



A medição da energia elétrica ativa em condições distorcidas

O Brasil possui mais de 80 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica conectadas diretamente às redes de baixa tensão das distribuidoras. Para cada uma dessas instalações existe um medidor, eletromecânico ou eletrônico, através do qual são quantificados os montantes mensais de energia elétrica (em kWh) visando o seu efetivo faturamento. Ao mesmo tempo, sabe-se que as redes elétricas em todo o mundo apresentam níveis variáveis de distorção harmônica de tensão e corrente em decorrência da grande inserção de cargas não-lineares, cuja incidência é proporcional ao avanço tecnológico verificado em cada tipo de equipamento. Nesse contexto, como os diferentes medidores de energia elétrica se comportam em condições de tensão e corrente distorcidas? Em outras palavras, os erros máximos permissíveis para esses medidores são plenamente atendidos nessas condições?

Na tentativa de responder a essa e a outras perguntas sobre o assunto, o Laboratório de Distribuição de Energia Elétrica (LADEE) da Universidade Federal de Uberlândia vem desenvolvendo diversas pesquisas com o objetivo de qualificar e quantificar os desvios de medição em medidores de energia elétrica ativa em condições distorcidas, considerando-se as definições estabelecidas pela IEEE Std. 1459-2010 [1]. Os resultados obtidos

mostraram que, dependendo dos níveis de distorção harmônica de tensão e corrente, os desvios de medição podem ser superiores a 30% para determinados fabricantes e modelos de medidores. Cabe destacar ainda que os testes comumente realizados nesses medidores, pelos mais diversos laboratórios de calibração do país, não consideram essas condições específicas no processo de calibração desses equipamentos.

Os testes realizados pelo LADEE, apresentados a seguir, consideraram um total de nove medidores de faturamento de energia elétrica em baixa tensão de cinco diferentes fabricantes. A estrutura física para realização desses testes é relativamente simples, contemplando uma fonte programável de precisão, um leitor de pulsos de Led (para medidores eletrônicos) ou de mancha de disco (para medidores eletromecânicos), assim como um totalizador de pulsos, conforme mostrado na Figura 1.

Inicialmente, todos os nove medidores considerados foram testados considerando-se apenas sinais de tensão e corrente na frequência fundamental, com fator de potência unitário, conforme mostrado na Figura 2.

Os resultados apresentados na Figura 2(b), os quais expressam a relação absoluta entre os valores medidos e os respectivos valores teóricos, mostram, conforme

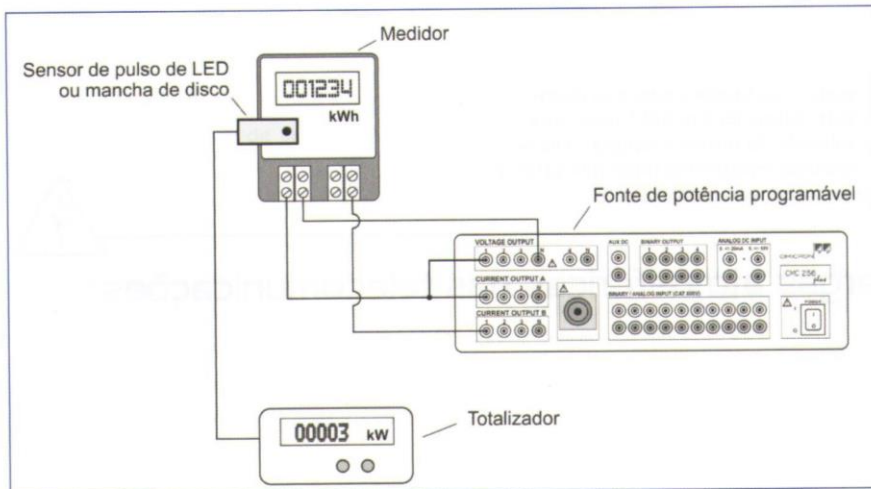


Figura 1 – Estrutura laboratorial para realização dos testes de calibração.

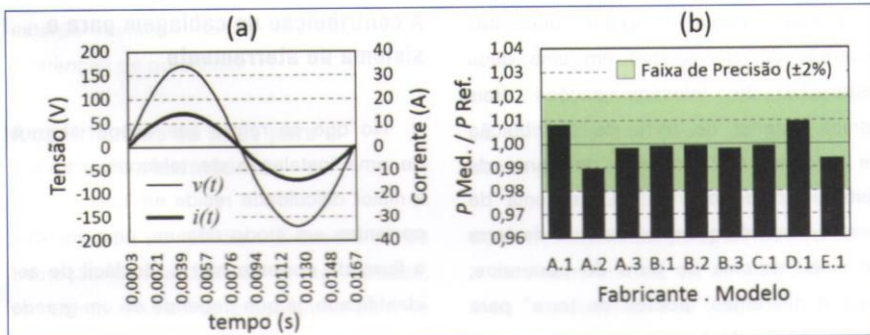


Figura 2 – Testes realizados considerando-se apenas tensão e corrente fundamental. (a) Sinais de tensão e corrente considerados e (b) resultados obtidos.

esperado, que todos os medidores apresentaram desempenho compatível com a classe de precisão dos mesmos (2%). Na mesma Figura 2(b), as letras no eixo horizontal indicam o fabricante e os números indicam os modelos dos medidores testados.

Ao todo, a equipe de pesquisadores do LADEE realizou mais de 40 testes

de calibração, considerando-se as mais variadas amplitudes e defasagens de tensões e correntes harmônicas. Contudo, no presente artigo, por questões de limitação de espaço, selecionou-se um teste específico, proposto por pesquisadores holandeses [2], o qual tem sido amplamente discutido e criticado pela comunidade científica internacional. Nesse trabalho, os

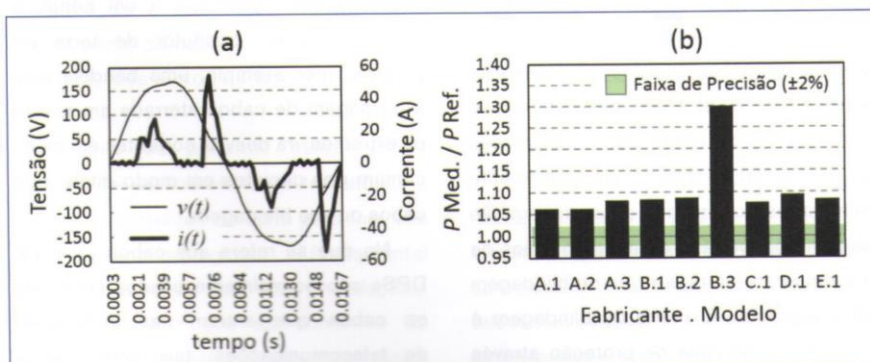


Figura 3 – Testes realizados considerando-se forma de onda de corrente compatível com uma mistura de diferentes tecnologias de iluminação. (a) Sinais de tensão e corrente considerados e (b) resultados obtidos.

pesquisadores holandeses mostraram que, quando da consideração de formas de onda de corrente compatíveis com uma mistura de diferentes tecnologias de iluminação, os desvios de medição entre diferentes medidores de energia elétrica ativa podem ser superiores a 500%. Os pesquisadores do LADEE reproduziram esses testes, cujos resultados são mostrados na Figura 3.

Como pode ser verificado na Figura 3(b), nenhum dos medidores testados apresentou desempenho compatível com sua classe de precisão e todos foram reprovados no teste. Ao mesmo tempo, verificou-se um desvio máximo de 30% entre os valores medidos e teóricos.

Apesar desses resultados estarem muito distantes dos desvios apresentados em [2], os testes realizados pelo LADEE confirmam a urgência de revisão de normas e a redefinição dos critérios de calibração de medidores no Brasil, de forma a se buscar uma maior isonomia na medição da energia elétrica para os diversos consumidores.

Referências

- [1] IEEE PES Power System Instr. and Meas. Comm. IEEE Standard: Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. IEEE Std. 1459-2010, February 2010.
- [2] Frank Leferink, Cees Keyer, Anton Melentjev. Static energy meter errors caused by conducted electromagnetic interference. IEEE Electromagnetic Compatibility Magazine, Volume 5, Issue 4, Fourth Quarter 2016.

* José Rubens Macedo Jr. é graduado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Uberlândia, com mestrado pela mesma instituição e doutorado em engenharia elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo. Desenvolveu seu pós-doutorado no Worcester Polytechnic Institute - WPI, Massachusetts, Estados Unidos. Atualmente, é professor da Faculdade de Engenharia Elétrica junto à Universidade Federal de Uberlândia (UFU).