



VI SBQEE

21 a 24 de agosto de 2005

Belém – Pará – Brasil



Código: BEL 13 7512

Tópico: Sistemas de Monitoramento e Tratamento de Dados

QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA: MONITORAÇÃO DE HARMÔNICOS NO SISTEMA DE TRANSMISSÃO DA ELETROSUL

ULISSES. R. R. MASSARO *

RUY L. MACHADO

ELETROSUL

ELETROSUL

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da energia elétrica fornecida pelo sistema de transmissão da ELETROSUL, sob o aspecto de harmônicos de tensão.

Como parte inicial deste projeto, foi realizada na subestação de Palhoça (localizada na região da Grande Florianópolis) a monitoração dos parâmetros de Distorção Harmônica Total (DHT) de tensão.

Como procedimento de monitoração utilizou-se um Registrador Digital de Perturbação (RDP), já instalado na subestação e, paralelamente um Registrador de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica (RQE). Com esta configuração foi possível utilizar o RQE (que possui uma frequência de varredura maior) para comparar/avaliar os dados obtidos pelo RDP, assim como, validar a representatividade das medidas registradas pelo mesmo.

PALAVRAS-CHAVE

Qualidade de Energia Elétrica, Harmônicos, Distorção Harmônica de Tensão, Registrador de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica Registrador Digital de Perturbação, Oscilógrafo, Qualimetria.

1.0 INTRODUÇÃO

Este trabalho constitui-se na primeira fase do projeto de avaliação da qualidade da energia elétrica fornecida pelo sistema de transmissão da ELETROSUL, onde deverão ser monitoradas distorções de harmônicos de tensão. Prevê-se a

utilização dos Registradores Digitais de Perturbação (RDP), instalados nas subestações da empresa, como ferramentas de aquisição de dados e o fornecimento de indicativos de superação de DHT. A partir dessas verificações, os índices deverão ser ratificados por monitorações adicionais realizadas a partir de Registradores de Parâmetros de Qualidade de Energia Elétrica (RQE).

Neste trabalho, são apresentados os resultados das monitorações de harmônicos de tensão nos barramentos de 230kV e 138kV, realizados na subestação de Palhoça. Esta fase "piloto" do projeto teve a duração de aproximadamente um mês. Os dados aquisitados pelo RDP, já instalado nesta subestação, foram comparados com os dados monitorados pelo RQE. Assim, foi possível determinar a qualidade das informações obtidas pelo RDP. Os dados de DHT de tensão, resultantes desta etapa, são apresentados e avaliados segundo a normatização vigente [1].

A validação do RDP como instrumento para a identificação de anormalidades configura-se no principal objetivo desta análise, pois permitirá a expansão do procedimento às demais subestações do sistema de transmissão da ELETROSUL. Desta forma, torna-se possível a determinação de estratégias necessárias para adequação da transmissão aos padrões de desempenho estabelecidos, no sentido de garantir a manutenção da qualidade da energia elétrica entregue à distribuidora [1].

2.0 METODOLOGIA UTILIZADA

Com relação à metodologia utilizada para a análise dos resultados (procedimento utilizado na subestação de Palhoça), as informações

registradas pelo RQE são disponibilizadas diretamente através da utilização do programa *REALPACK* da Reason, enquanto os dados do RDP são manipulados no programa EXCEL. Ambos visam determinar o índice de DHT – Distorção Harmônica Total [2 a 9] de tensão.

De acordo com [2 a 4], o período de avaliação a ser utilizado é de 7 dias consecutivos. O tipo de instrumento utilizado deve amostrar cada tensão harmônica em intervalos menores ou iguais a 3 segundos. Estas amostras são então tratadas a cada período de 10 minutos, de forma a obter o valor da distorção harmônica para o citado intervalo (de 10 minutos). O procedimento é executado para sucessivos intervalos de 24 horas até completar o período total de 7 dias.

O procedimento a ser empregado consiste em armazenar cada harmônico individual e DHT em intervalos de 10 em 10 minutos, para cada 24 horas (compreendidas entre 00:00 e 24:00hs), a partir da média quadrática dessas medidas, resultando em um total de 144 medidas/dia.

O maior dentre os valores rms (para cada fase) de distorção individual ou total encontrado ao longo de cada período de 24 horas, que não exceda 95% do tempo total de medição, é aquele a ser armazenado e definido como nível de distorção harmônica para o período total da armazenagem diária. Ao final de 7 dias de medições, 7 valores diários de informações sobre os níveis individuais e totais de distorções harmônicas serão obtidos. O valor a ser comparado com os níveis permitidos de compatibilidade para o período total de 7 dias, será aquele que corresponde ao maior nível dentre aqueles medidos diariamente.

3.0 EQUIPAMENTOS DE MONITORAÇÃO

3.1 Registrador digital de perturbação – RDP

Conforme [10] os oscilógrafos (RDP) apresentam as seguintes características básicas:

- Monitoram as atuações dos sistemas de proteção e detecção de falhas em equipamentos e linhas de transmissão;
- Normalmente monitoram um grande número de sinais analógicos referentes a vários circuitos;
- Realizam, relativamente, poucos cálculos sobre os sinais monitorados;
- São configurados para dispararem por “triggers” analógicos e digitais associados normalmente a defeitos no sistema elétrico;
- Geram registros oscilográficos com duração típica de alguns segundos;

- Devem utilizar uma sincronização temporal (normalmente GPS) que permita a análise conjunta de dados de diversos equipamentos;
- Geram normalmente um pequeno número de dados associados a cada evento;
- Os dados são lidos e analisados com uma filosofia voltada ao tratamento de eventos individuais;
- Normalmente são instalados em TPs e TCs que alimentam o sistema de proteção.

3.2 Registrador de parâmetros de qualidade de energia elétrica - RQE

Conforme [10] os RQEs apresentam as seguintes características básicas:

- Visam monitorar um conjunto de parâmetros cujo escopo é bem maior do que o RDP;
- Normalmente monitoram um único circuito (4 correntes e 4 tensões);
- Realizam muitos cálculos sobre os sinais monitorados;
- São configurados por uma série de “triggers” associados aos problemas de qualidade de energia elétrica (o que normalmente exclui os triggers digitais);
- Geram registros estatísticos de eventos aos quais podem estar associados a dados fasoriais (valores de módulo e ângulo medidos a cada ciclo) e também a dados oscilográficos;
- Geram registros históricos (medição contínua)
- A sincronização temporal não é tão relevante, embora necessária;
- Gravam normalmente um grande número de eventos, sendo grande a preocupação com estratégias que minimizem o volume de dados armazenados.
- Os dados são lidos e analisados com uma filosofia voltada para o tratamento estatístico dos eventos ocorridos em um certo período de tempo. Registros oscilográficos concomitantes com os eventos são disponibilizados para permitir uma melhor visualização dos fenômenos;
- Podem ser instalados em TPs e TCs que alimentam os sistemas de medição.

Com esta configuração foi possível utilizar o RQE (que possui uma frequência de varredura maior) para comparar/avaliar os dados obtidos pelo RDP, assim como, validar a representatividade das medidas adicionais registradas pelo mesmo [10, 11].

3.3 O uso de um RDP como RQE

Conforme [10, 11], alguns parâmetros de qualidade de energia elétrica, principalmente os associados às variações momentâneas de tensão e interrupções, podem ser facilmente registradas com o auxílio de um RDP. No entanto, o volume de dados armazenados é normalmente excessivo, tornando o tratamento dos mesmos muito trabalhoso, uma vez que muitas das etapas não são realizadas de forma automática.

A medição de fenômenos de natureza “quase-permanente” (harmônicos, por exemplo), pode ser realizada através de disparos de oscilografias em intervalos de tempos periódicos. Este tipo de registro, no entanto, além de gerar um grande volume de dados, normalmente não atende totalmente aos protocolos de medição usualmente empregados.

4.0 MONITORAÇÃO EM CAMPO

Os sinais de tensão monitorados na SE Palhoça foram obtidos a partir da configuração representada pela Figura 1.

Utilizou-se um RDP Reason Modelo RP IV-R2 e dois RQEs Reason Modelo II-R3. Através do RDP foram monitoradas as tensões e correntes nos circuitos de 230 kV e 138 kV desta subestação, por outro lado, os RQEs foram instalados para monitoração apenas das tensões nos barramentos de 230 kV e 138 kV. Estes monitoramentos foram realizados durante o período de cerca de 30 dias.

5.0 RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 1 apresenta os valores de DHT de tensão, obtidos ao longo do período de uma semana, resultantes das monitorações em

campo. Estes valores foram obtidos conforme a metodologia descrita no item 2.0. Os valores de DHT são apresentados para cada uma das fases

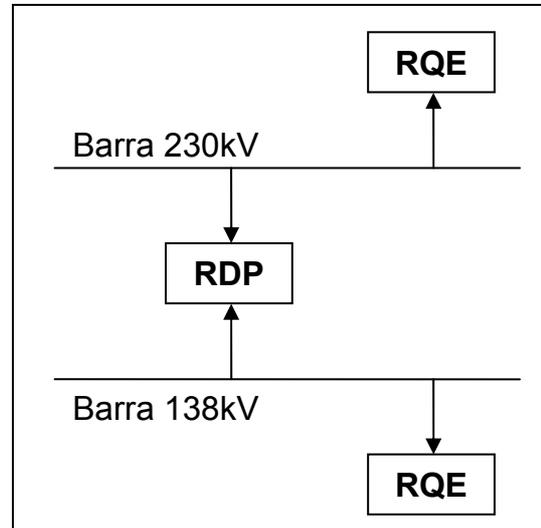


Figura 1 - Diagrama da configuração dos equipamentos utilizados na monitoração de campo

das tensões nos barramentos de 230 e 138 kV. Comparam-se os valores obtidos pelo RDP e pelo RQE apresentando-se o módulo da diferença entre os valores obtidos.

A título ilustrativo, na Tabela 2 são detalhados os valores de DHT das tensões harmônicas da fase C do barramento de 138 kV, que corresponde ao maior valor de Distorção Harmônica Total de Tensão (DHTT), conforme indicado na Tabela 1. Observa-se que os dados obtidos estão de acordo com os critérios definidos em [1].

Salienta-se que devido a problemas relacionados à calibração da fase A de 230 kV do RDP, estes

TABELA 1
Distorção Harmônica Total (DHT) de Tensão em % - Barramentos da Subestação Palhoça

Tensão	230 kV									138kV								
	A			B			C			A			B			C		
Equip.	RDP	RQE	Dif.	RDP	RQE	Dif.	RDP	RQE	Dif.	RDP	RQE	Dif.	RDP	RQE	Dif.	RDP	RQE	Dif.
1º dia	4,46	1,38	3,08	1,29	1,28	0,01	1,41	1,35	0,06	1,50	1,42	0,08	1,42	1,35	0,07	1,56	1,41	0,15
2º dia	4,44	1,39	3,05	1,33	1,32	0,01	1,42	1,36	0,06	1,50	1,44	0,06	1,46	1,40	0,06	1,58	1,43	0,15
3º dia	4,45	1,37	3,08	1,26	1,26	0,00	1,43	1,34	0,09	1,46	1,40	0,06	1,38	1,33	0,05	1,55	1,39	0,16
4º dia	4,46	1,43	3,03	1,37	1,34	0,03	1,45	1,40	0,05	1,52	1,45	0,07	1,46	1,39	0,07	1,57	1,43	0,14
5º dia	4,38	1,26	3,12	1,16	1,14	0,02	1,31	1,24	0,07	1,42	1,36	0,06	1,31	1,27	0,04	1,50	1,35	0,15
6º dia	4,42	1,42	3,00	1,35	1,32	0,03	1,46	1,40	0,06	1,54	1,46	0,08	1,48	1,41	0,07	1,61	1,45	0,16
7º dia	4,47	1,45	3,02	1,36	1,36	0,00	1,46	1,41	0,05	1,56	1,49	0,07	1,48	1,42	0,06	1,60	1,46	0,14
DHTT	4,47	1,45	3,02	1,37	1,36	0,01	1,46	1,41	0,05	1,56	1,49	0,07	1,48	1,42	0,06	1,61	1,46	0,15

TABELA 2
Detalhamento dos valores de DHT das tensões harmônicas da fase C do barramento de 138 kV

Procedimento de Rede do ONS - Submódulo 2.2				Monitorado pelo RDP			
V ≥ 69kV				V ≥ 69kV			
PARES		ÍMPARES		PARES		ÍMPARES	
ORDEM	VALOR(%)	ORDEM	VALOR(%)	ORDEM	VALOR(%)	ORDEM	VALOR(%)
2	1,0	3	2,0	2	0,16	3	0,70
4	1,0	5	2,0	4	0,07	5	1,43
6	1,0	7	2,0	6	0,04	7	0,61
8	0,5	9	1,5	8	0,05	9	0,07
10	0,5	11	1,5	10	0,03	11	0,21
12	0,5	13	1,5	12	0,02	13	0,05
14	0,5	15	1,0	14	0,03	15	0,04
16	0,5	17	1,0	16	0,03	17	0,04
18	0,5	19	1,0	18	0,04	19	0,04
20	0,5	21 a 25	1,0	20	0,04		
≥ 22	0,5	≥ 27	0,5				
DTHT = 3,0%				1,61%			

resultados (da fase A de 230 kV) tornam-se inapropriados para a validação do RDP. Portanto, estes dados são desconsiderados durante as análises.

6.0 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

6.1 Análise de DHT da subestação de Palhoça

Verifica-se que os índices de DHT de tensão obtidos para a subestação de Palhoça encontram-se dentro dos valores admissíveis apresentados em [1], para o período considerado.

6.2 Análise comparativa entre RDP e RQE

Para a finalidade proposta neste trabalho, constata-se pelos resultados mostrados na Tabela 1, que o RDP apresentou um desempenho satisfatório como ferramenta indicativa de superação de DHT, dadas às pequenas diferenças entre as medidas do RDP e do RQE.

Embora o RDP possibilite o fornecimento de indicativos de superação de DHT, deve-se destacar que, entre outros, a taxa de amostragem (4800 Hz) representa um fator limitante na precisão dos valores resultantes, o que não compromete a finalidade proposta acima.

7.0 CONCLUSÕES

Foram apresentados os resultados de monitoração de harmônicos de tensão na subestação de Palhoça para o período de uma semana, provenientes das medições utilizando-se o RDP existente e o RQE, constatando-se a não violação dos valores admissíveis apresentados em [1].

Além disso, os resultados obtidos demonstram a possibilidade de utilização do RDP como ferramenta indicativa de superação de DHT. Desta forma, os RDPs serão utilizados na campanha de monitoração de harmônicos a ser realizada em todas as subestações da ELETROSUL, de modo a obter um perfil do desempenho da rede, e possibilitar que ações adequadas sejam tomadas a fim de assegurar a qualidade da energia elétrica disponibilizada pela empresa.

Os dados informados pelos RDPs serão utilizados para indicar pontos críticos do sistema. Para estes casos será procedida a monitoração com a instalação de RQEs no campo, evitando-se assim que estes equipamentos tenham que ser deslocados a cada uma das subestações.

Esta campanha será realizada ao longo do ano em curso, e num médio prazo, deverá servir como base para o acompanhamento periódico/sazonal.

8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. *Procedimentos de Rede: Sub-Módulo 2.2 - Padrões de Desempenho da Rede Básica*. Rio de Janeiro, 2002.
- [2] NORMA NRS 048-1:1996 - *Electricity Supply – Quality of Supply – Part 1: Overview of Implementation of Standards and Procedures*. Novembro/1996.
- [3] NORMA NRS 048-2:1996 - *Electricity Supply – Quality of Supply – Part 2 Overview of Minimum Standards and Procedures*. Novembro/1996.
- [4] NORMA NRS 048-3:1998 - *Electricity Supply – Quality of Supply – Part 3 Procedures for Measurement and Reporting*. Novembro/1998.
- [5] GRUPO COORDENADOR PARA OPERAÇÃO INTERLIGADA - GCOI. *Critérios e Procedimentos para o Atendimento a Consumidores com Cargas Especiais - Regiões N/NE/S/SE*. rev. 1. Novembro/1997.
- [6] NORMA IEC 1000-3-6. *Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 3: Limits - Section 6: Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems - Basic Publication*. 1a ed, 1996-10.
- [7] NORMA IEC 1000-4-7. *Electromagnetic compatibility (EMC) - Testing and measurements techniques - Section 7: General guide on harmonics and inter-harmonics measurements and instrumentation, for power supply systems and equipment connected thereto*. 1a ed, 1991-07.
- [8] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. *Harmônicos e Desequilíbrios nas Redes Elétricas - Protocolos de Medição*. Universidade Federal de Uberlândia, julho/2000.
- [9] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. *Harmônicos e Desequilíbrios nas Redes Elétricas - Instrumentos de Medição*. Universidade Federal de Uberlândia, julho/2000.
- [10] ULIANA, P. B.; BRONZEADO, H. S. *Proteção, Medição e Controle em Sistemas de Potência - Monitoração da Qualidade da Energia Elétrica em Sistemas de Potência - Discussão e Filosofias*. XVI SNTPEE. Out. 2001.
- [11] ULIANA, P. B.; OLIVEIRA, J. P. *Comparação Funcional entre Registradores de Parâmetros de Qualidade da Energia Elétrica (RQE) e Registradores Digitais de Perturbações (RDP)*. Reason Tecnologia SA.

