

Método para a Medição de Balanceamento Longitudinal em Terminais Telefônicos

Rômulo Mota Volpato¹ e Gilberto Vilas Boas Magalhães²

¹Inatel, Santa Rita do Sapucaí, Brasil, gilberto@inatel.br

²Inatel, Santa Rita do Sapucaí, Brasil, Romulo@inatel.br

Abstract – For the great efficiency at *measure of common-mode suppression*, it is necessary to check the receiver and generator's impedance equipment influence in the circuit. In this way, this paper shows the influence of the receiver impedance of 30 k Ω , and the generator impedance of 600 Ω can be used, without great influence in final result. So the values of equipment impedance suggested for ANATEL's 473 standard, can be changed to another procedures.

Key -words: Measure of common-mode suppression, Anatel standard 473

1. INTRODUÇÃO

O fator de atenuação por desbalanceamento (Measure of common-mode suppression) ou medida de simetria, mede o grau de divergência em relação à simetria elétrica ideal de uma estrutura constituída de forma simétrica em relação às suas imediações [1]. Para elucidar a definição, é mostrada uma estrutura simétrica na Figura 1, salientando as impedâncias envolvidas.

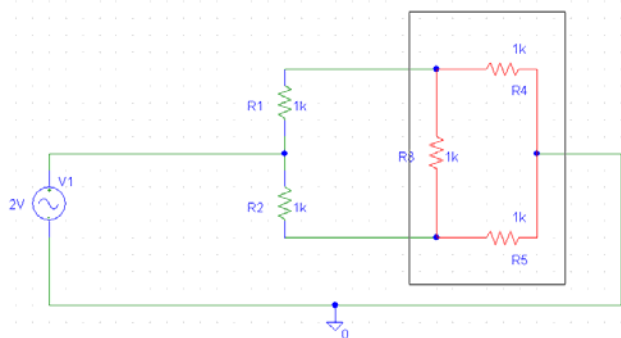


Figura 1-Simetria para a medição de Balanceamento.

Desta forma, a medição de balanceamento indica a simetria das impedâncias representadas por R₄ e R₅ na Figura 1. O desbalanceamento entre estes componentes terá impacto direto na recepção de ruído externo em modo comum. Desta forma, os circuitos balanceados têm uma melhor rejeição a ruídos induzidos em modo comum em relação aos circuitos desbalanceados. Este fato pode ser observado nas Figuras 2 e 3, que comparam o ruído induzido em circuitos balanceados e desbalanceados. Por exemplo, se um ruído for induzido nas linhas de comunicação entre a central telefônica e o assinante em modo comum, conforme mostra a Figura 2 a tensão resultante sobre o terminal telefônica será tanto menor quanto melhor for o balanceamento longitudinal, isto ocorre porque a tensão desenvolvida sobre o resistor R₃, terá

aproximadamente a mesma tensão sobre o resistor R₄, porém, em oposição de fase, resultado em um pequeno ruído induzido. Mas, se o circuito usado fosse desbalanceado, a tensão de ruído seria somada, resultando na soma das tensões sobre os resistores R₃ e R₄, conforme mostra a Figura 3, pois a tensão desenvolvida em relação à terra, praticamente irá colocar em curto o resistor R₂, resultado no ruído induzido em R₁.

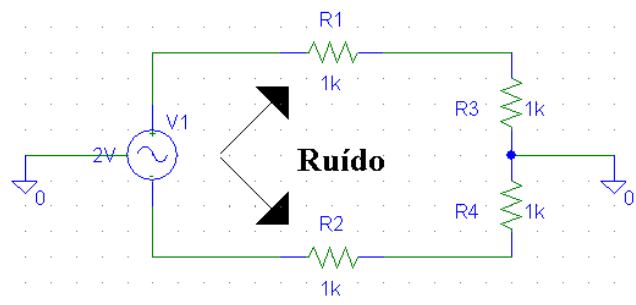


Figura 2. Ruído em circuitos balanceados.

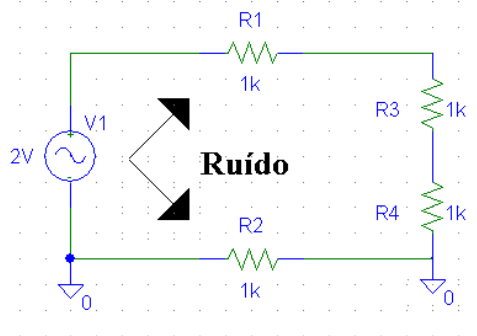


Figura 3. Ruído em circuitos desbalanceados.

2. NORMA 473

Como o objetivo deste artigo é mostrar que métodos de medidas diferentes dos aplicados ao anexo a resolução 473 da ANATEL são consistentes, convém aqui mostrar o que é pedido nesta norma.

O anexo a resolução nº473 [2] estabelece o valor máximo de desbalanceamento e também a metodologia a ser utilizada para a medida. A Figura 4 apresenta a configuração a ser utilizada na medida de balanceamento longitudinal conforme artigo 91 do anexo a resolução nº442.

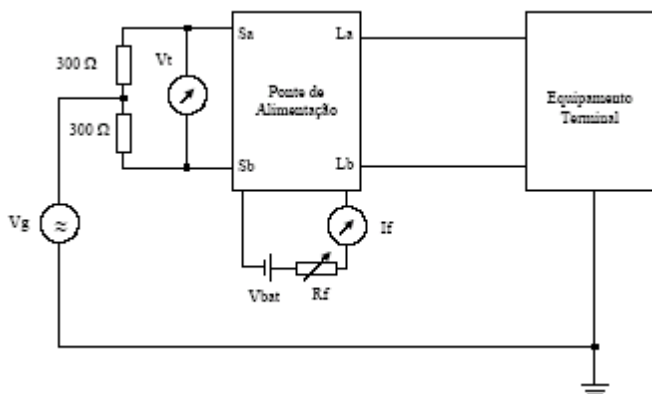


Figura 4. Montagem utilizada para a medição de balanceamento longitudinal

O procedimento para a medida de balanceamento longitudinal está estabelecido a seguir:

I – manter o equipamento terminal na condição de enlace aberto;

II – utilizar $V_{bat} = 48V$ e $R_f = 0 \Omega$;

III – utilizar resistores de 300Ω casados com tolerância de 0,1% entre si;

IV – utilizar um gerador senoidal com tensão de saída $V_g = 0,775V$, com impedância de saída menor ou igual a 6Ω ;

V – conectar o terra do gerador no ponto de aterramento do equipamento terminal. Caso não exista ponto para aterramento, colocar o equipamento em teste sobre uma chapa metálica e conectá-la ao terra do gerador;

VI – variar a frequência do gerador de 60 Hz a 3400 Hz;

VII – medir a tensão V_t utilizando um medidor seletivo balanceado de alta impedância de entrada ($\geq 50 k\Omega$), sintonizado na mesma frequência do gerador, com largura de banda menor ou igual a 25 Hz;

VIII – calcular o Balanceamento Longitudinal (Bal) através da equação abaixo, para v_g e v_t medidos em Volts eficazes:

$$Bal = 20 \log \left(\frac{V_g}{V_t} \right) \quad (1)$$

ou, para V_g e V_t medidos em dB:

$$Bal = V_g - V_t \quad (2)$$

IX – repetir os incisos II ao VII mantendo o equipamento na condição de enlace fechado e sem enviar sinal. No caso de terminal de voz, realizar as medições com o monofone fora do gancho, manter o monofone em local com baixo ruído ambiente [≤ 40 dB SPL(A)] ou substituir a cápsula transmissora pela sua impedância equivalente a 1 kHz. Manter a cápsula receptora acoplada ao ouvido artificial, conforme IEC-318;

X – repetir este procedimento invertendo os terminais de entrada do equipamento terminal;

XI – verificar se os resultados obtidos atendem a especificação.

Porém, é facultado no Título V, capítulo 1, Das disposições gerais [1], que os procedimentos de ensaios podem ser

validados desde que sejam equivalentes aos procedimentos apresentados [1]. Desta forma este trabalho mostra um método alternativo para a medição de balanceamento longitudinal usando equipamentos com características diferentes.

3. ANÁLISE

A análise da medida de balanceamento, de acordo com o anexo a resolução 473 da ANATEL, [2] é na verdade um divisor de tensão entre os resistores de 300Ω ligados ao gerador e as impedâncias apresentadas pelo terminal em teste para terra, ou seja, é o balanceamento da impedância de modo comum. Assim para analisar o comportamento da medição pode-se usar um circuito equivalente, conforme mostrado na Figura 5.

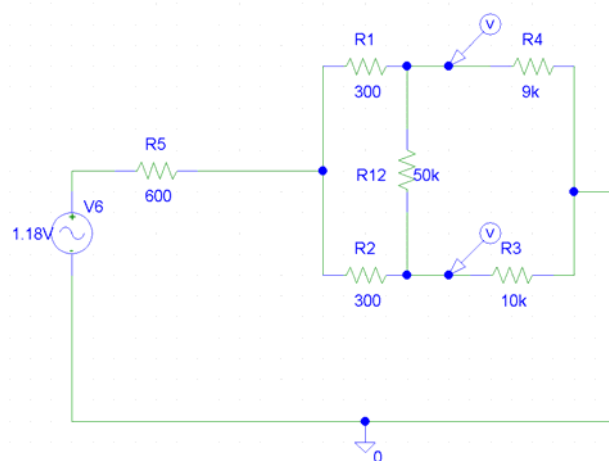


Fig. 5. Circuito equivalente para a medida de balanceamento.

Os resistores R_1 e R_2 são os resistores propostos pela norma, com tolerância entre si de 0,1 %. O resistor R_5 representa a impedância do gerador e a fonte de tensão foi alterada para 1,18 V de forma a garantir a tensão de aproximadamente 1 V sobre os resistores de 300Ω . Desta forma, monitorando a tensão aplicada no circuito de medição é possível usar geradores com impedância maior que 6Ω , conforme exigido na norma, e garantir o valor da tensão aplicada na entrada da ponte. Os resistores R_3 e R_4 representam um terminal de teste desbalanceado e o resistor R_5 representa a impedância do medidor. A perda por balanceamento será o divisor de tensão entre os dois braços da ponte. Para facilitar o equacionamento, considera-se que a corrente circulante no medidor seja nula assim:

$$VR_3 = V_1 \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2} \right) \quad (3)$$

$$VR_4 = V_1 \left(\frac{R_4}{R_4 + R_1} \right) \quad (4)$$

Onde: V_1 é a tensão aplicada na ponte, VR_3 é a tensão sobre o resistor R_3 e VR_4 é a tensão sobre o resistor R_4

Desta forma, de acordo com [1], V_g será a tensão aplicada nos resistores de R_1 e R_2 , e V_t será o módulo da diferença entre VR_3 e VR_4 , assim tem-se:

$$Bal = 20 \log \left(\frac{|VR_3 - VR_4|}{V_1} \right) \quad (5)$$

Onde: Bal – Perda por balanceamento longitudinal.

Substituindo as equações (3) e (4) em (5), tem-se:

$$Bal = 20 \log \left(\frac{R_3}{R_3 + R_2} - \frac{R_4}{R_4 + R_1} \right) \quad (6)$$

Substituindo os valores estabelecidos na Figura 4 em (6) obtêm-se um valor de balanceamento longitudinal de -50,084dB que será utilizado como referência para a comparação utilizando um medidor de 30kΩ de impedância de entrada.

3. SIMULAÇÃO

A simulação com programa Pspice® é baseada no circuito equivalente mostrado na Figura 4 sendo algumas condições atribuídas antes para a comparação. Começando no caso ideal onde a impedância do medidor é considerada infinita e a impedância do gerador é desprezível e a tolerância dos resistores nula, desta forma o circuito equivalente é mostrado na Figura 6.

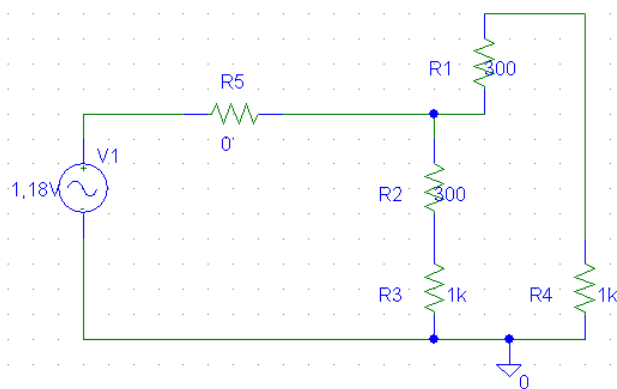


Figura 6. Circuito proposto para simulação.

Se for colocado a impedância de 50 kΩ entre os resistores R_3 e R_4 para simular a carga do medidor conforme mostrado na Figura 5.

Seguindo o mesmo critério, foi executada a simulação alterando a impedância do medidor para 30kΩ. Para uma comparação mais efetiva, foram escolhidos vários valores para o resistor R_4 simulando desbalanceamento que podem ocorrer em uma medição. Desta forma, na Tabela 1, tem-se a comparação dos valores obtidos na simulação para os casos apresentados, através da variação do resistor R_4 de 9,5 a 3kΩ. Observa-se que a diferença entre os valores apresentados para o caso do medidor de 50 kΩ e o caso do medidor de 30 kΩ e no máximo de - 0,07 dB na faixa de leitura de -56 a -24 dB. Desta forma, mostra-se que a diferença entre os valores obtidos com a mudança da impedância do medidor 50 kΩ para 30 kΩ não é grande e pode ser observada na Figura 7. Para melhor exemplificar esta mudança de impedância do medidor, a norma TELEBRAS SDT 245-100-506 [3], Procedimento de Ensaios para Homologação e Qualificação de Aparelhos Telefônicos, apresenta com necessário o uso de um amplificador de impedância maior que 100kΩ. Assim, a comparação entre as normas atual e a antiga pratica da TELEBRAS esta mostrada na Tabela 1. Com os valores de impedâncias dos medidores variando de 30 a 100 kΩ são mostradas os resultados das simulações de balanceamento longitudinal na Tabela1.

Resistência simulada R3 (kΩ)	Resistência simulada R4 (kΩ)	Desbalanceamento calculado com impedância de entrada de 30kΩ (dB)	Desbalanceamento calculado com impedância de entrada de 50kΩ (dB)	Desbalanceamento calculado com impedância de entrada de 100kΩ (dB)
10kΩ	9,5kΩ	-56,727	-56,660	-56,610
10kΩ	9kΩ	-50,251	-50,185	-50,134
10kΩ	8 kΩ	-43,242	-43,176	-43,125
10kΩ	7 kΩ	-38,604	-38,538	-38,489
10kΩ	6 kΩ	-34,825	-34,760	-34,710
10kΩ	5 kΩ	-31,385	-31,320	-31,270
10kΩ	4 kΩ	-27,984	-27,914	-27,870
10kΩ	3kΩ	-24,344	-24,280	-24,232

Tabela 1- Comparação entre os valores de balanceamento longitudinal simulado para as impedâncias de medidores variando de 30 a 100kΩ.

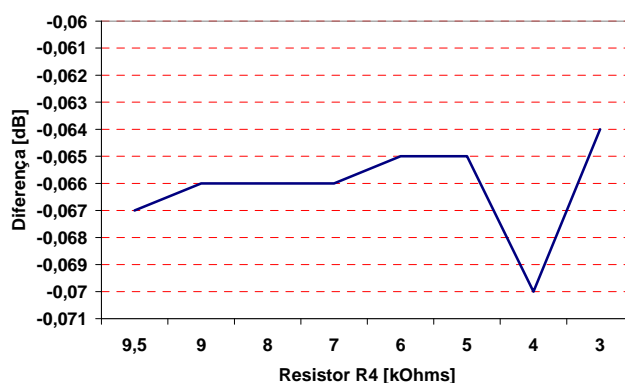


Figura 7- Diferenças dos valores de perda por balanceamento longitudinal para a impedância do medidor de 50kΩ e 30kΩ.

Com os resultados obtidos pode-se ainda calcular a diferença entre o caso com a impedância do medidor de 100kΩ e o caso de impedância de 50 kΩ. Observe que a maior diferença neste caso ficou em -0,051 dB conforme mostra a figura 8.

A exigência de geradores com impedâncias menores que 6Ω justifica-se pelo fato da tensão na entrada do circuito de medição variar com o valor do balanceamento, pois existirá um divisor de tensão entre os resistores de 300Ω do braço de entrada e a impedância do balanceamento. Entretanto se a tensão de entrada do circuito de medição for ajustada e monitorada o erro causado pela impedância interna do gerador é compensado. Assim se o gerador de impedância interna de 6Ω for substituído por um gerador de impedância interna de 600Ω e na saída, um medidor de alta impedância conferir o valor desejado, é garantido o nível aplicado na entrada do circuito de medição. Na Figura 9 é mostrado um esquema de ligação com o medidor de alta impedância (maior que 30kΩ, pelo menos).

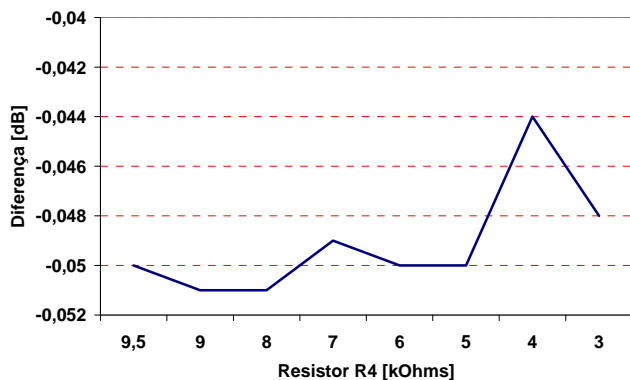


Figura 8-Diferença dos valores de perda por desbalanceamento longitudinal para a impedância de 50 k Ω e 100k Ω .

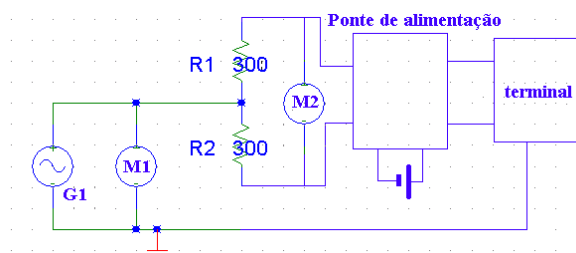


Figura 9-Uso do medidor M1 para ajustar o nível de referência em função da variação de balanceamento.

Com este artifício é possível reduzir o efeito da variação do nível na entrada dos resistores R_1 e R_2 do circuito de medição, minimizando o erro de carregamento no gerador.

4. CONCLUSÃO

O uso de medidores com módulo de impedância de 30 k Ω , não inviabilizam os resultados da medição de balanceamento longitudinal, a diferença ficou em torno de -0,07dB para valores de balanceamento longitudinal variando de -24 a -56 dB, sendo estes valores típicos para balanceamento longitudinal, assim a exigência do anexo a resolução 473[2] na medição de balanceamento longitudinal no uso de medidores com impedâncias maiores que 50k Ω e geradores com impedância interna menor que 6 Ω podem ser justificadas. Na comparação do valor teórico com o valor simulado para o caso do medidor de 50k Ω , a diferença apresentado foi de -0,051dB, de acordo com o gráfico da Figura 8. Portanto, a alteração da impedância do medidor é possível, causando uma incerteza menor que -0,1 dB, sendo este valor menor que as contribuições de incerteza do circuito alimentador e nos capacitores de acoplamento, propostos na norma, conforme mostrado em [4]. Outro dado a ser avaliado nesta medição é o efeito da variação dos resistores de 300 Ω , usados no circuito de medição, a variação de 0,1 %, corresponde a variação entre si de 0,3 Ω . Esta variação contribui com uma incerteza que dependerá do valor do balanceamento, por exemplo, para o caso do medidor de 100k Ω e o valor de balanceamento de -50,134dB, a variação dos resistores provoca a mudança do valor simulado nos valores extremos de -50,213dB até -50,048dB. Esta incerteza neste caso será de -0,079 a +0,086dB. Desta forma, o aumento da contribuição da incerteza relativa ao medidor está na mesma ordem de grandeza dos efeitos da variação do circuito de medição. O anexo a norma 473, dispõe na sua descrição a utilização de

outros procedimentos diferentes dos apresentados, desde que sejam compatíveis e tenham resultado equivalentes. Desta forma o uso de geradores com impedância interna de 600 Ω e medidores de impedância de 30k Ω , usados nas medições de balanceamento longitudinal, não inviabilizam o resultado final, desde que sejam tomados os cuidados descritos neste artigo. A finalidade deste estudo é viabilizar o uso de medidores seletivos com impedância de medição maiores que 30 k Ω , pois, entre os atuais fabricantes não foi encontrado equipamentos que apresentassem valores de impedâncias compatíveis com o anexo a resolução 473, forçando a aquisição de equipamentos mais antigos que satisfazem este requisito. Portanto para que este procedimento possa executar o teste de balanceamento longitudinal é necessário que seja feita a montagem mostrada na figura 9 e que os valores de tensão aplicados nos resistores de 300 Ω , sejam monitorados em todas as frequências e corrigidos quando necessário para o valor 0,775 V, e a incerteza final deverá ser acrescida de -0,07dB para o pior caso.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao INATEL pela oportunidade de divulgação da nossa pesquisa em metrologia.

REFERENCES

- [1] M. Bidlingmaier, A. Haag, K. Kuhnermann, *Técnicas de Medição em Telecomunicações*. Livraria Nobel, 1984
- [2] AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES (ANATEL). *Regulamento da interface usuário – rede e de terminais do serviço telefônico fixo comutado*. Anexo à Resolução nº 473, 2007.
- [3] SISTEMA DE DOCUMENTAÇÃO TELEBRÁS. *Procedimentos de ensaio para homologação e qualificação de aparelhos telefônicos*. SDT 245-100-506, 1988.
- [4] Volpato R. M., Silveira M.- *Análise da Incerteza de Medição de Perda de Retorno para Baixas frequências- VI SEMETRO*, Rio de Janeiro 2005