energia elétrica entregue a consumidores industriais, atendidos em alta-tensão (25 kV). Essa etapa foi realizada na rede da CELESC, em Blumenau, SC e permite identificar os eventos de qualidade de energia elétrica mais comuns, segundo suas frequências, severidades e intervalos de duração, na rede da CELESC, na região de Blumenau/SC. Essa etapa, por sua vez, pertence ao projeto de pesquisa envolvendo a Universidade Regional de Blumenau e a CELESC, que visa classificar os clientes industriais dessa empresa em graus de vulnerabilidade aos eventos de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE

Vulnerabilidade, Qualidade, Monitoramento, Eventos.

1.0 - INTRODUÇÃO

Os eventos de qualidade de energia elétrica têm se mostrado como sendo cada vez mais danosos para o funcionamento adequado de equipamentos elétricos e eletrônicos de clientes industriais, especialmente aqueles atendidos em alta-tensão. Um dos principais motivos desse aumento de danos é que muitos dos equipamentos industriais são automatizados, realizando tarefas controladas por microprocessadores. Por sua vez, esses microprocessadores são inerentemente

vulneráveis às variações da tensão da alimentação, o que faz com que a vulnerabilidade se transfira ao cliente como um todo, pois toda a produção fica sujeita às interrupções, decorrentes do mal-funcionamento dos microprocessadores[1,2]. Diante desse quadro, é cada vez mais importante para a concessionária de energia elétrica classificar seus clientes numa escala de vulnerabilidade aos inerentes eventos de qualidade de energia elétrica, dentre os quais citam-se os afundamentos e as elevações de tensão, momentâneas e instantâneas[2,3]. Em tendo essa classificação, os setores competentes da empresa podem tomar decisões seguras sobre a expansão e a melhoria de redes, atendimentos a novos clientes e principalmente sobre a solução de problemas reclamados por clientes a respeito da qualidade do fornecimento. Por conta disso, o Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Regional de Blumenau e a CELESC estão realizando projeto de pesquisa sobre esse tema. Dentro desse projeto, uma primeira etapa prevê a caracterização dos eventos de qualidade de energia elétrica na rede CELESC, identificando quais são os eventos mais comuns, a duração desses e o grau de severidade que apresentam. Essas informações, por sua vez, advêm do registro da tensão instantânea entregue aos consumidores de alta-tensão, nos diversos trechos da rede da CELESC. Os resultados apresentados neste trabalho dizem respeito a uma primeira etapa de monitoramento, realizada na rede da CELESC, em Blumenau, SC, onde três diferentes tipos de clientes industriais, ligados a um mesmo alimentador, tiveram a tensão monitorada,

* Departamento de Engenharia Elétrica Caixa Postal 888 - CEP 89010-971- Blumenau - SC - BRASIL
Tel.: +55 (047) 221-6030 - FAX: +55 (047) 221-6001 - E-mail: scabral@furb.br

através do registro instantâneo da tensão trifásica desses. Essas medições foram realizadas simultaneamente em três clientes, com o objetivo de mais tarde se extrapolar o impacto de um mesmo evento em outros clientes com diferentes perfis de produção. Os primeiros resultados obtidos por esse monitoramento já permitem a CELESC ter uma primeira e boa avaliação da vulnerabilidade de seus clientes de alta-tensão aos eventos de qualidade de energia elétrica.

2.0 - MEDIÇÕES E CARACTERÍSTICAS DAS CARGAS

Conforme já citado, o circuito considerado como teste, foi escolhido na região de Blumenau/SC. Num mesmo alimentador, três clientes industriais foram escolhidos de acordo com suas posições nesse circuito, desde a subestação BNU II. Os alimentadores dessa SE apresentam configuração radial. A Empresa 1, de 2,9 MVA, se localiza bem próxima da subestação, na saída do alimentador e produz artefatos de cristal. A Empresa 2, de 1 MVA, se localiza num trecho com elevado número de cargas, a cerca de 15 km da subestação e lida com beneficiamento de madeira, enquanto que a Empresa 3, de 0,5 MVA, se localiza no final do circuito alimentador, cerca de 20 km da subestação, e lida com beneficiamento de borrachas para pneus. Esse circuito alimentador, BND-07, é um dos dois alimentadores que servem ao município de Pomerode-SC, distante de Blumenau cerca de 20 km. O outro circuito alimentador é o BND-06 e os dois percorrem quase todo o trecho em paralelo, permitindo o acoplamento magnético e elétrico entre os mesmos, o que permite a transferência de eventos de tensão entre os mesmos. As empresas 2 e 3 estão localizadas no município de Pomerode, enquanto que a empresa 1 está localizada no município de Blumenau. Entre as Empresas 1 e 2 esse circuito apresenta cerca de 5 km de extensão em área florestal, não tendo, portanto, nenhuma carga conectada. A Figura 1 apresenta um esquemático com a posição das cargas no circuito alimentador BND-07, incluindo a subestação e mostrando a posição de circuitos alimentadores periféricos.

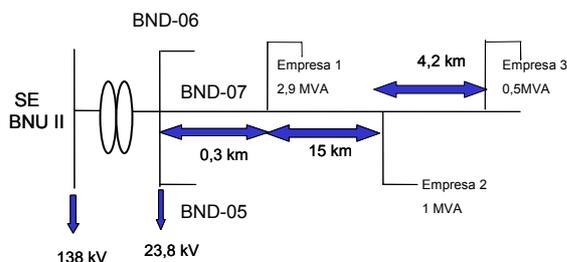


Figura 1 – Localização das empresas no circuito alimentador, BND-07.

As medições utilizaram três equipamentos registradores de tensão: Dois equipamentos de fabricação da empresa RMS, MARH-21 e um equipamento de fabricação da empresa Embrasul, RE-6000. O RE-6000 contém o registro de ventos de tensão no módulo de transitórios, o que fez com que esse equipamento fosse tomado como referência da análise de casos. Então, os dois outros equipamentos (MARH-21) foram utilizados para referendar os resultados do RE-6000. Por isso, não houve preocupação para que esses registrassem com a mesma precisão do RE-6000, tendo sido registrada por esses apenas o valor eficaz da tensão integralizada em doze ciclos. O RE-6000, por sua vez, registrou a tensão instantânea, através de 120 pontos por ciclo da senóide da tensão da rede. Durante cada período, de alguns dias, cada um dos equipamentos esteve instalado numa das empresas. Ao final desse período, os dados eram baixados para um computador e os equipamentos sofriam rodízio, sendo instalados em empresa diferente da anterior. As medições foram realizadas em seis períodos, contendo cada um desses cerca de quinze dias. O primeiro período ocorreu de 05 de dezembro de 2002 a 21 de dezembro do mesmo ano, enquanto que o sexto e último período foi o maior deles, correspondendo a um período de cerca de 01 mês: 07 de fevereiro de 2003 a 14 de março de 2003. Toda medição em baixa tensão (120 V), tendo sido realizadas em simultaneidade ao sistema de medição tarifário das empresas, ou seja, através de um dois TP's, ligados em duplo-V.

3.0 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

Já no fim do primeiro período de medição, os resultados iniciaram por serem analisados. Esse período coincidiu com o início das chuvas de verão, durante as quais ocorrem várias descargas atmosféricas, que invariavelmente dão origem a diversos eventos de tensão na rede de distribuição. Então, os dados dos três equipamentos foram comparados, tomando-se por base os eventos registrados pelo RE-6000, ajustado com as características designadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características de ajuste do registrador de eventos

Intervalo de integração	30 segundos
% para afundamento	90 %
% para elevação	10 %
% mínimo de transitórios	20 %

Então, de forma a se permitir que mais tarde fosse feita a correlação entre os eventos e a vulnerabilidade dos clientes, foram considerados somente os eventos que implicaram em

reclamação por parte de clientes, representada por ficha de ocorrência, com número de registro, NR. Isso fez com que a maioria dos eventos registrados fosse de duração superior a um minuto. Não obstante, os eventos de qualidade de tensão, registrados pelo RE-6000, que não tiveram causa conhecida foram armazenados em banco de dados para formar um histórico dos eventos mais comuns, de curta duração, especialmente os afundamentos e as elevações.

4.0 - RESULTADOS

De acordo com o que foi constatado, os registros de eventos apresentam dois tipos. O primeiro deles diz respeito aos eventos de duração significativa (maior que 1 minuto, pelo menos), que provoca a percepção da falta de energia, pelo cliente, gerando reclamação. O segundo tipo corresponde aos eventos de curtíssima duração (alguns ciclos) esporádicos, muitas vezes de origem atmosférica, tal como constatado pelas medições realizadas durante a ocorrência de temporais, com incidências de descargas atmosféricas. Tal como citado anteriormente, informações desse segundo tipo de ventos foram armazenadas em banco de dados, para serem utilizadas futuramente, em tratamento estatístico. Para o interesse desse artigo, as informações mais importantes estão relacionadas ao primeiro tipo, relativo a eventos de maior duração. Não obstante, nas Figuras 2 e 3 estão mostrados dois eventos típicos de curtíssima duração. O primeiro corresponde a perturbação simultânea nas três fases, enquanto que o segundo corresponde a um afundamento instantâneo em somente uma das fases.

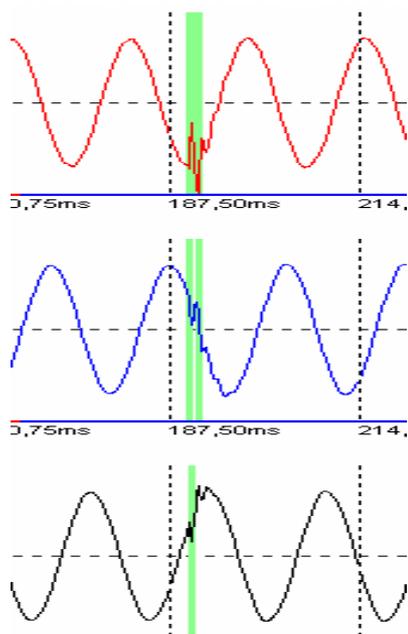


Figura 2 – Exemplo típico de perturbação de curtíssima duração.

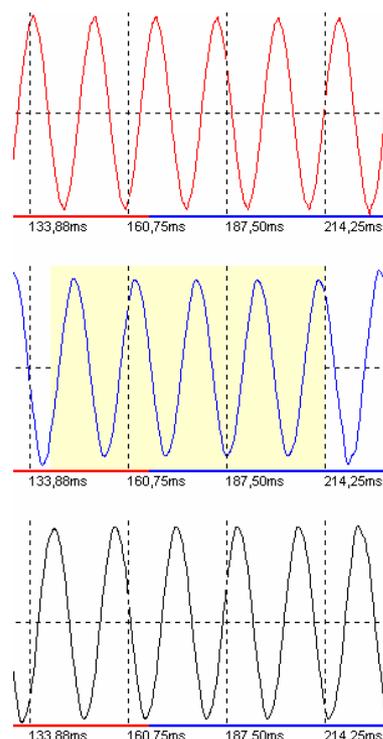


Figura 3 – Exemplo típico de afundamento instantâneo de tensão.

Eventos tais como esses, mostrados nas Figuras 2 e 3 ocorreram por mais de 345 vezes durante o período das medições e não foi relatado pelos clientes sob medição qualquer prejuízo decorrente dos mesmos. Analogamente, em relação ao tipo de eventos perceptíveis, de maior duração, nas Figuras 4 e 5 estão mostrados o comportamento da tensão durante duas falhas que resultaram em curto circuito. O gráfico de tensões da Figura 4 corresponde a um dos períodos de fuga intermitente para uma cruzeta, no meio do alimentador, sendo registrada a tensão no início do mesmo, na Empresa 1. Já o gráfico da Figura 5 corresponde ao início de um curto circuito no início do alimentador, sendo essa medição realizada no final do alimentador, na Empresa 3. Durante o período das medições, 36 casos atendendo as características do primeiro tipo de eventos foram completamente catalogados. A Tabela 2 mostra então o resumo desses casos, caracterizando os tipos de solicitações que a rede fica sujeita, durante sua operação.

Tabela 2. Distribuição da origem dos casos de longa duração

Rompimento de condutores	04
Meio ambiente/desconhecida	08
Descargas atmosféricas	11
Vida útil de equipamentos	05
Manobras de alimentadores	08

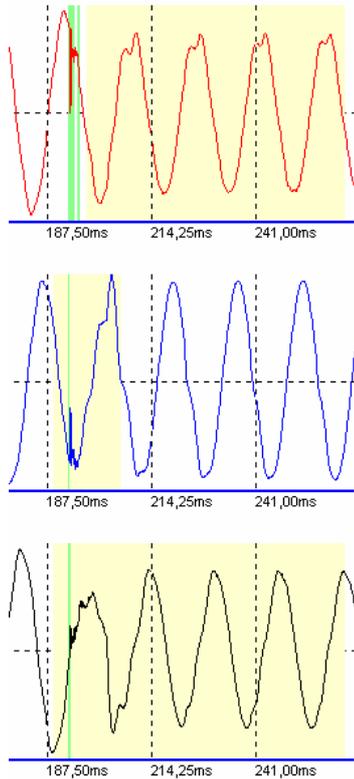


Figura 4 – Afundamento de tensão devido à falha intermitente.

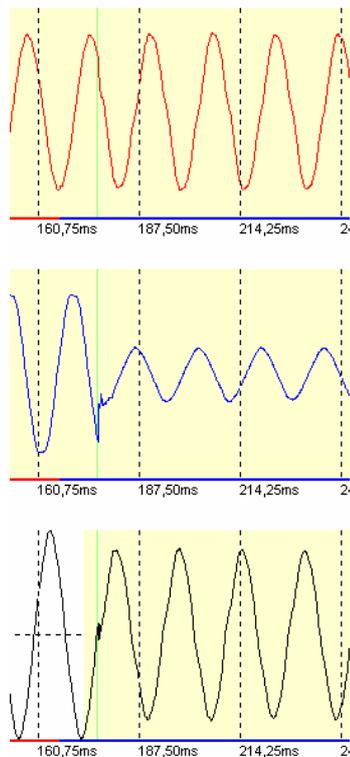


Figura 5 – Afundamento de tensão devido a curto circuito no alimentador.

Sobre os casos listados na Tabela 2, é muito importante citar que embora todos eles correspondam a eventos registrados nos locais de medição, no alimentador BND-07, nem todos tiveram origem nesse mesmo alimentador. Dentre esses, um comportamento interessante ocorre nos eventos que tiveram origem no alimentador BND-06, que é paralelo ao alimentador estudado. Devido a esse paralelismo, os eventos que ocorrem no BND-06 são transferidos ao BND-07 não somente pelo barramento da subestação, mas também pelos acoplamentos indutivo e capacitivo, existentes pela proximidade dos alimentadores, aéreos. Na Figura 6 é mostrado um exemplo desses casos, correspondendo ao comportamento da tensão no final do alimentador BND-07, Empresa 3, durante uma descarga atmosférica no BND-06 e atuação da proteção, na subestação. Neste caso, a perturbação chega por vias conduzida a todos os alimentadores da subestação, enquanto que também chega por acoplamento no alimentador paralelo.

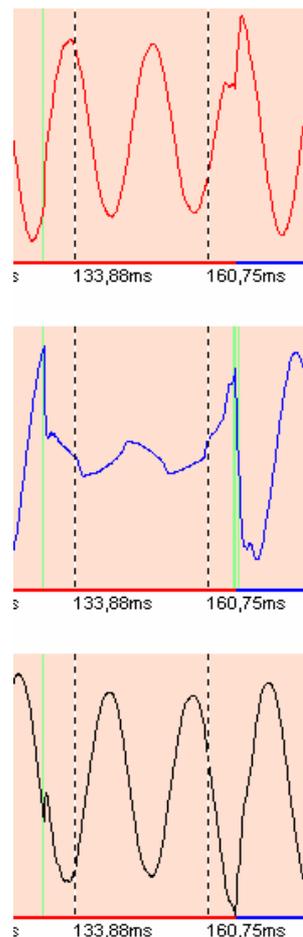


Figura 6 – Afundamento de tensão devido a curto circuito no alimentador.

5.0 - CONCLUSÕES

Os resultados apresentados neste trabalho demonstram como o monitoramento de tensão pode ser útil para classificar os eventos de qualidade de energia elétrica nos diversos trechos da rede de concessionárias. Esse monitoramento é fundamental para determinar com que frequência, duração e severidade ocorrem os eventos, remetendo a análise para uma natureza estatística, tornando previsível a ocorrência dos eventos mais significativos, em cada alimentador. De posse dessas informações, a empresa tem como tomar iniciativas no sentido de reduzir, evitar ou mesmo conviver com essas perturbações, permitindo assim definir estratégias para a conexão de cargas em alimentadores, segundo a vulnerabilidade dessas. Por sua vez, a vulnerabilidade das cargas, segundo o perfil de produção do mesmo, se faz necessário.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Saad Jr., J. Aspectos de Compatibilidade Eletromagnética na Análise das Causas de Danos em Equipamentos Sensíveis Ligados à Rede Elétrica. Anais do IV Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica - SBQEE, Porto Alegre, 2001. p. 359-366.
- [2] Anais do IV Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica - SBQEE, Porto Alegre, 2001.
- [3] Anais do IX International conference on Harmonics and Quality of Power - ICHQP, Rio de Janeiro, 2002.