



IMPLANTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA DE REFERÊNCIA EM ALTA TENSÃO EM CORRENTE CONTÍNUA (SIRAT CC) NA FAIXA DE 100 V A 150 kV

Ademir Martins de França¹, Paulo Roberto Mesquita Nascimento¹, Luiz Napoleão Pereira¹, Marco Aurelio Soares¹, Patricia Cals de O. Vitorio¹, Danielli Guimarães Costa¹, Giselle Cobiça Moreira¹

¹ Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro)
Duque de Caxias, RJ, Brasil, latra@inmetro.gov.br

Resumo: Este artigo apresenta a implantação e implementação da padronização em corrente contínua com tensões até 150 kV e com incerteza compatível com as necessidades nacionais. Apresenta ainda as características técnicas dos equipamentos, detalhes do comissionamento e as particularidades exigidas em um serviço de calibração

Palavras-chave: corrente contínua, alta tensão, rastreabilidade, calibração

1. INTRODUÇÃO

A demanda por ensaios e calibrações em divisores puramente resistivos e outros equipamentos de corrente contínua tem sido crescente ao longo dos últimos anos, tornando evidente a necessidade de um padrão nacional de alta tensão em corrente contínua. O Inmetro, para cobrir essa lacuna e atender às necessidades da Rede Brasileira de Calibração (RBC) e dos demais setores envolvidos no processo metrológico brasileiro, elaborou através do Laboratório de Transformadores (Latra) um projeto que tem como produtos: a aquisição de novos equipamentos; a implantação de novos serviços; a capacitação técnica de profissionais; a identificação de áreas de estudos e interações com centros e instituições de pesquisas. Esse projeto, embora em andamento e com previsão de término para o final de 2009, já tem alguns frutos tais como: compra de equipamentos, montagem e comissionamento no SIRAT CC (Sistema de Referência em Alta Tensão CC) cujos passos, relatados ao longo deste trabalho, já permitem colocar à disposição dos laboratórios da RBC e demais interessados serviços na faixa de 100 V a 150 kV com incerteza próxima a 50 microvolts/volt.

2. OBJETIVO

Proporcionar aos setores envolvidos no processo metrológico brasileiro referência, com qualidade e exatidão, para as medições de alta tensão de corrente contínua.

3. SISTEMA DE REFERÊNCIA EM ALTA TENSÃO EM CORRENTE CONTÍNUA (SIRAT CC)

A implantação e implementação do SIRAT CC passaram pelos seguintes passos: especificação e compra de fonte e divisor de CC, montagem, comissionamento e testes finais.

3.1. Fonte de Tensão em Corrente Contínua – 200 kV

A fim de tornar os sistemas de medição mais confiáveis, com maior repetitividade, rápidos e consequentemente mais exatos, é imperativo a especificação de fontes estáveis para alimentar os divisores de alta exatidão. Com base nessas premissas, o Inmetro/Latra adquiriu junto à Glassman uma sofisticada fonte de alimentação – modelo OS200N, de 2 kW, com isolamento a ar, baixa ondulação (ripple) (inferior a 0,05% de pico a pico da tensão nominal a plena carga), baixo ruído, regulação fina (melhor que 0,005%) e estável (0,01% por hora após 1/2 hora de aquecimento e 0,05% por 8 horas). A fonte da série OS, Figura 1, tem uma base, um módulo de alta tensão e uma unidade de controle remoto. A base é fornecida em um gabinete no qual é montado o módulo de alta tensão. O rack do controle remoto fornece todas as funções da interface e está ligado à base através de um cabo com 8 metros de comprimento.



Fig. 1 – Fonte de 200 kV em corrente contínua

3.2. Divisor resistivo – 150 kV

O equipamento especificado, adquirido junto ao “National Measurement Institute (NMI) – Australian Government”, é um sofisticado divisor resistivo, modelo CA150, em alta tensão com exatidão melhor do que 0,0010%. Sua construção tem resistores estáveis de algumas partes por milhão com coeficiente da temperatura de 0,0010%/oC. O divisor é apropriado para implementação da rastreabilidade no Brasil e consequentemente para execução dos serviços em CC, que hoje tem uma demanda crescente em nossos laboratórios.

O instituto australiano, fabricante deste equipamento, já construiu e forneceu, mais de 15 divisores de alta tensão para renomados NMI de outros países como Canadá, Nova Zelândia e outros países da região Ásia- Pacífico.

As características de seus divisores atendem aos mais exigentes critérios, tais como:

- baixo coeficiente de temperatura ($<0,2 \text{ ppm} / ^\circ\text{C}$);
- variação máxima da relação em 100 kV: $<2 \text{ ppm}$;
- variação máxima da 150 kV: $<10 \text{ ppm}$;
- deriva (“drift”) $<2 \text{ ppm} / \text{ano}$.

Baseado na credibilidade desse Instituto e nas especificações técnicas o Inmetro, através do projeto “Implementação de referência metrológica em alta tensão contínua no Laboratório de Transformadores”, adquiriu este divisor em novembro de 2008, Figura 2.

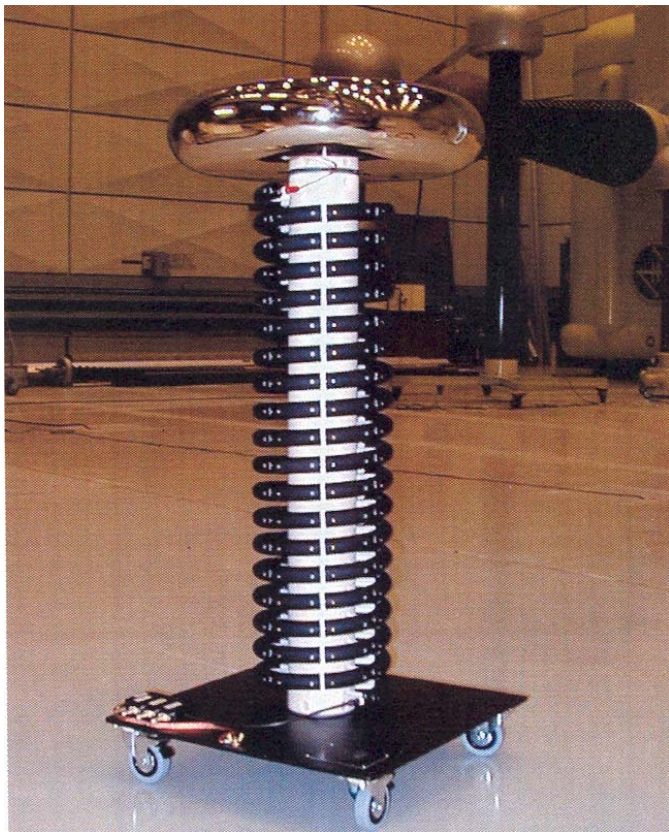


Fig. 2 – Divisor resistivo de tensão – 150 kV CC

O divisor é formado por duas partes básicas:

a) Módulo de alta tensão: coluna composta por 150 resistores fixos de $1,5 \text{ M}\Omega$ cada, montados dentro de tubos de teflon acomodados em um arranjo helicoidal. A resistência total é $225 \text{ M}\Omega$, com uma tensão nominal de 150 kV. Os tubos possuem a finalidade de isolar eletricamente os resistores e servir de suporte mecânico.

b) Módulo de baixa tensão: consiste de 4 resistores e 2 “spark gaps” alojados dentro de uma caixa metálica e 3 conectores BNC ligados externamente. A caixa, feita de alumínio fundido, é fixada mecanicamente à superfície superior da base de apoio do divisor e conectada eletricamente a essa base.

O divisor tem três terminais de saída: HI (10 V), HI (1 V) e LO, com conectores do tipo BNC. A resistência nominal entre o pino interno do terminal HI (10 V) e o pino interno do terminal LO é $15 \text{ k}\Omega$ e entre os pinos HI (1 V) e LO é $1,5 \text{ k}\Omega$.

3.3. Comissionamento

Durante o comissionamento da fonte foram traçados os procedimentos de montagem e elaborados os de operação nos modos direto e remoto. As Figuras 3 e 4 mostram detalhes do arranjo do sistema.

Foram verificadas suas principais características técnicas com foco na estabilidade, que foi comprovada, após 30 minutos de aquecimento, através da utilização de um multímetro HP 3458A, programado para aquisições de leituras mínima, média e máxima num período de 12 minutos com aquisição a cada segundo.



Fig. 3 – Detalhe do sistema – Fonte e divisor



Fig. 4 – Detalhe do sistema - Multímetros e unidade de controle remoto

O comissionamento do divisor foi realizado através da elaboração dos procedimentos de montagem, manuseio, transporte, guarda do equipamento (para evitar acúmulos de poeira nas superfícies de isolamento) e da realização de um teste operacional desde 1 kV a 150 kV

4. SIRAT CC – TESTES REALIZADOS

Concluída a fase de comissionamento, passou-se à implementação do SIRAT CC (composto por: fonte, divisor e 2 multímetros HP 3458), ou seja, a verificação experimental do desvio padrão da média das medições obtidas em uma calibração simulada de uma ponta de prova em 40 kV CC.

Tabela 1

| Leitura do divisor | Valor corrigido do divisor | Leitura da ponta de prova | Relação calculada da ponta de prova | Desvio-padrão experim. da média (incerteza tipo A) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--|
| 0,6984212 | 10476,87674 | 10,62855 | 985,7296373 | 0,002545 |
| 0,6990634 | 10486,51025 | 10,63932 | 985,6372635 | |
| 0,6990822 | 10486,79227 | 10,63970 | 985,6285671 | |
| 0,6990296 | 10486,00322 | 10,63895 | 985,6238843 | |

Para a realização do teste faz-se necessário a adoção de algumas precauções na utilização do multímetro quanto ao seu preparativo inicial, principalmente àquele relativo à estabilização do sistema. Essas precauções são descritas a seguir:

- Aguardar pelo menos 1 hora para estabilização da temperatura do divisor com a temperatura do ambiente da medição;
- Aguardar pelo menos 5 minutos para estabilização após qualquer mudança nas conexões em alta e baixa tensão;

- Verificar se a temperatura interna do HP 3458 A está estável em $0,1^{\circ}\text{C}$;
- Fazer a autocalibração nos dois multímetros, apenas na faixa DC;
- Aguardar 30 minutos após a autocalibração para maior precisão;
- Programar o multímetro com NPLC=100 de forma a ter uma média de medição, ao longo de um período de aproximadamente 1,67 segundos. Essa providência é necessária porque o nível de ruído da fonte normalmente excede a estabilidade da relação do divisor;
- Usar um software para aquisição simultânea ou montar um sistema de disparo (trigger) externo de forma a reduzir o efeito de flutuação durante as medições;
- Utilizar a função FIXEDZ no modo habilitado.
- Nesse modo o multímetro mantém a sua resistência de entrada em $10\text{ M}\Omega$ para todas as faixas. Isso impede uma mudança da resistência de entrada, causada pelas variações nas faixas, nas medições em CC;
- Evitar mudanças bruscas na tensão aplicada ao divisor porque podem provocar distribuição não uniforme de tensão ao longo da cadeia do resistor. A taxa máxima recomendável é de 2 kV/s, tanto na elevação quanto na diminuição da tensão;
- Aterrar o eletrodo após desligar o circuito.

Observando-se os procedimentos acima descritos, foi realizada a primeira medição com o SIRAT CC na tensão de 10 kV. Após cada disparo (necessário à obtenção de leituras sincronizadas) eram coletados os valores nos visores dos dois multímetros e registrados em uma tabela em Excel. A Tabela 1 apresenta os dados dessa medição

A correção da leitura do divisor é realizada multiplicando o valor obtido por 15000,8 - fator de correção fornecido pelo certificado de calibração do divisor. O valor da relação é obtido pela divisão do valor corrigido do divisor pela leitura da ponta de prova. O desvio padrão experimental da média apresentado na tabela anterior foi calculado utilizando os valores de relação da ponta de prova.

Os resultados mostrados na Tabela 1 foram obtidos com a função FIXEDZ desativada, resultando em uma Incerteza Tipo A de 0,0025%. Para comprovar a importância dessa função foi realizado um novo teste com ela ativada. Os resultados obtidos estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2

| Leitura do divisor | Valor corrigido do divisor | Leitura da ponta de prova | Relação medida da ponta de prova | Desvio-padrão experim. da média (incerteza tipo A) |
|--------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|
| 0,6990690 | 10486,59426 | 10,63983 | 985,5979142 | 0,000238 |
| 0,6990539 | 10486,36774 | 10,63968 | 985,5905199 | |
| 0,6990382 | 10486,13223 | 10,63944 | 985,5906167 | |
| 0,6990374 | 10486,12023 | 10,63947 | 985,5867097 | |

Os resultados do teste realizado mostraram que o valor percentual do desvio padrão da média das medições foi 0,0002%, comprovando a eficácia em manter a função FIXEDZ ativada.

5. DIAGRAMA DE RASTREABILIDADE

Os resultados obtidos foram satisfatórios e permitiram disponibilizar esse novo serviço de calibração à RBC. O diagrama de rastreabilidade é apresentado na Figura 5.

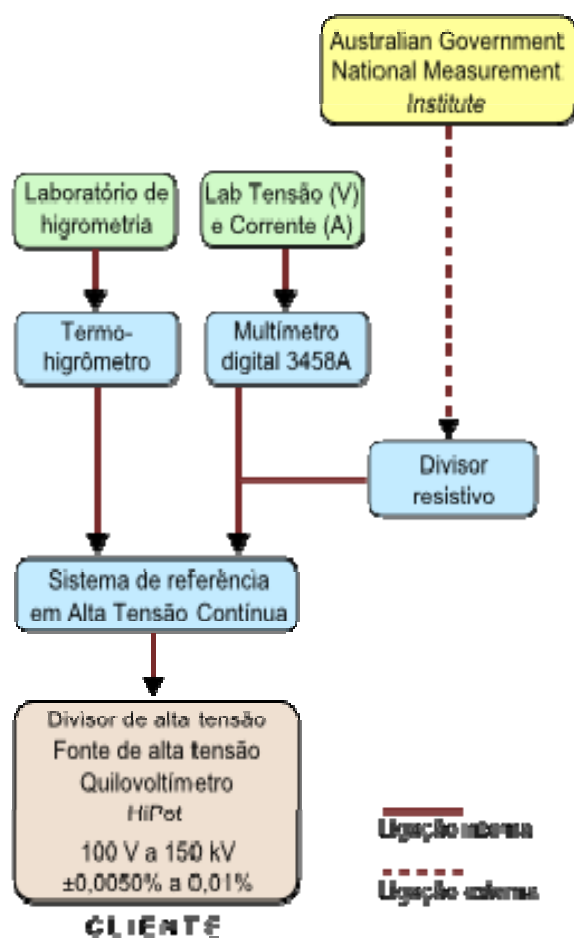


Fig. 5 – Diagrama de rastreabilidade em alta tensão contínua

6. CONCLUSÃO

Com a implantação e implementação do Sistema de Referência em Alta Tensão CC, SIRAT CC, o Inmetro cobre uma lacuna até então existente e assegura a rastreabilidade nacional no atendimento às necessidades da RBC e dos demais setores envolvidos no processo metrológico brasileiro com serviços de calibração na faixa de 100 V a 150 kV e com uma incerteza de 50 microvolt/volt.

Conhecendo-se melhor o sistema com relação a sua estabilidade, influência de temperatura, coeficiente de tensão e outros fatores, e com o desenvolvimento de um software para aquisição sincronizada espera-se, em um futuro próximo, reduzir a incerteza para um valor próximo de 10 microvolts/volt.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos ao Dr. Yi Li, Leader & Principal Research Scientist – High Voltage laboratory – National Measurement Institute – Australian, pelo apoio técnico na implementação do SIRAC CC

REFERÊNCIAS

- [1] Australian Government – National Measurement Institute, Operating Manual – Precision DC High Voltage Divider – Model CA150.
- [2] Glassman - High Voltage Source - Model OS200N.
- [3] P.R.M.Nascimento, A.M.França, L.N.Pereira, M.A.Soures, P.C.O.Vitorio, D.G.Costa, G.C.Moreira, Comissionamento do Sistema de Referência em Alta Tensão em Corrente Contínua – Inmetro - Relatório Técnico Dimci , RTD 2607/2008.