

Desenvolvimento do Protótipo de um Instrumento Virtual para Análise On-Line de Perturbações Harmônicas em Sistemas de Potência

W. J. F. Lima, WEB; L. A. Vieira, WEB; N. Bramati, Eletronorte; Raimundo Nazareno Cunha Alves, UFPA; R. Lima, UFPA; M.C.M. Sousa UFPA; J. Tostes Eletronorte; M.J.S. Oliveira, Eletronorte; I.L. Carvalho Eletronorte; J. N. Garcez (UFPA).

RESUMO

No cenário atual do setor elétrico nacional, em que o consumo de energia elétrica aumenta dia a dia, cresce cada vez mais a importância de se evitar paradas desnecessárias de equipamentos de transmissão e, adicionalmente, fornecer energia elétrica com qualidade às concessionárias e usuários de energia elétrica. Atualmente vem sendo incorporados ao sistema elétrico, diversos equipamentos, que em sua grande maioria, utilizam a tecnologia disponibilizada pela eletrônica de potência, que fornece, indiscutivelmente, diversas vantagens em relação às soluções tradicionalmente utilizadas, no entanto, provocam o aumento do índice de Distorção Harmônica Total (DHT) que pode comprometer a vida útil de outros equipamentos de transmissão (Transformadores, Cabos, Isoladores etc...) assim como, comprometer a qualidade da energia elétrica a ser fornecida. É de grande importância a monitoração contínua da evolução destes distúrbios que podem, de modo geral, causar diversos prejuízos ao setor elétrico. Este trabalho apresenta um protótipo, de baixo custo, para medição contínua dos harmônicos em alta tensão, utilizando os TP's (transformadores de potencial) atualmente empregados no sistema elétrico e que, em sua grande maioria, interferem na medição deste fenômeno. O protótipo será incorporado ao instrumento de medição de qualidade de energia adotado pela Eletronorte, o Alerta QE [12][13].

PALAVRAS-CHAVE

Alerta QE, Harmônicos, Alta Tensão, Transdutores, Qualidade de Energia.

I. INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento de instalações de equipamentos que utilizam a tecnologia disponibilizada pela eletrônica de potência, justifica-se a importância cada vez maior que é dada ao estudo de seu efeito na DHT [9][10][11][16]. A utilização de equipamentos sofisticados para realizar a medição das distorções harmônicas torna-se ineficiente se o sistema de condicionamento não apresentar um comportamento linear na faixa de frequência de interesse. Este trabalho apresenta uma metodologia de medição de harmônicos em alta potência que possibilite o aproveitamento dos equipamentos existentes, normalmen-

te lineares até 600 Hz [17], realizando medições confiáveis até a quinquagésima harmônica (3000Hz).

II. DESCRIÇÃO DO TRABALHO

A. Importância da Monitoração dos Harmônicos.

Alguns dos problemas relacionados à presença de harmônicos são descritos abaixo [16]:

- Aquecimento dos cabos destinados a transmissão de energia, diminuindo a vida útil dos mesmos.
- Rompimento da isolação dos transformados, ocasionando o aquecimento e, conseqüentemente, defeitos no equipamento.
- Superaquecimento de motores de indução, aparecimento de torques pulsantes;
- Ocasionar o surgimento de capacitâncias e indutâncias que poderiam provocar ressonância na linha de transmissão.
- Operação errônea em sistemas de regulação e controle;
- Mau funcionamento de dispositivos de medição baseados em disco de indução;
- Mau funcionamento de lâmpadas a mercúrio e fluorescente;
- Superaquecimento de capacitores usados na correção do fator de potência, etc.

Deve-se ressaltar que, para a maioria das concessionárias, os perfis detalhados do consumo e da geração harmônica por parte dos consumidores, na sua representação como uma fonte harmônica global, bem como o impacto causado no sistema supridor, são praticamente "desconhecidos".

B. Escolha do TP para medição da grandeza.

Realizou-se o levantamento da resposta em frequência de vários TP. Observou-se que alguns TP's (ver Tabela 1) apresentam uma resposta em frequência linear dentro das faixas de interesse (de 60Hz a 3000Hz), conforme mostrado na figura 1. Entretanto, a grande maioria dos TP's encontrados, na prática, nas subestações (e.g. o VTOF245 e o CVE245/900/60 especificados nas Tabelas 2 e 3 respectivamente) apresentam comportamento não, conforme mostrado nas Figuras 2 e 3 respectivamente.

Agradecemos aos Colaboradores da CPA - Eletronorte (Centro de Comercialização do Pará) pela disponibilização de equipamentos para testes relacionados ao Projeto.

TABELA 1

No. de Série	SP 13724
Tipo	TPMC 69
Nível de Isolamento	69
Nível de Impulso	350 V-U
Tensão Nominal	Primária: 40.250 V
Secundária:	115/67,08 V
Classe de Exatidão	0.3 200
Potência	4000 VA
Regime de Tensão Permanente	1,15
Relação de Transfor-mação	350:1 (1-3; 4-6)
	600:1 (2-3; 5-6)

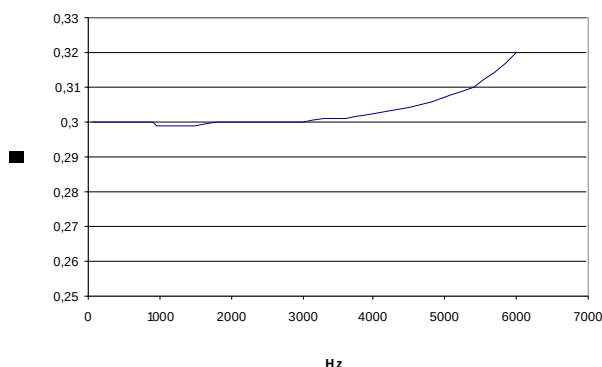


FIGURA 1. Curva da saída do secundário do TP de 69KV, entrada 104,9V.

TABELA II

NO. DE SÉRIE	82104801
Tipo	VTOF245
Tensão Nominal	Primária: 230 KV
Secundária:	115/67,08 V
Fabricante	Siemens
Potência	4000 VA
Relação de Transfor-mação	2000:1

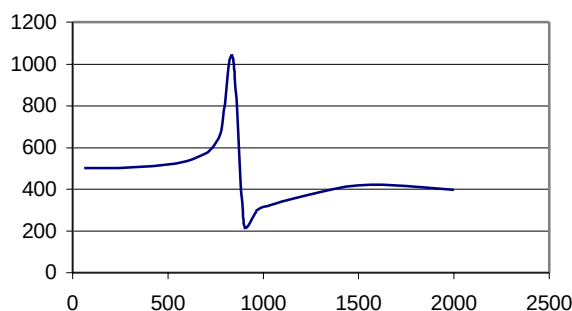


FIGURA 2. Curva da saída do secundário do TP de 69KV, entrada 104,9V.

TABELA III

No. de Série	S17188
Tipo	CVE 245/900/60
Tensão Nominal	Primária: 230 KV
Secundária:	115/67,08 V
Fabricante	HAEFELY
Relação de Transfor-mação	2000:1

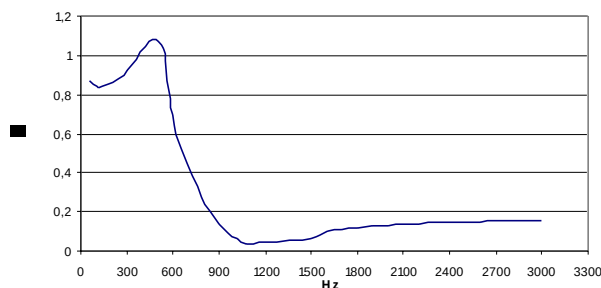


FIGURA 3. Curva da saída do secundário do DCP 230KV.

As medições realizadas nestes TP's apresentam distorções consideráveis, precisando sofrer ajustes específicos para cada frequência.

C. Condicionando o sinal para valores aceitáveis pelo ins-trumento de monitoração.

A Solução empregada visa utilizar um computador com uma placa de aquisição de sinais AD/DA Figura 4, que possui uma faixa de entrada máxima de 10 Volts, sabendo-se que a tensão de fornecimento no secundário do TP é de 115 Volts ou 115/ 3 (fenômeno monitorado), foi necessário confeccionar um sistema de condicionamento que não distorcesse o sinal entregue pelo TP e fornecesse um sinal compatível com a placa de aquisição de dados. A figura 5 mostra a placa desenvolvida,

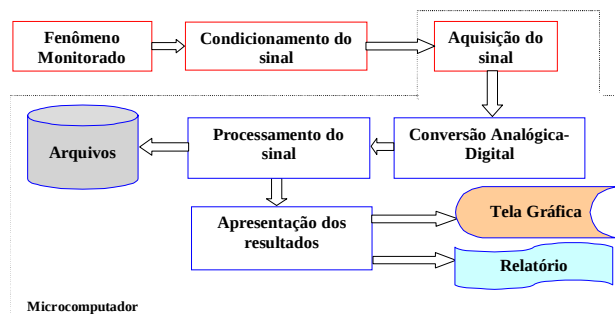


FIGURA 4. Visualização geral do sistema.



FIGURA 5. Placa de condicionamento do sistema.

D. Procedimentos e resultados da calibração realizado no instrumento.

A calibração foi realizada no Laboratório central da Eletronorte e foi utilizado um multicalibrador Fluke 5500 A e um multímetro digital Fluke 45, seguindo o seguinte esquema:

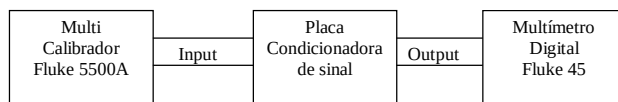


FIGURA 6. Esquema da montagem para calibração do condicionador.

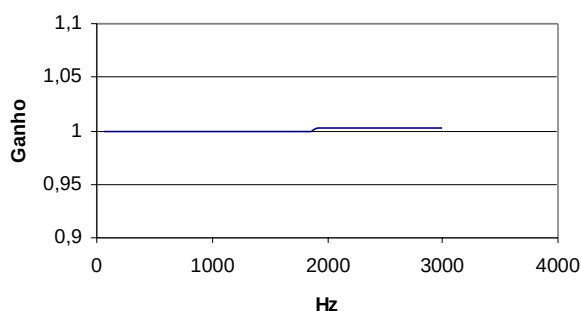


FIGURA 7. Ganho do condicionador de sinal, para uma entrada de 5Volts.

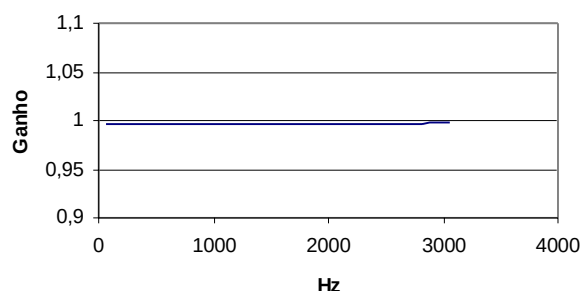


FIGURA 8. Ganho do condicionador de sinal, para uma entrada de 50m Volts.

E. Descrição do Programa Para Monitoração da Distorção Harmônica

O sinal adquirido pela placa Analógica/Digital é repassado para um módulo do programa que inicialmente calcula o espectro de potência e a amplitude da harmônica fundamental e tais valores são repassados para outro módulo que calcula a amplitude das harmônicas, que posteriormente, baseado na Equação 1, (calcula o percentual da DHT Distorção Harmônica Total).

$$\%DHT = \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_N^2}}{\sqrt{V_0^2 + V_1^2 + V_2^2 + \dots + V_N^2}} * 100 \quad (1)$$

A Figura 9, mostra a tela principal da Monitoração de Harmônicos onde pode ser observado um gráfico que mostra on-line as amplitudes das harmônicas, e indicadores dos valores de PICO e RMS das amplitudes das harmônicas, bem como do Percentual da Distorção Harmônica.



FIGURA 9. Figura Principal do Programa.

Na Figura 9 pode ser observado que deve ser configurado a quantidades de harmônicas monitoradas, onde foi estipulado como máximo a 51a harmônica, baseado na taxa de amostragem configurada na placa de aquisição. Outra informação que deve ser configurada é a frequência com que as informações são gravadas em banco de dados e em arquivo. Abaixo são mostrados gráficos montados a partir de um arquivo de excel.

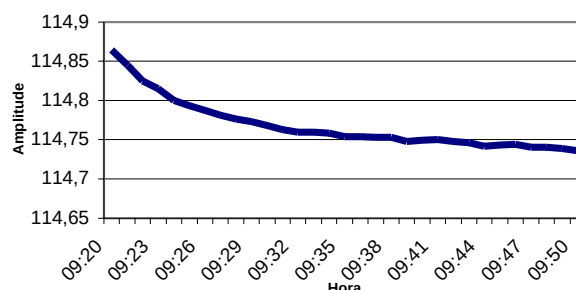


Figura 10. Amplitude da Harmônica Fundamental - offset = 0,0

A Figura 10 mostra o comportamento da harmônica fundamental para uma monitoração feita no dia 06/05/2003 de 09:20hs a 09:50hs na SE Guamá da Eletronorte em Belém-Pará, na Barra 1 de 230kV. A Figura 10 mostras da segunda até a décima harmônica, a separação foi necessária para poder utilizar escalas diferentes e poder mostrar melhor o comportamento de cada harmônica.

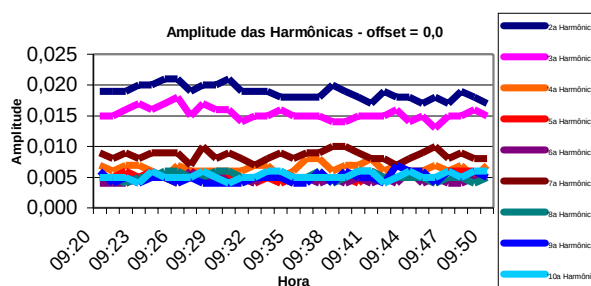


Figura 11. Amplitude da Harmônica Fundamental - offset = 0,0

Por motivos visuais, é apresentado no gráfico da Figura 11 os harmônicos até a décima ordem, no entanto, a monitoração é feita até a 50a harmônica.

A Figura 12 mostra os valores do percentual da distorção harmônica total da SE Guamá - barra 1.

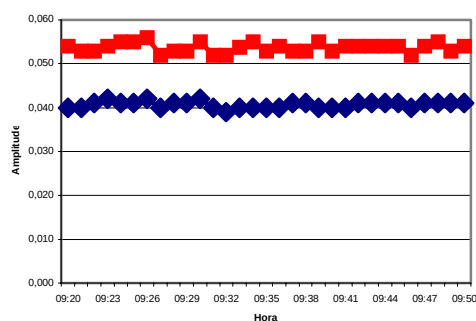


Figura 12. % da Distorção Harmônica Total

III. CONCLUSÃO

Por motivos alheios aos pesquisadores este trabalho ainda não foi concluído, faltando que sejam incorporados módulos adicionais no Programa de Monitoração de Harmônicos, previstos para o final de outubro de 2003. No entanto, no ponto onde se encontra o projeto foi observado a viabilidade da implantação do instrumento em campo, sendo ressaltado os cuidados que se deve ter ao instalar um sistema de monitoração desta natureza no que diz respeito ao sistema de condicionamento de sinais.

IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Periódicos:

- [1] Bitter, Rick - LabView - Advanced Programing Techniques, 2001.
- [2] Measurements Manual National Instrument - Labview, 2000.
- [3] User Manual, labview - National Instrument, 1998.
- [4] Aplication Notes - <http://www.ni.com>.
- [5] SQL Toolkit for G Referência Manual, National Instrument, 1997.
- [6] Maymire, Ricardo - Aprenda SQL em 21 dias - Microsoft SQL Server 7.0, Ed. Campos, 1999.
- [7] Bronzeado, H. S; Ramos, A. J. P.; Brandão, A.C.; Oliveira, J.C; "U-ma Proposta de Nomeclatura Nacional de Termos e Definições Asso-ciadas à Qualidade da Energia Elétrica" - SNBQE 96 Uberlândia jun/97.
- [8] Lima, A.G.G.; Ross, R.P.D; Sollero, R.B - Impactos da Qualidade da Energia no Novo Modelo do Setor Elétrico. Revista Eletricidade Moderna set/1999
- [9] Bronzeado, H.S; Schilling, M. Th; Aramgo, H. - "Voltage Quality Evaluation in Brazil Electric Power System" - VII Internacional Conference on Harmonics and Quality Power (ICHQP) oct / 1998
- [10] Pereira, Paulo Sergio - Uma Contribuição ao Monitoramento e Tratamento de dados da Qualidade de Energia - III Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica - SBQEE 1999.
- [11] Junior, Kleber Rodrigues - Monitoramento da Qualidade de Energia no Ponto de Acoplamento da Fazenda Eólica da Taíba - III Seminário Brasileiro sobre Qualidade da Energia Elétrica - SBQEE 1999.
- [12] Alerta Q.E. - Instrumento Para Monitorar Tensão, Frequência e Continuidade de Energia Elétrica; Revista Eletricidade Moderna, Setembro-2001.
- [13] Bezerra,UH; Garcez, J. N; Alves, R. N. C.; Castro, A. L.S.; Lima, W.J.F.; Castro, Adriana R.G; Maciel, J.H. M.; Moscoso, M. N.; Tenório, K.; Tupiassu, A.A.A.; Mesquita, J. E.; "Integrating a Power Quality Monitoring in Distribution Control Center". Porto. IEEE Porto Powertech, 2001.

Livros:

- [14] User's Guide - ACLS-DLL2 Software Driver Windows 3.11, Win-95, Win-NT - 1997.
- [15] User's Guide - ACL-8112PG Advanced Multi-function Data Acquisition Card - 1996.
- [16] Dugan, R.C.; Macgranaghan, M.F.; Beaty, H.W.; "Electrical Power Systems Quality"; 1ª Edição; Ed. McGraw-Hill; 1996.

Relatórios Técnicos:

- [17] Sobrinho, R. X; Melo, E. L., "Determinação de Resposta em Frequência de TP, TC e Divisores Capacitivos," VI Encontro Técnico sobre Ensaios e Manutenção de Sistemas de Medição e Instrumentos. Jun- 1987

Normas:

ITM-000.