

CONSTRUÇÃO DE TRANSFERIDOR DE RESISTORES PADRÃO (*TRANSFER*)

Marcos Vinicius dos Santos Garcia

Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro, Rio de Janeiro, Brasil, mv Garcia@inmetro.gov.br

Resumo: Este trabalho tem a finalidade de apresentar o equipamento construído pelo Laboratório de Resistência - Lares - do Inmetro, utilizado como padrão de transferência na calibração de multímetro digital (DVM). Conhecido mais como “*transfer*”, trata-se de uma caixa contendo 12 resistores padrão ligados em série, que ao utilizar derivações externas, pode fornecer resistências em série, paralelo ou até em série-paralelo.

Palavras chave: resistência, transferidor de resistores padrão, calibração.

1. INTRODUÇÃO

O transferidor de resistência [1], veja figura 1, é uma caixa metálica composta de 12 resistores de mesmo valor nominal ligados internamente em série. Externamente há terminais para cada resistor, permitindo ao usuário fazer as conexões do valor desejado. É amplamente utilizado para calibração das diversas faixas de um multímetro digital (DVM). Os transferidores de resistência são comercialmente encontrados no mercado, desde 1Ω até $10M\Omega$, o que permite a calibração de quase todas as faixas de um DVM.



Fig. 1 – *Transfer* : conjunto de 12 resistores padrão.

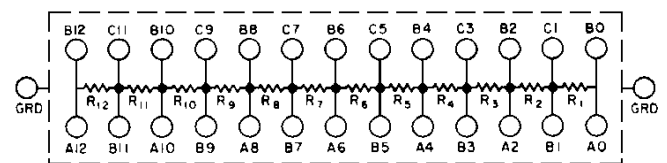


Fig. 2 – Esquema de ligação interna dos resistores do *transfer*.

A figura 2 apresenta a ligação em série dos resistores de um *transfer* e seus terminais de conexão. Os terminais, A0 a A12 representam a conexão de corrente e B0 a B12 os terminais de potencial. GRD representa o terminal de aterramento da caixa metálica que abriga os resistores

2. CONSTRUÇÃO DO *TRANSFER*

O presente trabalho mostra a viabilidade de construção de um *transfer*, com características semelhantes aos comercializados, mas com menor custo. Valeu-se de uma ampla pesquisa através dos fabricantes, e da experiência em calibrações de resistores padrão, permitindo definir os detalhes técnicos de construção que deveriam ser seguidos.

A caixa que abriga os resistores deve ter totalmente fechada, para perfeita blindagem. Utilizamos como material o alumínio pela facilidade de estabilização de temperatura do ambiente com os resistores internos do *transfer*. Também o acabamento da construção é facilitado com o uso do desse material.



Fig. 3 – Caixa do *transfer* : Em preparo para pintura.

Na figura 3 temos a confecção da caixa em alumínio, em estágio de pintura. A tampa superior é fixada através de parafusos.

A utilização dos terminais apropriados requer atenção especial, devido às correntes de fuga. Terminais com baixa isolamento permitem que os valores de resistência sejam afetados pelas correntes de fuga, causando influência nas medições realizadas. Essas isolações devem ser entre 10^{13} e $10^{16} \Omega$.

A figura 4 esquematiza as resistências “parasitas” R1 e R2 que podem fazer fluir a corrente de fuga pelos terminais do resistor padrão, caso não sejam tomados os devidos cuidados citados anteriormente.

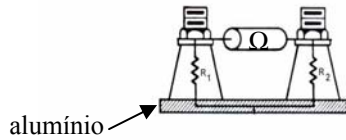


Fig. 4 – Detalhe das correntes de fuga por R1 e R2



Fig. 5 – Detalhe dos terminais de conexão do transfer

Na figura 5, detalhe dos terminais utilizados (preto e vermelho): A parte isolante é de policarbonato e o contato dos terminais de conexão dos resistores deve ser preferencialmente de latão revestido em ouro. O terminal verde é o terminal de aterramento da caixa [2].

Utilizamos resistores de uma década resistiva sem uso, mas com os resistores em perfeito estado. Se não dispuser de resistores-padrão, há a possibilidade de compra dos mesmos com fornecedores existentes no mercado. Dessa forma pode-se fazer um estudo para construir um *transfer* com a exatidão que atenda às necessidades de cada laboratório de calibração. A exatidão do *transfer* está diretamente ligada, além é claro da qualidade dos resistores, aos terminais utilizados e ao processo de ligação, com solda com alto grau de pureza e estação de solda com temperatura controlada.

O *transfer* construído pelo Laboratório de Resistência - Lares é constituído de 12 resistores de 1 kΩ que foram adaptados para serem soldados em terminais – porque originalmente foram construídos para placa de circuito impresso (PCI) - permitindo que fossem dispostos de maneira que não vibrem mecanicamente, como visto na figura 6. Foi necessário utilizar fios, sem seu revestimento isolante, para fixar adequadamente os resistores. Na figura 7 as duas partes que compõem a montagem do *transfer*: a esquerda a caixa que abriga os resistores e a direita o conjunto dos resistores montados na parte interna da tampa superior, onde estão fixados os terminais de conexão.

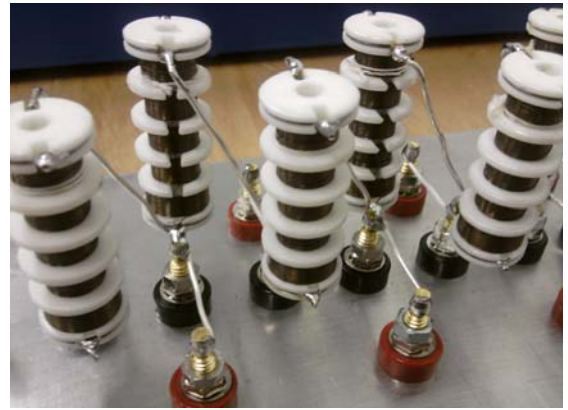


Fig. 6 – Detalhe da ligação dos resistores.

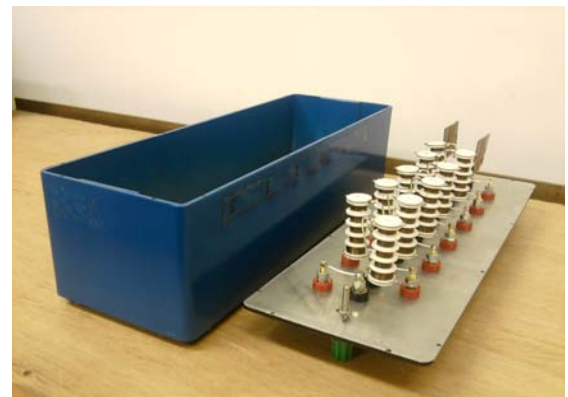


Fig. 7 - As partes que compõem a montagem do transfer

3. EXPERIMENTO

Após a montagem dos resistores, iniciou-se o processo de calibração do *transfer*. O sistema utilizado foi uma ponte comparadora de corrente com exatidão de 0,2 ppm. Inicialmente reunimos um histórico com mais de 20 calibrações semanais, que permitiram reduzir para 10 quinzenais e finalmente 5 mensais. Atualmente já temos um histórico de 11 calibrações mensais. Os resultados obtidos nesse histórico mensal permitiram que o *transfer* fosse utilizado como padrão de trabalho. A meta é que a periodicidade das calibrações aumente gradativamente, passando para trimestral, semestral e anual.



Fig. 8 – Detalhe da montagem completa do transfer

Devido aos resultados satisfatórios obtidos nas medições do *transfer*, os valores da estabilidade e *drift* estão apresentando gradativa redução..

A estabilidade será definida como sendo a quantidade de dispersão na população, estimada com base na dispersão das observações amostrais em relação a reta de regressão calculada [3,4].

$$s_e = \sqrt{\frac{\sum (y_i - y_c)^2}{n - 2}}$$

Onde,

y_i = cada valor de Vc (Valor Convencional)
 y_c = valor correspondente da reta de ajuste
 n = número de observações

O *drift* é definido pela variação da grandeza com o tempo a partir da última calibração, e será calculado por meio da melhor reta que passa pelos valores calibrados ao longo de vários anos. Define-se esta reta como:

$$y = a + bx$$

$$a = \frac{\sum y - b \sum x}{n} ; b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}$$

Onde:

a e b são os coeficientes linear e angular da reta;

n é o número de calibrações;

y são as calibrações realizadas ao longo do tempo e x a data da medição. Atualmente ainda é usado um intervalo mensal.

O valor da resistência de um resistor padrão varia com a temperatura do mesmo. Também Foram determinados os coeficientes de temperatura α e β dos resistores do *transfer*, através da calibração realizada em três temperaturas: 20 °C, 23°C e 25°C. De posse destes é possível corrigir o valor de cada resistência utilizando a expressão:

$$R = R_0 [1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2]$$

Utilizou-se banhos de ar com temperatura controlada em centésimos de grau. Essa variação gera um dos componentes de incerteza incorporados ao cálculo do Vc das resistências.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Na figura 8, vemos parte da planilha de cálculo de estabilidade e *drift*, referente ao primeiro resistor de 1kΩ do *transfer*.

Data da Calibração	1kΩ
5/8/2010	1.000,269 4
2/9/2010	1.000,268 9
30/9/2010	1.000,271 3
29/10/2010	1.000,272 0
25/11/2010	1.000,270 2
23/12/2010	1.000,271 9
26/1/2011	1.000,269 2
25/2/2011	1.000,270 7
30/3/2011	1.000,270 5
28/4/2011	1.000,271 2
23/5/2011	1.000,270 9
Estabilidade	1,06 ppm
Drift Mensal	0,10 ppm
Drift Anual	1,16 ppm

Fig. 8 – Detalhe do histórico do resistor de 1kΩ

Observa-se que atualmente o *transfer* é calibrado mensalmente. A meta é que a periodicidade das calibrações aumente gradativamente, passando para trimestral, semestral e anual. Vale ressaltar que o *drift* utilizado ainda é o mensal.

A incerteza final da medição de cada resistor padrão do *transfer* construído apresentou resultados de 0,95 a 1,7ppm. Já a incerteza final da medição de um *transfer* comercializado, com histórico de 8 anos de medições, varia de 0,93 a 1,7 ppm, estabilidade de 1,16 ppm e *drift* anual de 0,12ppm. Esse dados foram obtidos de um *transfer* de 1kΩ, pertencente ao Laboratório de Resistência, que apresentou defeito no ano de 2009.

Atualmente o *transfer* já está sendo utilizado como padrão de trabalho, viabilizando o processo de automação da calibração do multímetro digital (DVM), da faixa de 10kΩ , já implantado no laboratório. O *transfer* construído visou substituir o *transfer* defeituoso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A montagem de um *transfer* requer um investimento reduzido, uma ótima relação custo x benefício. A montagem requer cuidado no manuseio dos resistores e ligações, para resultar num desempenho igual aos *transfers* produzidos e comercializados pelas empresas de metrologia.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos técnicos que apoiaram o projeto, principalmente à equipe da Oficina Mecânica de Precisão do Inmetro, especialmente *in memoriam* a Alexandre Etchebere, que tanto incentivou e auxiliou no desenvolvimento dos diversos projetos do Inmetro.

REFERÊNCIAS

- [1] Tegam, Datasheet Resistance Transfer Standards, 2011
- [2] Pomona Eletronics, Catálogo of Products, 2008
- [3] Guia para a Expressão da Incerteza de Medição – 3ª edição (revisada) Brasileira do "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement" - 2003
- [4] Norma Interna Técnica – Laboratório de Resistência - Inmetro - NitLares007 rev05 -2010