

Proposta de Implantação de um Sistema de Padronização Primária de Transferência Térmica

AC-DC de Baixa Tensão no Inmetro

C. I. Ribeiro Silva¹, R. P. Landim², F. A. Silveira³

¹ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, cisilva@inmetro.gov.br

² Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, rplandim@inmetro.gov.br

³ Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, fsilveira@inmetro.gov.br

Resumo: Este artigo traz uma proposta implantação, no Inmetro, de um sistema de padronização primária em transferência AC-DC em tensões entre 2 mV e 200 mV, baseado na melhor técnica (μ pots à base de shunts, μ pots à base de resistor de disco ou PMJTCs+ IVDs). Isto trará independência dos outros Institutos Nacionais de Metrologia, no que se refere à rastreabilidade de transferência térmica AC-DC em tensão alternada. Assim, não será necessário enviar os padrões do Latce ao exterior, evitando transtornos e custos alfandegários, riscos aos padrões e tempo ocioso dos sistemas de calibração.

Palavras chaves: AC-DC, Inmetro, PMJTC, μ Pot.

1 INTRODUÇÃO

O impacto da correta medição de tensão e corrente elétrica alternada, AC, reflete em todo setor produtivo, direta ou indiretamente. As indústrias aumentaram a sua produtividade e competitividade através da utilização de processos automatizados, que utilizam técnicas de controle dependentes dos valores medidos pelos diversos tipos de sensores ou instrumentos industriais ou comerciais. Estes, por sua vez, traduzem as grandezas físicas (temperatura, pressão, força etc.) em grandezas elétricas, por serem facilmente processadas pelos computadores e microprocessadores; portanto, medições precisas dessas grandezas são exigidas. Além disso, as concessionárias de energia elétrica devem fornecer tensão elétrica alternada (para consumidores residenciais, industriais, pequenas e médias empresas etc.) com variação do valor nominal dentro de limites estabelecidos pela legislação correlata e isto só pode ser feito através de uma medição adequada da mesma. Considerando que a potência e energia são proporcionais ao produto da tensão pela corrente elétrica, a qualidade da medição nestas grandezas também afeta a própria medição de potência e energia elétricas; assim, uma medição incorreta de tensão elétrica implica uma medição incorreta de energia, o que poderá afetar os custos de produção e os

serviços oferecidos pelas indústrias, bem como pelas pequenas, médias e grandes empresas.

Nos Laboratórios de padronização, a unidade tensão contínua, volt DC, é geralmente estabelecida através do sistema Josephson [1] e a unidade de resistência elétrica, ohm, é estabelecida pelo efeito hall quântico [2]. Teoricamente, é possível derivar outras grandezas elétricas através do volt e ohm, porém, na prática surgem algumas dificuldades. Grandezas elétricas AC não podem ser deduzidas diretamente das unidades derivadas DC do Sistema Internacional (SI). Para medir essas grandezas é necessário utilizar um padrão de transferência AC-DC. O princípio básico do padrão de transferência é relacionar grandezas AC com as grandezas mensuráveis DC. Existem três realizações possíveis do padrão de transferência AC-DC. O primeiro usa um conversor térmico que pode ser de junção simples (single-junction thermal converters - SJTC), multijunção (multijunction thermal converters - MJTC) ou de multijunção planar (planar multijunction thermal converter - PMJTC). O segundo método é baseado na síntese da forma de onda AC utilizando conversores D/A de alta precisão. O terceiro é uma combinação dos dois métodos anteriores. Este método é chamado de "Fast-Reversed DC" (FRDC). Os padrões de transferência AC-DC baseados em conversores térmicos (thermal converter - TC) fornecem uma conexão precisa entre tensão e corrente AC e DC. O uso de TCs como padrões de transferências para as grandezas tensão e corrente está bem consolidado e é usado como padrão de transferência primário por diversos Institutos Nacionais de Metrologia (INMs) há cerca de 30 anos [3-7].

Durante duas décadas, a exatidão fornecida pelos conversores térmicos nos laboratórios nacionais de metrologia superava em muitas ordens de grandeza a precisão exigida pelos instrumentos comerciais. O advento de instrumentos modernos de alta precisão exigiu uma exatidão maior na faixa tradicional de tensão, corrente e frequência. Para uma leitura detalhada sobre os desenvolvimentos recentes, em inglês, recomenda-se a Ref [8].

2. SITUAÇÃO ATUAL NO INMETRO

A rastreabilidade em tensão contínua é obtida a partir do Sistema Josephson, que reproduz a unidade de tensão na ordem de 10^{-10} V/V, passando pelo Sistema Potenciométrico, que amplia a faixa de tensão gerada pelo sistema Josephson de 100 μ V até 100 V. A rastreabilidade em tensão alternada do Inmetro, atualmente, é obtida a partir da rastreabilidade em transferência AC-DC em tensão e da rastreabilidade para a tensão contínua.

No caso da transferência AC-DC, a potência dissipada por efeito Joule em um elemento resistivo submetido a uma tensão contínua rastreada, são comparadas. Quando ambos os aquecimentos são semelhantes, diz-se que o valor eficaz da tensão alternada é igual ao valor da tensão contínua. Assim, o valor da tensão AC é conhecido através do valor da tensão DC e do valor da chamada “diferença AC-DC”, intrínseca do processo de transferência AC-DC.

A etapa de transferência AC-DC em tensão, no Inmetro, é feita utilizando um padrão de transferência AC-DC da Fluke, modelo 792A, que precisa ser enviado periodicamente a algum INM, no exterior, que tenha um sistema de padronização primária em transferência AC-DC (para garantia de rastreabilidade), o que custa em torno de 35 mil euros (ou 84 mil reais), sem falar no tempo e logística necessários ao transporte internacional dos padrões (envolvendo alfândega, agentes exportadores/importadores etc.). Atualmente, está em andamento um projeto para desenvolvimento de um sistema de padronização primária em transferência AC-DC baseado em PMJTCs para tensões entre 200 mV e 1000 V, no Inmetro, a fim de evitar o envio dos padrões 792A ao exterior, reduzindo os custos e aumentando a disponibilidade destes serviços no país, para esta faixa de tensões. Medições preliminares foram realizadas e comparadas aos resultados da diferença AC-DC dos padrões utilizando duas fontes AC comerciais (Fluke 5200 A e Fluke 5720 A). Entretanto, este sistema tem limitações no que se refere à tensão mínima de trabalho, que é de 200 mV, sendo necessária uma tensão mínima de 2 mV.

3. AC-DC DE BAIXA TENSÃO

A proposta deste projeto é comparar três técnicas, baseada em μ pots compostos de PMJTCs+shunts, baseada em μ pots compostos de PMJTCs+resistor de disco ou baseada em PMJTCs+IVDs (divisores indutivos de tensão), a fim de identificar qual delas é a mais adequada para o desenvolvimento de um sistema de padronização primária de transferência AC-DC para a faixa de 2 mV até 200 mV (em complementação à faixa de 200 mV até 1000 V do projeto em andamento).

Serão construídos os dois tipos de μ pots (PMJTCs+shunts e PMJTCs+resistor de disco). Para isto, serão necessários resistores de disco de alta exatidão, PMJTCs ainda a serem definidas, cabos e conectores especiais. Além disso, serão necessárias duas fontes TTS de alta exatidão (uma de tensão alternada e outra de tensão contínua), dois nanovôlmetros para leituras das saídas das PMJTCs e uma chave de relés automatizada AC-DC.

Para a utilização da técnica baseada em PMJTCs+IVDs, será necessária a construção dos dois núcleos magnéticos, citados na seção 4.7, de PERMAX 50x8x30 -0,2 e ULTRAPERM 50x80x20-0,025 e logo em seguida, a construção do IVD e o circuito de calibração.

Uma comparação entre as três técnicas de padronização será efetuada na etapa seguinte onde determinaremos a mais adequada.

O sistema a ser desenvolvido (que vai de 2 mV até 200 mV) com a técnica escolhida será testado e caracterizado. Em seguida, ele passará por uma comparação intralaboratorial (no Latce), a fim de avaliar o sistema e prepará-lo para a etapa mais importante de comparações interlaboratoriais internacionais. As comparações interlaboratoriais internacionais servirão para estabelecer formalmente o sistema do Inmetro para calibrações de transferência AC-DC em tensão no âmbito nacional e internacional, na faixa de 2 mV até 200 mV. Na figura 1 temos o diagrama simplificado do projeto.

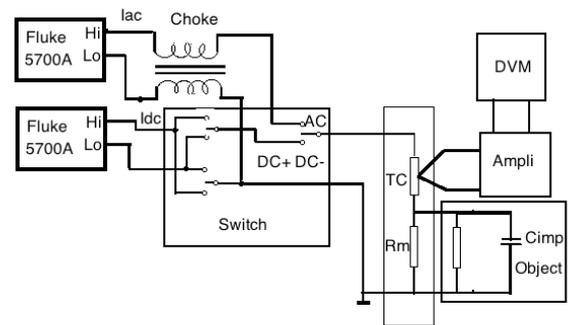


Fig. 1 Diagrama simplificado do sistema

Um micropotenciômetro (μ pot) consiste em um conversor térmico de tensão (PMJTC+shunt ou PMJTC+resistor de disco) e resistores de saída. Uma vez que os μ pots são basicamente fontes de tensão, é necessário um instrumento para medir a sua saída; por esta razão, diversos INMs usam o Fluke 792A como parte do processo de calibração. Os micropots fornecem excelente precisão na padronização a baixa tensão e frequências de até 1 MHz.

A diferença AC-DC dos μ pots é determinada com auxílio do procedimento *step-down* mostrado na Fig 2. A cada etapa fontes comerciais TTS (thermal transfer standard) serão utilizadas como padrão intermediário. O procedimento *step-down* começa em 200 mV tomando como referência a saída das PMJTCs. A impedância de entrada deve ser medida para cada frequência, uma vez que a entrada das TTS é sensível ao aumento de frequência.

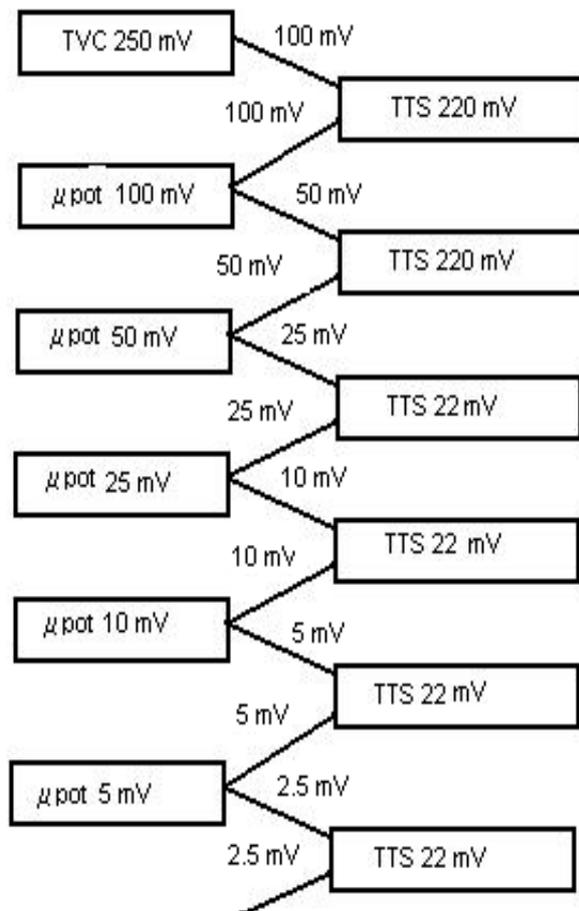


Fig. 2 Step-down

4. RESULTADOS ESPERADOS

Ao término deste projeto, espera-se que o sistema de padronização primária de transferência AC-DC em tensão esteja implantado e em uso no Inmetro, tanto para pesquisa como para calibração, incluindo a faixa de 2 mV a 200 mV. Os impactos previstos pelo projeto nos setores econômico, social, ambiental, científico e tecnológico incluem, entre outros:

1. Redução da incerteza em comparações interlaboratoriais, em tensões de 2 mV até 200 mV, entre o sistema de transferência AC-DC do Inmetro e outros sistemas semelhantes, em até 50 %.
2. Redução da incerteza de calibração de transferidores térmicos AC-DC no Inmetro em, pelo menos, 10% (em tensões de 2 mV até 200 mV).

3. Indiretamente, contribuir para uma redução significativa na incerteza dos serviços de calibração, em tensões de 2 mV até 200 mV, para o atendimento à indústria e laboratórios nacionais, através da Rede Brasileira de Calibração (cujos padrões são calibrados no Inmetro). Isto poderá se refletir em todo setor produtivo, direta ou indiretamente.
4. Aumento da confiabilidade nacional e internacional do produto industrializado brasileiro.
5. Independência dos outros Institutos Nacionais de Metrologia, no que se refere à rastreabilidade de transferência térmica AC-DC em tensão alternada (em tensões de 2 mV até 200 mV). Com isto, não será mais necessário enviar os padrões do Latce ao exterior para calibração nesta faixa de tensão, evitando transtornos e custos alfandegários, riscos aos padrões e tempo ocioso dos sistemas de calibração.
6. Aumento da inserção internacional do Inmetro.
7. Avanço do conhecimento científico nas áreas de metrologia elétrica, em especial em transferência térmica AC-DC.
8. Capacitação de pessoal treinado em metrologia elétrica em transferência térmica AC-DC.
9. Domínio de tecnologias envolvidas em metrologia em transferência térmica AC-DC.
10. Publicação de artigos científicos em conferências nacionais, internacionais e revistas especializadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao conselho nacional de pesquisa e desenvolvimento CNPQ/PROMETRO.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Economic Impact Assessment of the NIST's Josephson Volt Standard Program: Planning Report 01-1", NIST, pp 47 July 2001.
- [2] R. Popel, "The Josephson effect and Voltage Standards, Metrologia", 29, pp 153-174 1992.
- [3] A. Hartland, "The Quantum Hall Effect and Resistance Standards", Metrologia, 29, pp 175-190 1992.
- [4] B. D. Inglis, "Standards for AC-DC transfer", Metrologia, 29, pp 191-199 1992.
- [5] M. Klonz, "Current Developments in Accurate AC-DC Transfer Measurements", IEEE Trans. Instr. Meas. Vol. 44, pp 363-366 1995.
- [6] J. Wilkins, "Theoretical analysis of ac/dc transfer difference of NPI multijunction thermal convertes over frequency range of 100 kHz", IEEE Trans. Instrum. Meas, IM-21, No 4, pp 334-340 1972.
- [7] M. Klonz, "AC-DC Transfer difference in PTB multijunction thermal converters in the frequency range of 10 Hz to 100 kHz", IEEE Trans. Instr. Meas., IM-36, pp 320 1987.
- [8] N. Oldham, et. AL. "a high-accuracy 10 Hz to 1 Mhz automatic voltage calibration system", IEEE Trans. Instr. Meas. IM-36, pp 883 1987.