

Aplicação de técnicas de amostragem digital na calibração de sinais periódicos na frequência de rede

Application of digital sampling techniques in the calibration of periodic signals in the line frequency

A M R Franco, R M Debatin, M B Martins

Inmetro- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

E-mail: amfranco@inmetro.gov.br

Resumo: Este artigo descreve sistemas de medição desenvolvidos pelo Laboratório de Metrologia em Energia Elétrica, que ao longo dos anos vem se mostrando consistente, permitindo alterações para se adequar a diferentes fins. No princípio, o objetivo visou a medição de uma forma de onda de tensão. Foi identificado que a ferramenta mais adequada para essa medição seria a aplicação do método de amostragem. Em seguida, o sistema foi atualizado para medir duas formas de onda sincronizadas. Após isso, medir as unidades de potência, energia e outras. Este trabalho irá mostrar a evolução deste sistema, os diferentes arranjos e seus usos.

Palavras-chave: Amostragem digital; tensão; corrente; potência; harmônicos.

Abstract: This paper gives an account on a system developed by the Power and Energy Laboratory of INMETRO, which over the years has been showing to be consistent, allowing changes to suit to different purposes. The beginning of the development was to comply with a single waveform measurement using digital sampling, then the system was upgraded to measure two waveforms, synchronized, after this, measure the electrical power unit, energy and others units. This work will show the evolution of this system, the different arrangements and their uses.

Keywords: Digital sampling; voltage; current; power; harmonics+.

1. INTRODUÇÃO

Para determinar o valor de pico em uma onda de tensão o Lamel desenvolveu um osciloscópio virtual de alta precisão para medir o valor da tensão de pico, utilizando um multímetro digital Agilent 3458A[1]. Um programa interativo foi desenvolvido em linguagem C, no ambiente de LabWindows CVI, que apresenta várias

vantagens para a implementação de sistemas e para a automação de equipamentos.

Devido ao excelente desempenho obtido com o osciloscópio virtual, em uma segunda vez, foi desenvolvido um analisador de potência [2], para fazer a medição da potência ativa, reativa e aparente, com sinais senoidais. Neste caso, foram usados dois multímetros, onde um faz a medição

da forma de onda de tensão e o outro a medição da forma de onda de corrente. Neste ponto, o sistema aceita diferentes arranjos para fornecer calibração de alta exatidão de medidores de energia elétrica e de pontes de Transformador de Potencial [3].

No terceiro passo, o programa analisador de potência recebeu novas rotinas para medir a potência ativa com sinais não senoidais [4], que permite mostrar a distorção de cada componente harmônica dos sinais de tensão e corrente até a 64ª ordem. Usando novos arranjos, o sistema pode fazer ensaios com sinais distorcidos em medidores de energia elétrica e ensaio em lâmpadas compactas e Led [5].

Ao longo deste trabalho serão mostrados detalhes do sistema e suas aplicações.

2. BASE TEÓRICA E ALGORÍTMOS

Como uma exigência básica da técnica aplicada, o produto de tempo da amostra, T_s , e o número de amostras, N_s deve ser igual a um número inteiro de períodos de:

$$N_s \cdot T_s = c \cdot T \quad (1)$$

Onde c é o número de ciclos e T é o período de tempo.

O algoritmo otimiza os parâmetros de amostragem baseados na frequência fundamental e satisfaz o critério de Nyquist.

Para medição de sinais não senoidais um algoritmo DFT foi aplicado, onde a partir de um bloco de amostras a componente harmônica de ordem i , por exemplo, de uma onda de tensão, pode ser calculada a partir das seguintes equações básicas:

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

$$V_{si} = \frac{1}{N_s} \sum_{n=0}^{N_s-1} m_n \sin\left(\frac{2\pi}{T} in\right) \quad (3)$$

E a componente de tensão DC:

$$V_o = \frac{1}{N_s} \sum_{n=0}^{N_s-1} m_n \quad (4)$$

Para calcular o valor absoluto e o ângulo de fase uma conversão de retangular para polar é utilizada para cada componente.

3. APLICAÇÕES

A figura 1 mostra simplificadamente a configuração do sistema de medição.

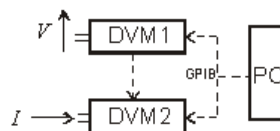


Figura 1: Configuração básica do sistema de medição.

Os multímetros digitais (DVM - Agilent 3458A) são usados para digitalização das ondas de tensão e tensão proporcional a corrente, na configuração de tensão DC (modo DCV). A sincronização da leitura das amostras é feita através de uma conexão entre a saída de pulsos de um multímetro e entrada de trigger externo do outro. Quando o multímetro que mede a tensão captura uma amostra, emite um pulso, forçando o outro multímetro que mede a corrente a retirar uma amostra ao mesmo tempo, numa relação "mestre-escravo". Ambos são controlados por um computador pessoal (PC).

3.1. Medidores de Potência e Energia

A Figura 2 mostra o diagrama do sistema de medição de potência e energia ativa, reativa e aparente.

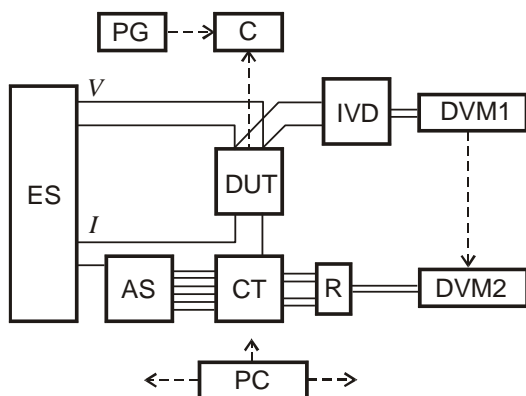


Figura 2: Configuração do sistema de medição de potência e energia.

Onde ES é a fonte de alimentação programável. DUT é o dispositivo sob teste, que pode ser tanto um medidor de potência como um medidor de energia elétrica. A tensão aplicada é reduzida por um divisor indutivo de tensão, IVD, para um valor na faixa de 6 V, para que a amostragem da tensão realizada pelo voltímetro digital DVM1, um Agilent 3458A, seja na faixa de 10 V. O divisor IDV programável, possui quatro faixas de tensão: 60 V – 120 V – 240 V e 600 V. CT é um transformador de corrente passivo de dois estágios, cuja faixa de corrente no secundário é de 100 mA. R é um par de resistores padrão de 10 ohms, fornecendo como saída a tensão de 1V. A tensão de saída dos resistores, proporcional a corrente, é amostrada pelo multímetro digital DVM2, outro Agilent 3458A. Os dois multímetros digitais trabalham numa relação de mestre-escravo. AS é uma chave automatizada para trocar as faixas de corrente do CT automaticamente. Quando medidores de watt-hora são calibrados, um gerador de pulsos PG de alta precisão é aplicado como referência da base de tempo. C é um contador programável, para contar o número de pulsos emitidos por PG e DUT. O controle dos equipamentos é feito tanto pela interface IEEE 488.2 ou pela interface RS 232, conforme a disponibilidade do dispositivo.

3.2. Calibração de ponte de transformadores de tensão

Dois sinais de tensão com valores RMS predefinidos e diferença de fase entre eles são gerados por uma fonte de potência, modelo 6100A da Fluke. Estes sinais são avaliados pelo Sistema de Calibração de PTTT (Ponte de Teste de Transformador de Tensão).

Os sinais de tensão (V_1 e V_2) gerados simulam as tensões secundárias, tanto do transformador de tensão, TT, de referência quanto do TT sob teste e são aplicados às entradas N e X das PTTT, respectivamente. Esses sinais são paralelamente conduzidos aos divisores de tensão, cujas saídas estão conectadas aos multímetros que realizam a amostragem digital. A sincronização da amostragem do sinal nos multímetros é conforme descrito no item 3.

A figura 4 mostra os componentes e as ligações do Sistema de Calibração de PTTT.

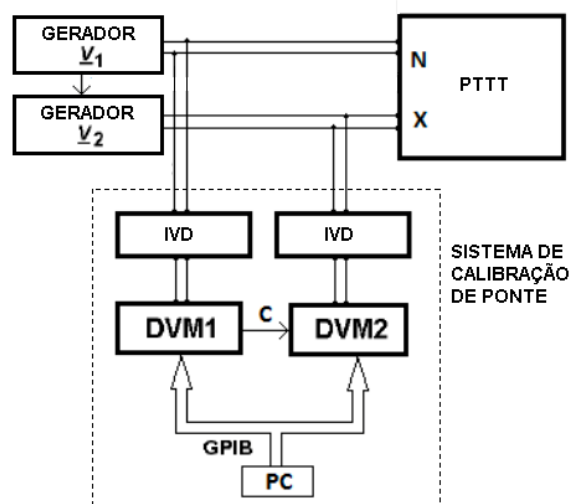


Figura 4. Sistema de Calibração de PTTT

3.3. Ensaios em lâmpadas compactas e de LED

Para atendimento a medição de cargas não lineares como as lâmpadas compacta e de Led, mais uma vez, o sistema foi adaptado para atender às necessidades da sociedade brasileira. A Figura 5 mostra um diagrama da configuração

do sistema de medição para executar o teste de lâmpadas.

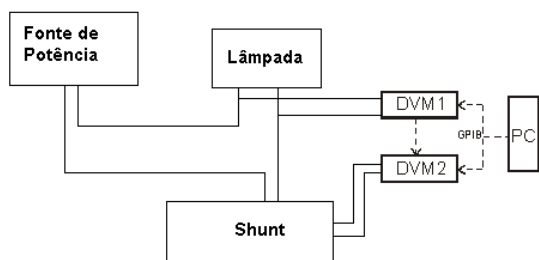


Figura 5. Diagrama de ligação para os ensaios em lâmpadas compactas e de Led.

3.4. Ensaio de tipo em medidores de energia

Um dos testes descritos na norma brasileira visando a aprovação modelo, é o "Teste de influência do componente DC no circuito de corrente". Para fazer este teste o laboratório utiliza a configuração mostrada na Figura 6.

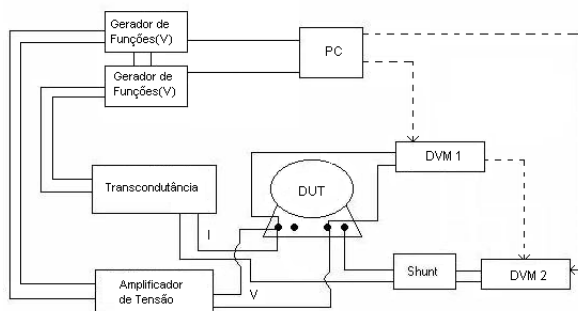


Figura 6. Diagrama de ligação para o ensaio de influência da componente DC no circuito de corrente.

4. CONCLUSÃO

Um aplicativo para computador foi desenvolvido para realizar medições de sinais de tensão e corrente, bem como calcular o defasamento entre estes dois sinais e posteriormente calcular a potência elétrica [3] fazendo uso da técnica de amostragem digital através de dois multímetros comerciais (Agilent 3458A). O valor da tensão é

medido diretamente e o valor da corrente é medido através de um shunt de corrente.

Outras vantagens das aplicações discretas resultam da facilidade em resolver os problemas de instabilidade, de implementação de algoritmos adaptativos, de utilização de códigos de detecção e correção de erros, de transmissão e armazenamento.

Em um período relativamente curto de tempo, fazendo uso da técnica de amostragem digital através de dois multímetros, o Laboratório desenvolveu programas e arranjos diferentes para calibração e ensaios, para atender às exigências do país, em maior precisão e eficiência.

5. REFERÊNCIAS

- [1] A.M.R. Franco, *et. al*, "Osciloscópio virtual de alta exatidão ", III Metrosul - Congresso Internacional de Metrologia, 2002, Curitiba, 2002.
- [2] A. M R. Franco, E. Tóth, R. M. Debatin, R. Prada, "Development of a power analyzer", 11th IMEKO TC-4 Symposium on Trends In Electrical Measurements and Instrumentation" pp. 168-172, Lisbon 2001.
- [3] A.M.R. Franco, *et. al*, "Instrument Transformer Test Set Calibration using Digital Sampling", Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM), 2012, Page(s): 290 – 291.
- [4] A.M.R. Franco, E.Tóth, R.M.Debatin, "A power measurement system under non-sinusoidal loads", In: 6th IMEKO TC4 Symposium, Florence, 2008.
- [5] A.M.R. Franco, *et. al* "Distorções Harmônicas na Forma de Onda de Corrente de Lâmpadas LED (lighting emitting diode)", X Semetro, in 2013, Argentina.