

Comparação Bilateral de Calibração de Medidores de Campo Magnético AC

Bilateral Comparison of AC Magnetic Field Meter Calibration

Ramon Valls Martins ¹, Diego Joriro Nazarre ¹, Fabrício Gonçalves Torres ¹,

Ademir Martins de França ², Marco Aurélio Soares ²

¹ IPT; ² Inmetro

E-mail: ramon@ipt.br

Resumo: A participação em uma comparação bilateral é uma alternativa eficaz para que um laboratório possa avaliar as características de desempenho de um método utilizado na medição de uma grandeza. O presente artigo tem a finalidade de apresentar os resultados de uma comparação bilateral para calibração de medidores de campo magnético AC realizada no período entre 18.05.2015 e 10.07.2015.

Palavras-chave: comparação interlaboratorial, calibração, magnetismo.

Abstract: Participation in a bilateral comparison is an effective alternative to a laboratory to evaluate the performance characteristics of a method used in measuring a quantity. This article aims to present the results of a bilateral comparison of AC magnetic field meter calibration performed during the period between 05.18.2015 and 07.10.2015.

Keywords: bilateral comparison, calibration, magnetism.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com [1], o uso de uma comparação interlaboratorial tem crescido vertiginosamente para uma diversidade de propósitos, tais como: avaliação de desempenho de um laboratório; meio para identificação de um problema que pode estar relacionado a um procedimento inadequado ou treinamento ineficaz; para avaliar a característica de desempenho de um método.

O Laboratório de Metrologia Elétrica do IPT, em parceria com o Laboratório de Magnetismo e Campo Elétrico e Magnético do Inmetro, realizou uma comparação bilateral para avaliar o desempenho do método utilizado na calibração

de medidores de campo magnético em corrente alternada (AC).

1.1 Rastreabilidade e métodos de calibração

No IPT a rastreabilidade magnética para intensidade de campo magnético (H) alternado parte da caracterização estática de bobinas geradoras com núcleo de ar. A constante da bobina (K), que relaciona a indução magnética (B) e a corrente aplicada (I) é dada por:

$$K = B/I \text{ e } B = \mu_0 H \quad (1)$$

A constante K depende apenas da geometria da bobina e pode ser obtida analiticamente usando como parâmetros as dimensões da bobina e o número de espiras, ou experimentalmente,

através da medição de B e I . Também devem ser considerados os efeitos da elevação da temperatura ambiente e autoaquecimento (geração de calor nos enrolamentos) que provocam dilatações térmicas diminuindo o valor de K .

O valor de K obtido estaticamente (K_{dc}) pode ser estendido para a geração de campo AC (K_{ac}) desde que efeitos característicos de altas frequências como capacitâncias dos enrolamentos, efeitos de proximidade e “skin” sejam desprezíveis [2]. A figura 1 mostra um exemplo de curva de resposta em frequência de bobina geradora. Nota-se que a frequência de ressonância está em torno de 80 kHz. Em 50 Hz ou 60 Hz o valor de K_{ac} é praticamente igual a K_{dc} . Após a determinação de K_{ac} , o artefato é posicionado no centro geométrico da bobina geradora, usada como padrão, sendo submetido ao campo desejado, obtido pelo ajuste da corrente AC.

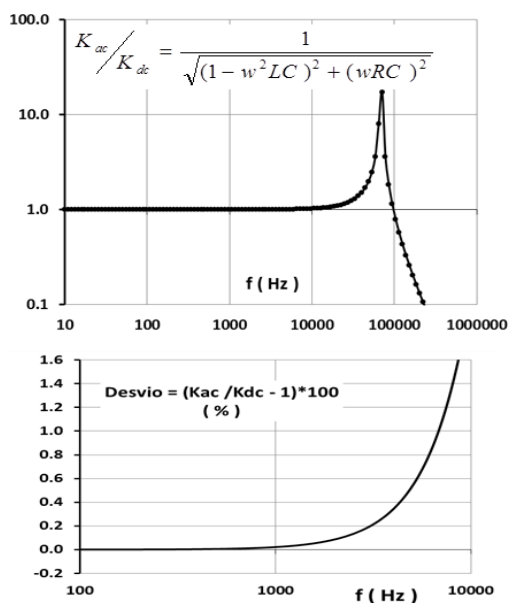


Figura 1. Alteração da constante da bobina K com a frequência.

No Inmetro, as calibrações de medidores de campo magnético, são realizadas através de um sistema de referência, denominado SIRCAM,

composto por: bobinas Helmholtz de geometria quadrada (para geração de campo uniforme); fonte de corrente com baixo ruído e baixa distorção excitada por gerador de sinal senoidal, resistores padrão; multímetro de 8 ½ dígitos e software de amostragem digital (figura 2).

A rastreabilidade de tensão e resistência elétrica é dada pelos laboratórios do próprio Inmetro, e a do campo magnético é referenciada aos padrões do National Measurement Institute – Austrália.

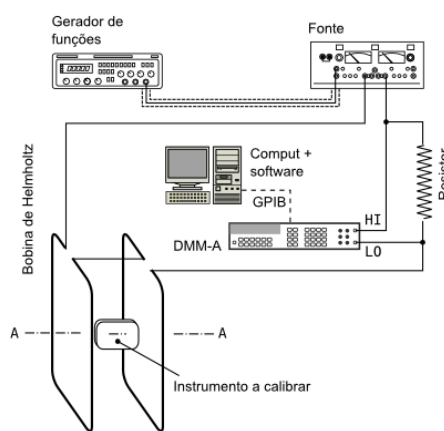


Figura 2 – Esquema básico para calibração de medidores de campo magnético no Inmetro.

2. DESCRIÇÃO DO ARTEFATO

O Programa de Comparação Bilateral (PCB) utilizou como artefato o Medidor de campo magnético AC, marca Enertech, modelo EMDEX II e série nº 3380.

O artefato utilizado possui uma faixa para medição de campo magnético de 0,1 mG a 3 G, na frequência entre 40 Hz e 800 Hz. Sua resolução é de 0,1 mG e sua acurácia típica é de até 2 % da leitura [3].

3. METODOLOGIA

O PCB abrangeu a medição de campo magnético AC nos pontos definidos na tabela 1.

Tabela 1. Pontos definidos para o PCB.

Frequência (Hz)	Valor definido (mG)
50	10
	37,7
	125,66
	377
	1 000
	3 000
60	10
	37,7
	125,66
	377
	1 000
	3 000

3.1. Configuração do artefato

Foi determinado que o artefato fosse calibrado no modo “survey” e na configuração “Yb”, que corresponde à medição de campo magnético do sensor Y na configuração “broadband”.

O artefato deveria ser posicionado de forma que o seu sensor do eixo Y ficasse com a mesma direção do campo magnético aplicado (H_Y) e numa região de intensidades constantes (campo homogêneo), conforme figura 3.

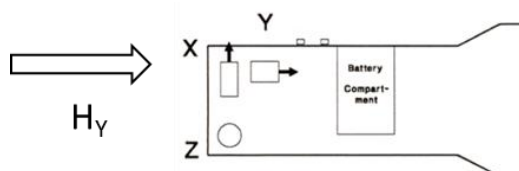


Figura 3. Posicionamento do artefato.

3.2. Determinação do Valor Designado e sua incerteza

O Valor Designado foi considerado como a média aritmética das medições realizadas por ambos os laboratórios participantes da intensidade do campo aplicado. A incerteza do Valor Designado foi determinada pela raiz do somatório quadrático das incertezas expandidas das medições declaradas pelos laboratórios participantes, e da incerteza devido à instabilidade do artefato.

A incerteza expandida de medição de cada laboratório foi declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k , o qual para uma distribuição t com v_{eff} graus de liberdade efetivos corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02 [4]. A tabela 2 apresenta os resultados obtidos para o Valor Designado, incerteza, e o erro indicado, que corresponde à média das diferenças das leituras do artefato obtidas nos dois laboratórios em relação ao Valor Designado.

Tabela 2. Valor Designado

Frequência (Hz)	Valor Designado (mG)	Erro (mG)	Incerteza (mG)
50	10,01	1,34	0,41
	37,7	5,1	1,2
	125,7	16,1	3,4
	376,3	47,6	9,5
	998	121	26
	2994	197	160
60	10,01	1,10	0,41
	37,7	4,1	1,2
	125,7	13,3	3,3
	376,3	38,1	9,1
	998	99	25
	2994	201	100

3.3. Verificação da instabilidade do artefato

A instabilidade do artefato foi determinada pela amplitude dos valores medidos pelo IPT nos dias 18.05.2015 e 22.05.2015. O ponto verificado foi de 1 G, nas frequências de 50 Hz e 60 Hz. A tabela 3 apresenta as incertezas obtidas.

Tabela 3. Incerteza devido à instabilidade

Frequência (Hz)	Incerteza devido à instabilidade (%)
50	0,26
60	0,25

3.4. Parâmetro avaliado no PCB

A avaliação do PCB foi realizada com base no Erro Normalizado En, calculado conforme (2) [5].

$$En = \frac{V_D - V_{LAB_X}}{\sqrt{U_D^2 + U_{LAB_X}^2}} \quad (2)$$

Onde,

- V_D : Valor Designado;
- V_{LAB_X} : Valor determinado pelos laboratórios participantes;
- U_D : Incerteza do Valor Designado;
- U_{LAB_X} : Incerteza expandida dos laboratórios participantes.

O resultado é considerado satisfatório caso En seja menor ou igual a 1.

4. RESULTADOS

A figura 4 apresenta os resultados dos erros em mG obtidos pelos laboratórios participantes.

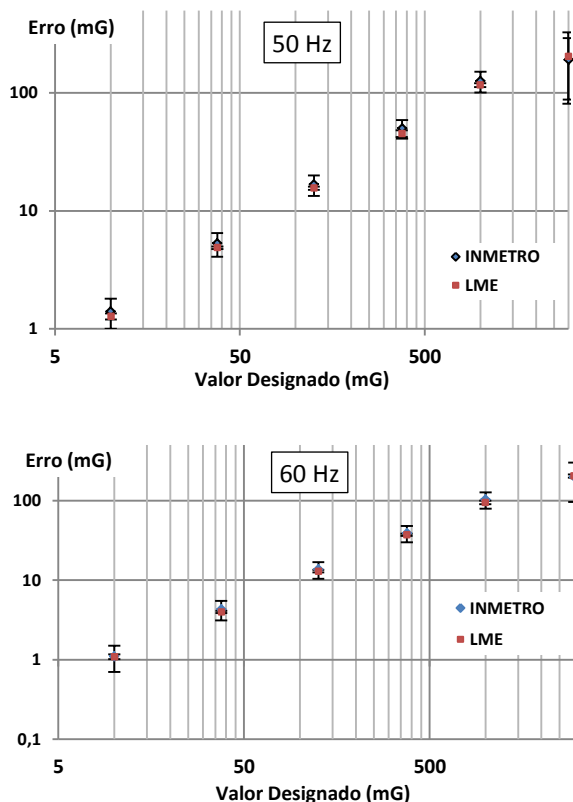


Figura 4. Resultados obtidos em 50 Hz e 60 Hz.

A tabela 4 mostra os valores de En calculados para cada laboratório, de acordo com (2).

Tabela 4. Erro Normalizado

Frequência (Hz)	Valor Designado (mG)	En IPT	En Inmetro
50	10,01	0,15	0,11
	37,7	0,17	0,12
	125,7	0,16	0,12
	376,3	0,24	0,18
	998	0,18	0,13
60	2994	0,035	0,037
	10,01	0,012	0,0088
	37,7	0,13	0,091
	125,7	0,10	0,069
	376,3	0,10	0,070
	998	0,17	0,12
	2994	0,027	0,019

5. CONCLUSÃO

O artefato utilizado neste PCB foi adequado ao programa, já que sua instabilidade não teve influência significativa nos resultados obtidos.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 4, conclui-se que os valores de En ficaram abaixo de 1 para todos os pontos e para ambos os laboratórios participantes. Isto demonstra que os métodos utilizados pelos laboratórios participantes, para calibração de medidores de campo magnético AC, estão compatíveis entre si.

6. REFERÊNCIAS

- [1] ABNT NBR ISO/IEC 17043:2011, Avaliação de conformidade - Requisitos Gerais para Ensaios de Proficiência.
- [2] Martin R V, Nazarre D J, Dias R R, "Rastreabilidade para campos magnéticos alternados de 10 Hz até 10 kHz", 7th Brazilian Congresso n Metrology, Ouro Preto/MG, nov 2013.
- [3] Enertech, EMDEX II Specifications, disponível em, www.enertech.net/html/EMDEXIISpecs.html, 01.07.2015.
- [4] Expressão da Incerteza de Medição na Calibração, Versão Brasileira do Documento de Referência EA-4/02, Inmetro, 1999.
- [5] ISO 13528:2005(E), Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.