Sensor de Surtos de Tensão com Memória para Baixa Tensão

J. A. Marsulo, CMS e A. G. Reichel, V. P. Ferrari, M. T. Nakahata, J.C. Hofmann, LACTEC

RESUMO

Este trabalho, teve por objetivos especificar e desenvolver para a Companhia de Eletricidade CMS, um dispositivo para a identificação e registro (memória do evento) de ocorrência de surtos de sobretensão na rede de distribuição de energia elétrica, de baixo custo, conectável na entrada de baixa tensão do consumidor, para indicação de anomalias no fornecimento de energia. Permitir, com o uso do dispositivo, confirmar a existência de ocorrências de surto no consumidor sob análise.

PALAVRAS-CHAVE

Detecção de surtos, Medição, Monitoração de energia.

I. INTRODUÇÃO

As transformações que o setor elétrico têm sofrido nos últimos anos com os processos de privatização inserindo novos conceitos de competição neste mercado, têm afetado os consumidores de forma significativa. Este novo modelo transfere para a iniciativa privada a responsabilidade de fornecer energia com qualidade, ficando com o Estado o dever de estabelecer regras e padrões de serviços, fiscalizar e coibir seu descumprimento através de seus órgãos responsáveis. Ao consumidor resta a incumbência de recorrer aos órgãos de defesa do consumidor e agências fiscalizadoras em casos de suspeitas sobre a qualidade do fornecimento de energia e de serviços a preços compatíveis.

Um dos assuntos que mais freqüentemente tem estado presente em ações indenizatórias contra concessionárias de energia, dizem respeito à queima de aparelhos eletroeletrônicos, supostamente atingidos por variações na tensão da rede elétrica. Devido à falta de dados confiáveis sobre agentes causadores de perturbações na rede de energia e efeitos provocados em dispositivos eletrônicos, algumas análises de processos têm sido de difícil julgamento.

Sistemas de monitoração da qualidade de energia têm sido o foco das atenções em diversos eventos do setor, promovendo discussões e pesquisas de forma bastante acentuada. Entretanto, alguns dos efeitos provocados na rede elétrica, por serem de curta duração e/ou alta intensidade são também de difícil medição e registro, demandando equipamentos sofisticados e caros. Este fato justifica a grande dificuldade das empresas distribuidoras em instalarem dispositivos de medição e monitoração de energia em toda sua malha de distribuição de energia exigindo investimentos vultuosos.

II. DESENVOLVIMENTO

Certas ocorrências na rede de distribuição podem provocar sobretensões que acabam se propagando e provocando danos aos equipamentos ou eletrodomésticos dos consumidores finais. Para casos de consumidores de pequeno porte, não existem registradores de variações momentâneas de tensão comerciais de baixo custo, tornando inviável a monitoração destas ocorrências na rede de distribuição de energia elétrica de forma mais ostensiva.

Observando este cenário e objetivando a melhoria da qualidade dos seus serviços, bem como a redução de reclamações inconsistentes por queimas eletrodomésticos, CMS Energy através do Lactec buscou a pesquisa e o desenvolvimento de dispositivos de registro de surtos de tensão, instalados no ponto de entrega ao consumidor.

O escopo do projeto foi limitado ao desenvolvimento de dispositivos para o registro de surtos de tensão na rede de distribuição em baixa tensão (127V/220V), não sendo considerados problemas decorrentes de sub-tensões, afundamentos e interrupções.

Para a colocação em todas as residências da área de concessão da CMS, com uma cobertura de 100% de seus clientes, os dispositivos deveriam apresentar um baixíssimo custo de produção, o que dificultou seu projeto.

Foram pesquisados inicialmente diversos componentes analógicos, para registro de eventos únicos, inclusive destrutivos, ou seja, componentes que seriam danificados pela presença de surtos de tensão. Alguns componentes utilizados nos testes como elementos registradores foram: fusíveis de pequena ampacidade, diodos zener de baixa potência e varistores, entre outros.

Após a realização de diversos ensaios, observou-se a não repetibilidade das características técnicas disruptivas dos componentes testados, inviabilizando seu uso em soluções confiáveis. Em função dos resultados encontrados, foram pesquisadas novas soluções tecnológicas para o problema.

Duas novas alternativas foram pesquisadas: uma quase totalmente digital, com o uso de microprocessador para medição e registro de eventos e outra solução mais analógica com registro de somente um evento.

Em função da ampla gama de agentes causadores de surtos na rede, com características elétricas aleatórias, provocando as mais diversas alterações nos níveis de tensão e

com base nas especificações de dispositivos de monitoração e registro de surtos na rede elétrica da norma IEEE-1159, foram necessárias algumas limitações para o desenvolvimento dos dispositivos sensores de surtos. Entre as principais características estão o tempo mínimo de detecção dos surtos e o nível de intensidade dos mesmos.

Uma das características estabelecidas desde o início do projeto foi com relação à confiabilidade dos dados registrados. Como os dispositivos poderão ser usados como elementos de apoio em decisões pelo pagamento ou não de indenizações, podendo ser questionados quanto à veracidade dos dados registrados, por mais simples que fosse a solução, dever-se-ia contemplar a exatidão nas medidas. Alguns cuidados foram tomados na fase de projeto como a escolha de componentes com valores de tolerância pequenos, calibrações, ensaios e levantamento de curvas de resposta e linearidade para cada protótipo desenvolvido.

O primeiro dispositivo de monitoração consiste numa solução com componentes analógicos e com registro feito através de um potenciômetro digital. O diagrama em blocos do dispositivo pode ser visto na figura 1.

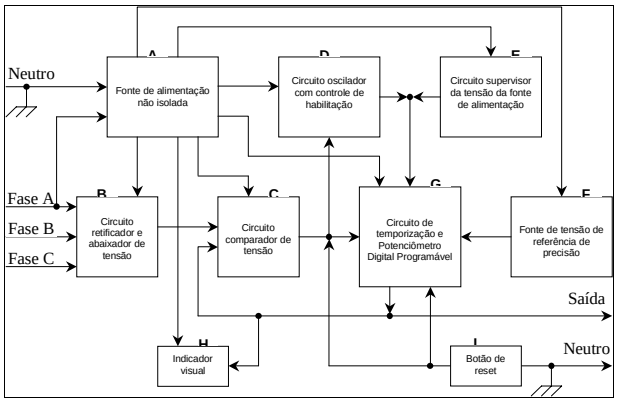

FIGURA 1. Circuito monitorador analógico de surtos de tensão - CMS1.

O Detetor Analógico de Surtos de Tensão é um instrumento eletrônico destinado a registrar de maneira não volátil, uma amostra do maior pico positivo de tensão, com duração maior ou igual a 1ms, ocorrido em qualquer uma de suas 3 entradas. Apesar de sua saída ser uma grandeza analógica (tensão de 0 a 3 Vcc), o registro é feito digitalmente através da memorização da posição do cursor de um potenciômetro digital programável com até 100 níveis, variando de forma linear e crescente, proporcional ao máximo valor da tensão excedente à nominal em suas entradas. A tensão de saída CC é incrementada em passos de 30mV, correspondentes a 1,27V rms na tensão da rede CA. Tem uma leitura de fundo de escala limitada a 254Vrms (360Vpico). Possui também uma sinalização visual através de um dispositivo semicondutor (LED) sempre que a tensão de entrada ultrapassar aproximadamente 20% da tensão nominal, indicando o registro de uma sobretensão.

FIGURA 2. Dispositivo de monitoração analógico – CMS1

O segundo circuito chamado dispositivo digital microprocessado de detecção de surtos – CMS2, foi concebido segundo alguns critérios da norma IEEE1159 [7] e curva CBEMA - *Computer Business Equipment Manufacturers Association*, com restrições à intensidade máxima e duração mínima dos surtos. Tem por função registrar um histórico da máxima tensão ocorrida na rede secundária (baixa tensão). A leitura da tensão é feita de forma contínua nas três fases e o registro do valor máximo ocorre em intervalos fixos de 337,5 segundos. Assim, a cada 5,625 minutos, o valor do maior pico positivo de tensão é gravado em memória FLASH, do tipo permanente (não volátil).

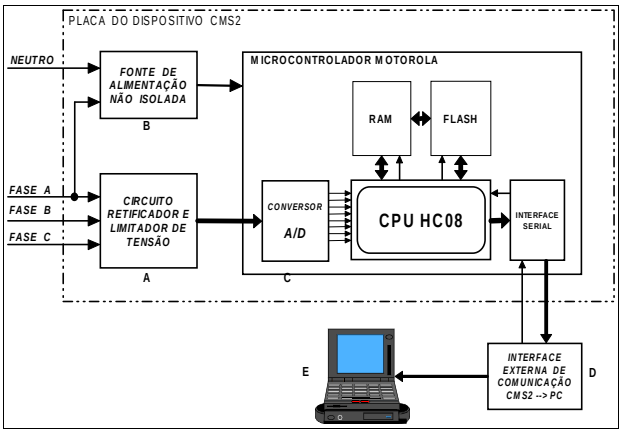

FIGURA 3. Circuito monitorador digital de surtos de tensão – CMS2

É formado basicamente pelo microcontrolador Motorola MC68HC908JK3 que executa todas as funções de leitura, processamento e armazenamento. Este componente tem um custo relativamente baixo e além da unidade central de processamento (CPU), possui internamente um conversor analógico-digital (A/D) de 8 bits e memórias RAM e FLASH. Estas características internas facilitam a programação e reduzem a necessidade de componentes externos, diminuindo o tamanho do circuito final.

A memória RAM, de armazenamento temporário, é utilizada em conjunto com a CPU para o processamento rápido das leituras da tensão digitalizadas pelo conversor A/D. Após cada intervalo de 337,5 segundos, o maior valor de tensão lido e armazenado temporariamente em memória RAM, é gravado em memória FLASH para armazenamento

permanente. A memória FLASH mantém os dados gravados mesmo em caso de falta de energia para o circuito. O diagrama em blocos do circuito pode ser visto na figura 3.

FIGURA 4. Circuito monitorador digital de surtos de tensão – CMS2

Nesta memória também está armazenado o programa principal codificado em linguagem Assembly, contendo as rotinas de controle de aquisição, registro, relógio, etc. A quantidade de memória não volátil interna disponível neste microcontrolador para armazenamento de dados, excluindo a parte usada pelo programa, é limitada em 1536 registros. Este número de registros, gravados a cada 5,625 minutos, equivale a um período de monitoração de 6 dias ou 144 horas (1536 x 337,5 s). O tempo mínimo de detecção dos surtos de tensão na entrada também limita os eventos registrados a durações maiores ou iguais a 1ms. A saída dos dados gravados é feita por comunicação digital serial implementada através de pinos de saída do microcontrolador.

A carga e visualização dos dados gravados no dispositivo detector de surtos, é feita pelo programa de visualização e análise "Surge Register". A conexão deve ser feita por uma das portas seriais RS232 disponíveis em um microcomputador.

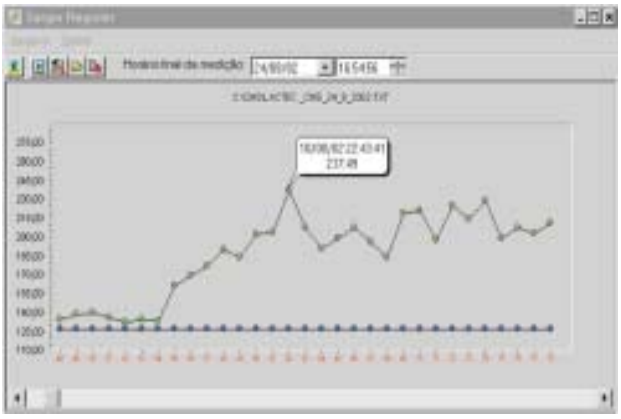

FIGURA 5. Tela de visualização geral dos dados gravados

A carga ("*upload*") dos dados é feita após a conexão entre o dispositivo e o computador através de uma das interfaces seriais do computador. Com o gráfico na tela, podem ser visualizados os 1536 registros equivalentes aos últimos 6 dias, retroativos a partir da data digitada inicialmente. O programa também possui uma opção de saída dos dados para arquivo Excel, onde é gerada uma planilha neste padrão, possibilitando alterações e arquivamento.

Para validação dos dispositivos de monitoração desenvolvidos, foram realizados vários ensaios funcionais e paramétricos nos dois dispositivos desenvolvidos.

Foram ensaiados 15 protótipos do monitorador analógico CMS1, levantando-se a curva de resposta x linearidade (reta) de cada um dos dispositivos. A equação de correlação entre as tensões CC de saída do dispositivo e CA rms da rede elétrica foi obtida pela média dos coeficientes das curvas de resposta levantados nos dispositivos ensaiados individualmente (reta média). Esta equação foi inserida no programa (firmware) de um medidor digital externo desenvolvido para oferecer uma interface de leitura para o monitorador CMS1. O limite de erro (precisão) verificado nos ensaios dos 15 protótipos foi de ±2 %.

FIGURA 6. Acessório para leitura da tensão gravada no CMS1

Um dos testes do dispositivo CMS2 foi realizado com a aplicação de uma rampa de tensão em cinco dispositivos de monitoração, observando-se os desvios de tensão entre os mesmos, bem como a exatidão das medidas em relação ao tempo estabelecido entre gravações. Apesar dos componentes utilizados nas montagens serem comerciais de baixo custo e pouca precisão, as variações máximas medidas não ultrapassaram 2V em relação à média, o que para um fundo de escala de 288V significa menos de 1%, e para 127V em torno de 2%. No gráfico da figura 6 o mesmo ensaio foi continuado por um período maior, aplicando-se como tensão base 145V, observando-se as variações da tensão na rede elétrica por mais aproximadamente 2,5 horas.

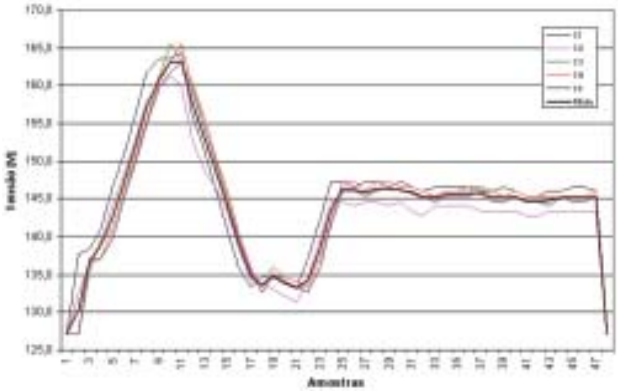

FIGURA 7. Medidas com cinco dispositivos CMS2 e sua média

III. CONCLUSÕES

Os dispositivos desenvolvidos apresentaram resultados satisfatórios, considerando-se o fator baixo custo exigido. Pequenas variações nas leituras de tensão registradas pelos dispositivos podem ser reduzidas pela melhor seleção de componentes e controle de qualidade durante a fase de produção. Alguns aprimoramentos ainda podem ser realizados para a produção em larga escala do produto final, como a resinagem do circuito impresso melhorando a isolação elétrica e rigidez mecânica, diminuindo custos com caixas de proteção.

Como apresentado, as duas soluções podem ser utilizadas como elemento de identificação de distúrbios na tensão da rede elétrica, pelo registro em memória dos maiores valores de tensão no ponto da rede onde for instalado como: oscilações de curta e longa duração, transitórios com durações maiores que 1ms, sobretensões, etc.

Devido ao baixo custo de produção, estimado em US$2,00 para o CMS1 e US$2,50 para o CMS2, a produção em larga escala pode ser viabilizada objetivando a monitoração de todos os consumidores ou pelo menos a grande maioria dos pontos críticos da concessionária.

Os dispositivos poderão ser utilizados como elementos de auxílio ao gerenciamento da rede elétrica, identificando pontos críticos, variações de tensão devidas a cargas reativas de consumidores, dimensionamento de transformadores, melhor otimização, racionalização e dimensionamento de cabos e instalações.

A solução do monitorador digital com microprocessador, apesar de apresentar um custo um pouco mais elevado em relação ao analógico, por ser programável, pode ser rapidamente modificado podendo ser utilizado em outras aplicações de monitoração de tensão, pela alteração dos níveis mínimo e máximo da tensão medida, intervalos entre leituras e tempo mínimo de duração dos surtos. Desta forma podem ser registrados desde afundamentos de tensão como surtos de alta freqüência devidos a transientes ou descargas atmosféricas, desde que respeitadas as suas características técnicas (memória, conversor A/D de 8 bits, etc). Com a inclusão de um conjunto de baterias, o dispositivo também pode ser programado para registro de interrupções de energia.

IV. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem as contribuições de José Américo Marsulo e Norberto de Jesus Filho da CMS Energy recebidas durante a especificação e execução deste projeto.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BRONZEADO, Herivelto S., CAVALCANTI, Beatriz F., NETO, Samuel D. C., CAVALCANTI, Kilma (CHESF). Discussão sobre a Responsabilidade Civil de Danos Decorrentes de Problemas Associados À Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica, III Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica – SBQEE, Brasília – DF, pg. 351 a 356, 1999.

[2] MAMEDE Filho, João. Proteção de Equipamentos Eletrônicos Sensíveis. São Paulo – SP: Érica, 1997.

[3] BRONZEADO, Herivelto S. Curso de Especialização em Qualidade da Energia Elétrica – Conceitos, Problemas e Soluções, IEEE – Seção Bahia, 1999.

[4] FERRARI, E. L.;KAGAN, N.; MATSUO, N. M.; PENIN, C. A. S.; DUARTE, S. X. Metodologia para Suporte à Análise de Pedidos de Indenização em Queimas de Aparelhos na Área de Concessão da Eletropaulo. I Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica – CITENEL, Brasília-DF, novembro, 2001.

[5] CAPELLI, Alexandre. Artigo sobre Qualidade da Energia Elétrica, Revista Saber Eletrônica, número 343, São Paulo – SP: Saber Eletrônica, agosto, 2001.

[6] TANURE, José Eduardo; HASSIN, Eduardo Sormanti; SILVA Filho, Armando (ANEEL). Indicadores de Qualidade de Energia Elétrica – Aspectos Contratuais e de Proteção ao Consumidor, III Seminário Brasileiro de Qualidade de Energia Elétrica – SBQEE, Brasília – DF, pg. 237 a 243, 1999.

[7] IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Std 1159-1995, Committee 22 on Power Quality, New York - USA: IEEE Inc., november, 1995.