

VALIDAÇÃO DA INCERTEZA ASSOCIADA A UM POTENCIÓMETRO DE JOSEPHSON PELO MÉTODO DE MONTE CARLO

Isabel Godinho¹, Luís Ribeiro¹, Álvaro Ribeiro², Mário Nunes³, Eduarda Filipe¹

¹Instituto Português da Qualidade, Rua António Gião, 2, 2829 - 513 Caparica
²Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700 - 066 Lisboa
³Consultor Científico

RESUMO

Actualmente, os sistemas experimentais de efeito Josephson e efeito Hall quântico no Instituto Português da Qualidade, possibilitam a materialização, a manutenção e a disseminação das unidades eléctricas.

O sistema experimental de efeito Hall quântico permite a definição nacional da unidade de resistência eléctrica através de constantes fundamentais, assegurando a rastreabilidade a nível primário materializada através de um padrão intrínseco e *universal*, baseado no valor convencionalmente aceite da constante de *von Klitzing*.

A implementação de um sistema potenciométrico de Josephson [1] tornou possível a medição de resistências-padrão tendo como referência valores quantificados de amostras de Hall permitindo a disseminação desta unidade com incertezas típicas da ordem de 10^{-8} . O modelo matemático correspondente à razão entre o valor quantificado de uma amostra de Hall e o valor de uma resistência-padrão convencional é dado por:

$$R_x = (R_H + \Delta R_H) \frac{\Delta V_x + \left(\frac{n_x \cdot f_x \cdot h}{2e} \right)}{\Delta V_H + \left(\frac{n_H \cdot f_H \cdot h}{2e} \right)} - \Delta R_x$$

sendo: R_x – resistência-padrão a calibrar;

R_H – resistência de Hall quantificada no patamar considerado;

ΔR_H – correcção devida à imperfeição da quantificação do patamar;

$\Delta V_H, \Delta V_x$ – diferenças de potencial entre a tensão de Josephson e a tensão aos terminais de R_H ou R_x ;

f_H, f_x – frequência de microondas associada à obtenção do degrau de Josephson;

$V'_{JH} = \frac{n_H \cdot h}{2e} = \frac{f_H}{K_{J-90}} = \frac{f_H}{483\,597,9\,GHz \cdot V^{-1}}$ $V'_{Jx} = \frac{n_x \cdot h}{2e} = \frac{f_x}{K_{J-90}} = \frac{f_x}{483\,597,9\,GHz \cdot V^{-1}}$ – tensão de Josephson.

Este sistema, baseado nos efeitos quânticos de Josephson e Hall, utiliza como *interface* de ligação um nanovoltímetro, cujo ganho, linearidade e erro de zero são previamente estimados através do efeito Josephson.

A metodologia utilizada para a estimativa da incerteza de medição tem sido baseada no documento *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – GUM* [2], expressa pela aplicação da lei de propagação de incerteza (LPI) e na caracterização da grandeza de saída por uma distribuição Normal (ou Gaussiana), avaliando, através de um modelo matemático, a incerteza-padrão associada à estimativa da grandeza de saída.

Tendo como objectivo a validação daquele modelo matemático foi aplicado o Método de Monte Carlo, descrito no suplemento 1 do GUM [3]. A análise comparativa dos valores de incerteza associados à grandeza de saída, permitiu concluir que:

- os valores de incerteza apresentam uma excelente concordância (da ordem de 1 parte em 10^9) considerando uma densidade de probabilidade de 95 %;
- os resultados obtidos permitem também evidenciar a adequabilidade da linguagem de programação utilizada (*MATLAB*).

REFERÊNCIAS

- [1] M. Isabel Godinho, "Implementação de um Sistema Experimental e Aplicação Metroológica para a Materialização do Ohm e Calibração de Resistências-Padrão", Tese Doutoramento, Universidade de Lisboa, 2010.
- [2] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAP and OIML, "Evaluation of measurement data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 100, 2008.
- [3] BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAP and OIML, "Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement – Propagation of distributions using a Monte Carlo method", Joint Committee for Guides in Metrology, JCGM 101, 2008.