

Avaliação Metrológica de Analisadores de Qualidade de Energia

Metrological Assessment of Energy Quality Analyzers

R R N Zampilis, M B Martins

Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.

E-mail: rrzampilis@inmetro.gov.br

Resumo: Neste trabalho foi realizada uma avaliação metrológica de dois analisadores de qualidade de energia elétrica utilizando uma das aplicações do sistema de referência de amostragem digital para medições de harmônicos desenvolvido pelo Inmetro [4]. Foram realizadas comparações simultâneas entre o sistema de referência e dois analisadores de qualidade de energia elétrica utilizando a forma de onda da corrente de uma Lâmpada LED.

Palavras-chave: Metrologia, Comparação, Distorção Harmônica Total, Qualidade da Energia Elétrica.

Abstract: In this work, a metrological assesement of two electric power quality analyzers was performed using one of the applications of the digital sampling reference system for harmonic measurements developed by Inmetro. Simultaneous comparisons were made between the reference system and two power quality analyzers using the waveform of a real charge (LED lamp).

Keywords: Metrology, Comparison, Total Harmonic Distortion, Electric Power Quality

1. INTRODUÇÃO

Para que uma medida seja confiável é necessário realizá-la em um instrumento previamente calibrado por um padrão de referência. No caso dos distúrbios que afetam a Qualidade da Energia Elétrica, raramente essa condição é satisfeita visto que são poucos os laboratórios de calibração no mundo que fazem a calibração desses parâmetros de Qualidade de

Energia. O Laboratório de Metrologia em Energia Elétrica (Lamel), vinculado à Divisão de Eletricidade do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) tem realizado pesquisa e desenvolvimento de novas técnicas de medição, dentre as quais pode se destacar o estudo de medição de potência e energia na presença de harmônicos.

No Brasil, para a calibração de medidores de Distorção Harmônica Total (THD) de Corrente e Tensão, o Inmetro desenvolveu um sistema de medição de referência em regime não senoidal (Figura 1):

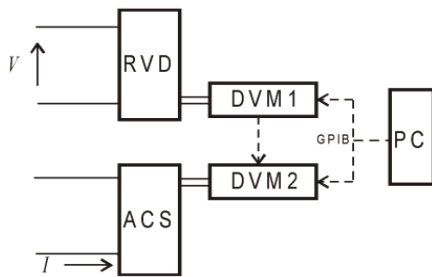


Figura 1 – Layout do Circuito de Medição do Sistema de Referência de Medição de THD

No modo de amostragem assíncrona os dois multímetros digitais, DVM1 e DVM2 trabalham em uma relação mestre-escravo. DVM1, como mestre, assume o papel do voltímetro, enquanto DVM2, como o escravo, o amperímetro. Um divisor de tensão resistivo (RVD) é utilizado, facilitando medições até 600 volts. Para a medição da corrente, até 100 amperes um shunt de corrente (ACS) é usado [3].

Um Algoritmo que utiliza DFT (Transformada Discreta de Fourier) modificada realiza medições de sinais de tensão e corrente, bem como calcula o defasamento angular entre estes dois sinais e posteriormente calcula a potência elétrica [4].

Nesse algoritmo, a partir de um bloco de amostras a componente harmônica de ordem i de tensão, por exemplo, pode ser calculada através das seguintes equações básicas:

$$V_{si} = \frac{1}{N_s} \sum_{n=0}^{N_s-1} m_n \sin\left(\frac{2\pi}{T} in\right) \quad (1)$$

$$V_{ci} = \frac{1}{N_s} \sum_{n=0}^{N_s-1} m_n \cos\left(\frac{2\pi}{T} in\right) \quad (2)$$

$$V_o = \frac{1}{N_s} \sum_{n=0}^{N-1} m_n \quad (3)$$

Onde N_s é o número de amostras de valor m_n e V_{ci} é o valor eficaz do i -ésimo componente cosenoidal, enquanto V_{si} o valor máximo do i -ésimo componente senoidal e V_o pode ser interpretado como a componente de tensão contínua da tensão analisada.

Este modelo de componentes é válido enquanto a frequência do harmônico satisfaz a condição de Nyquist, isto é, a frequência máxima (a ordem máxima dos harmônicos) é:

$$f_{i_max} \leq \frac{f_a}{2} \quad (4)$$

Onde f_a é a frequência de amostragem. No caso de sinais que tem harmônicos de ordem alta isto é uma limitação na análise e pode introduzir erros. Um bom exemplo é a medição de uma tensão que tem forma de onda retangular. Como esta onda tem harmônicos até a ordem infinita, é possível medir corretamente essa onda pelo método de amostragem, exigindo o uso de metodologias de amostragem mais complexas, ou seja, setups diferenciados.

2. CALIBRAÇÃO SIMULTÂNEA DE ANALISADORES DE QUALIDADE DE ENERGIA NO SISTEMA DE REFERÊNCIA

Para quantificar o conteúdo harmônico com rastreabilidade metrológica é necessário que o instrumento seja calibrado em situação de excitação similar às formas de onda que se deseja medir. Nesse trabalho, a forma de onda da corrente a ser medida foi definida através de uma carga (lâmpada LED), que foi introduzida em paralelo entre o Gerador de Harmônico (Nessa

aplicação foi utilizado apenas como uma fonte senoidal) e os medidores sob teste, conforme a Figura 2.

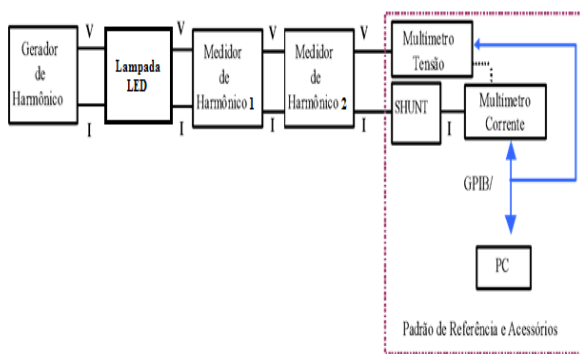


Figura 2 – Diagrama esquemático da calibração simultânea de 2 medidores de harmônicos.

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- **Gerador de Harmônico** – Para calibração em THD no cotidiano do Lamel, este gerador é utilizado para simular a forma de onda de tensão ou corrente a ser calibrada, porém, como a forma de onda da corrente foi definida pela lâmpada led, o mesmo foi utilizado apenas como fonte de tensão senoidal necessária para isolar o circuito de medição da rede elétrica. Caso fosse utilizada a rede elétrica diretamente, a medição em questão poderia ter sido comprometida.

-**Medidor de Harmônico 1** – Segundo o fabricante, para avaliação harmônica, o medidor 1 exibe diferentes valores de exatidão de medição harmônica dependendo da sua ordem. Sendo assim do 1° ao 31° harmônico a especificação do fabricante diz +/- (3% + 2 contagens). Já do 32° ao 50° harmônico é +/- (15% + 5 contagens).

-**Medidor de Harmônico 2** – Segundo o fabricante, para avaliação harmônica, o medidor 2 também exibe diferentes especificações de medição harmônica dependendo da sua ordem. Sendo assim, do 1° ao 23° harmônico a

especificação do fabricante é de +/- 0,03% e do 24° ao 64° harmônico é de +/- 0,075%.

As características dos demais equipamentos que compõem o padrão de referência e seus acessórios já foram apresentadas na Introdução deste trabalho.

4. RESULTADOS DA CALIBRAÇÃO

O medidor 1 possui um alicate amperímetro na faixa de 1 A a 500 A. Para corrente em torno de 200 mA, aumentou-se o número de voltas em torno do clamp para atingir um valor dentro da faixa de medição do mesmo. O valor RMS da corrente foi de 1,16 A, resultado de 6 voltas no clamp, o que significa um valor RMS aproximado de 0,193 A. Para compararmos os dois analisadores nas condições mais semelhantes possíveis, mediu-se a corrente no início de escala.

As Figuras 3, 4 e 5 exibem o conteúdo de alguns harmônicos de corrente dos medidores 1 e 2 e do sistema de referência. Já a figura 6 exibe os erros associados aos 2 medidores em relação ao sistema de referência.

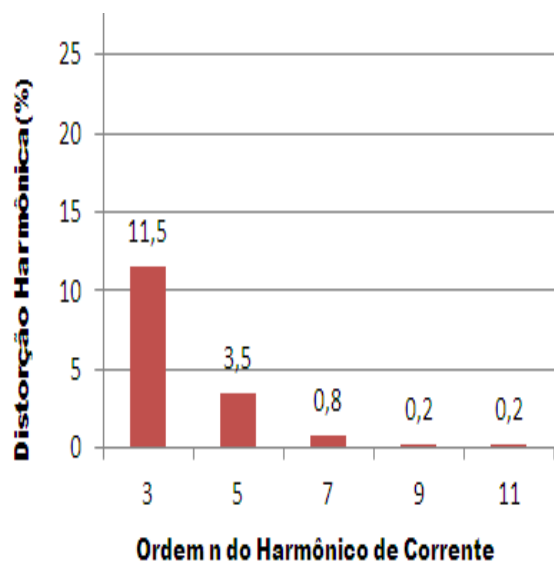


Figura 3 – Resultado de medição (Medidor de Harmônico 1)

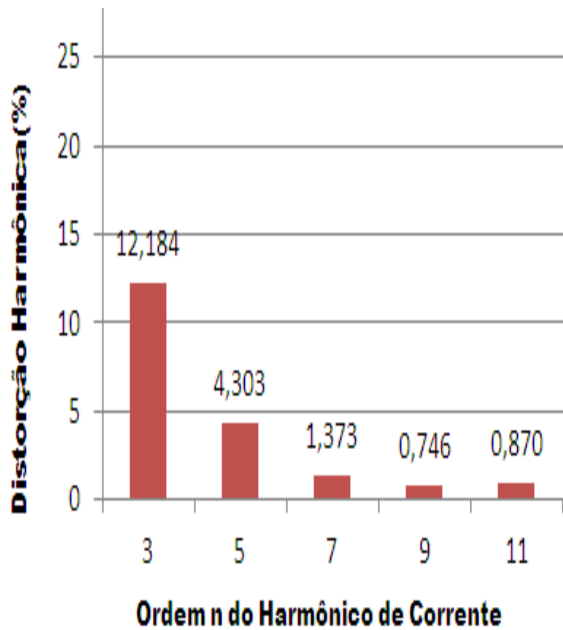


Figura 4 – Resultado de medição (Medidor de Harmônico 2)

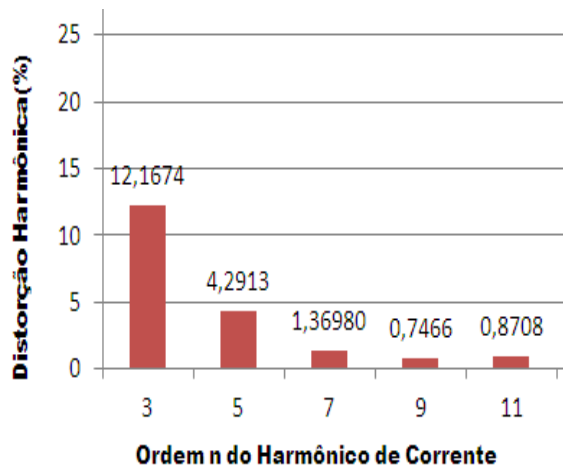


Figura 5 – Resultado de medição (Sistema de Referência de Harmônicos)

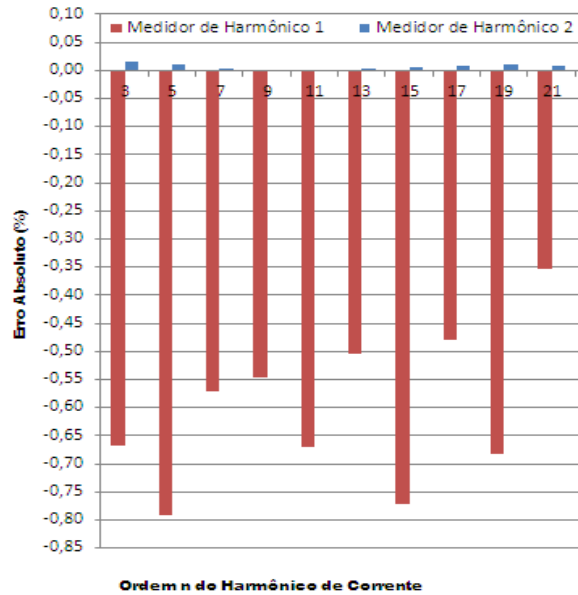


Figura 6 – Erros absolutos dos medidores

Como resultado da calibração temos um menor erro do Medidor de Harmônico 2 comparando o valor de cada harmônico de corrente com o Sistema de Referência. Avaliando os limites apresentados pelos fabricantes, o Medidor de Harmônico 1 apresentou resultados com uma diferença maior em relação a especificação do manual já que o erro máximo foi de aproximadamente -0,8 % e do Medidor de Harmônico 2 foi de aproximadamente 0,02% entre o 3° e 17° harmônico de corrente conforme figura 6.

5. CONCLUSÃO

Nesta avaliação é possível observar um erro significativo nas amplitudes de todos os harmônicos de corrente avaliados conforme figura 6, principalmente no harmônico de 3ª ordem o qual é de extrema importância em instalações elétricas. Todos os resultados estão dentro da especificação do fabricante, porém foi possível demonstrar a importância de uma calibração mais detalhada de analisadores de qualidade de energia com relação aos

harmônicos, garantindo assim, maior confiabilidade nas medições não se baseando apenas em especificações de manuais de fabricantes, mas em resultados provenientes de calibrações com rastreabilidade metrológica.

6. REFERÊNCIAS

[1] Franco, A. M. R.; Debatin, R. M; Toth, E. A Power Measurement System Under Non-Sinusoidal Loads. In: 6th IMEKO TC4 Symposium and 13th Workshop on ADC Modelling and Testing, 2008, Florence

[2] R. Arsenau, Y. Baghzouz, et. al., “Practical Definitions for Powers in Systems with Nonsinusoidal Waveforms and Unbalanced Loads: A Discussion”, IEEE Trans. On Power Delivery, vol. 11, No. 1, January 1996.

[3] A. M. R. Franco, E. Tóth, R. M. Debatin, “Influência dos harmônicos na medição da potência” 5o Seminário Internacional de Metrologia Elétrica, Rio de Janeiro 2000.

[4] A. M. R. Franco Desenvolvimento de um Analisador de Potência. Dissertação de Mestrado, PUC-RJ, fevereiro de 2001.