

Projeto assistido por Computador de um Sistema de Medição para Tensões de Impulso de 1MV.

* S. R. Naidu

** Laurinda L. N. dos Reis

O presente artigo descreve uma técnica para otimização dos parâmetros de um sistema para medição de tensões impulsivas de 1MV. A resposta ótima do modelo do sistema de medição apresenta um tempo de resposta menor do que 15ns.

INTRODUÇÃO

Um sistema de medição convencional para altas tensões de impulso, fig. 1, consiste de um divisor, cabo "lead" de alta tensão, resistores de amortecimento, cabos para medição de baixa tensão, um osciloscópio ou instrumento de indicação, e circuito de retorno para terra. O divisor é do tipo resistivo. O braço de A. T. do divisor é de fio resistivo não indutivo envolvido numa coluna isolante e o braço de B. T. é um outro resistor não indutivo de baixo valor ôhmico. Um componente adicional do divisor é o eletrodo de blindagem que está localizado perto do terminal de A. T. e está conectado ao divisor através de resistores de amortecimento.

O eletrodo de blindagem tem bastante influência no acoplamento da capacitância parasita com o braço de A. T. e, conseqüentemente, no desempenho do sistema de me-

dição. Para um dado sistema de medição, existe uma geometria ótima do eletrodo de blindagem que proporciona melhores características de resposta.

Este artigo apresenta um procedimento iterativo no qual os parâmetros são variados iterativamente. Os parâmetros considerados no procedimento de otimização são as resistências de amortecimento, a geometria do eletrodo de blindagem, e a resistência do braço de B. T.

MODELO DO CIRCUITO EQUIVALENTE DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

O primeiro passo no procedimento de otimização é a análise do sistema de medição para um conjunto de condições iniciais escolhidas.

Os resistores de amortecimento e o braço de A. T. do divisor são representados no circuito equivalente por suas indutâncias residuais e resistências concentradas. O braço de A. T. é discretizado em várias seções iguais conectadas em série. Cada seção sendo representada por suas indutâncias residuais e resistências concentradas. O "lead" de A. T. é representado por uma linha de transmissão sem perdas.

A técnica para modelagem das capacitâncias parasitas e

* Ph.D. — University of Liverpool (1975).
Professor do Depto. de Enge. Elétrica da UFPB - Campina Grande.

** M. Sc. — Universidade Federal da Paraíba.
Professora do Depto. de Enge. Elétrica da UFC.

do divisor baseia-se no cálculo do campo eletrostático ao longo da coluna resistiva. | 1 |.

Os parâmetros do circuito equivalente de capacitâncias parasitas são escolhidas tais que:

- a capacitância total de entrada do circuito equivalente é igual à capacitância de entrada do divisor;
- a distribuição de potencial eletrostático ao longo da coluna do divisor é igual à distribuição de tensão capacitiva do circuito equivalente.

$$|y| \cdot |x| = |B| \cdot |x|$$

onde $|x|$ é o vetor de variáveis da rede. Um dos elementos deste vetor é a resposta $X_m(t)$. No caso ideal, a resposta seria idêntica à excitação aplicada, retardada pelos tempos de trânsito para o "lead" de A. T. e à excitação aplicada retardada pelos tempos de trânsito para o "lead" de A. T. e o cabo de medição.

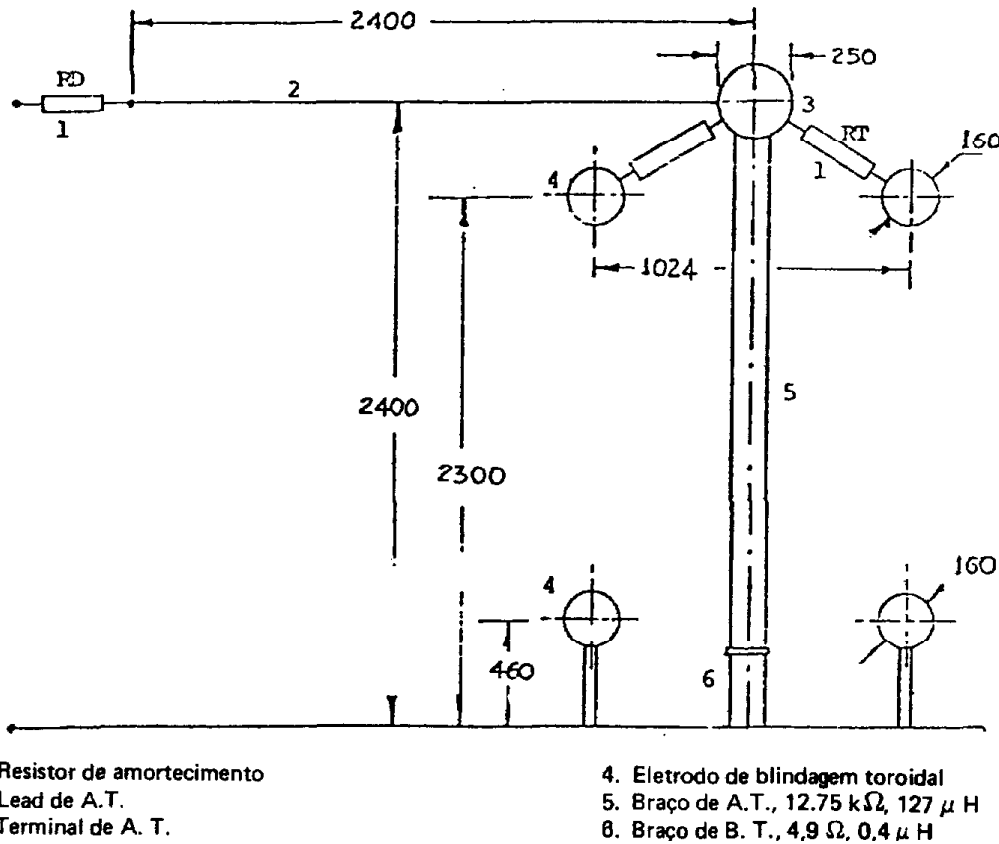


Figura 1. Sistema de medição para altas tensões de impulso.

A técnica de simulação de carga | 2 | é adequada para a determinação das distribuições de potenciais e das capacitâncias de entrada. Este método dá um conjunto de equações algébricas lineares para a simulação de cargas localizadas dentro dos limites das superfícies metálicas.

RESPOSTA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO

A exatidão de uma medição de tensão de impulso pode ser obtida de alguma forma generalizada da resposta do sistema de medição. O tipo de resposta que tem sido usada para sistemas de medição de impulso é o da resposta degrau. Contudo, a resposta rampa (ou outra qualquer) pode também ser usada no procedimento de otimização.

Considere uma tensão degrau unitário $X_m(t)$ aplicada aos terminais do circuito equivalente da fig. 2. As equações de rede para este circuito podem ser feitas para uma dada excitação, e são da forma:

Uma medida do desvio da resposta real para a resposta ideal é a funcional erro F , onde

$$F = \int_0^{TN} (1/2) \cdot (x_m - \hat{x}_m)^2 \cdot dt \quad (1)$$

O cálculo do gradiente da funcional erro com respeito aos parâmetros do circuito equivalente está descrito na referência | 3 |. Se as capacitâncias parasitas e os resistores de amortecimento são os parâmetros variáveis, então

$$F = |G_C|^t \cdot |\delta C| + G_{RD} \cdot \delta RD + G_{RT} \cdot \delta RT \quad (2)$$

onde $|c|$ é o vetor de capacitâncias parasitas, $|G_C|$ é o gradiente de F em relação a $|C|$, e RD , RT são só resistores de amortecimento (fig. 1). Note que o vetor linha

$$|C|^t = |CKG, CS, CL_1, CL_2 \dots CL_m, CM_2, CM_3 \dots \dots CM_m| \quad (3)$$

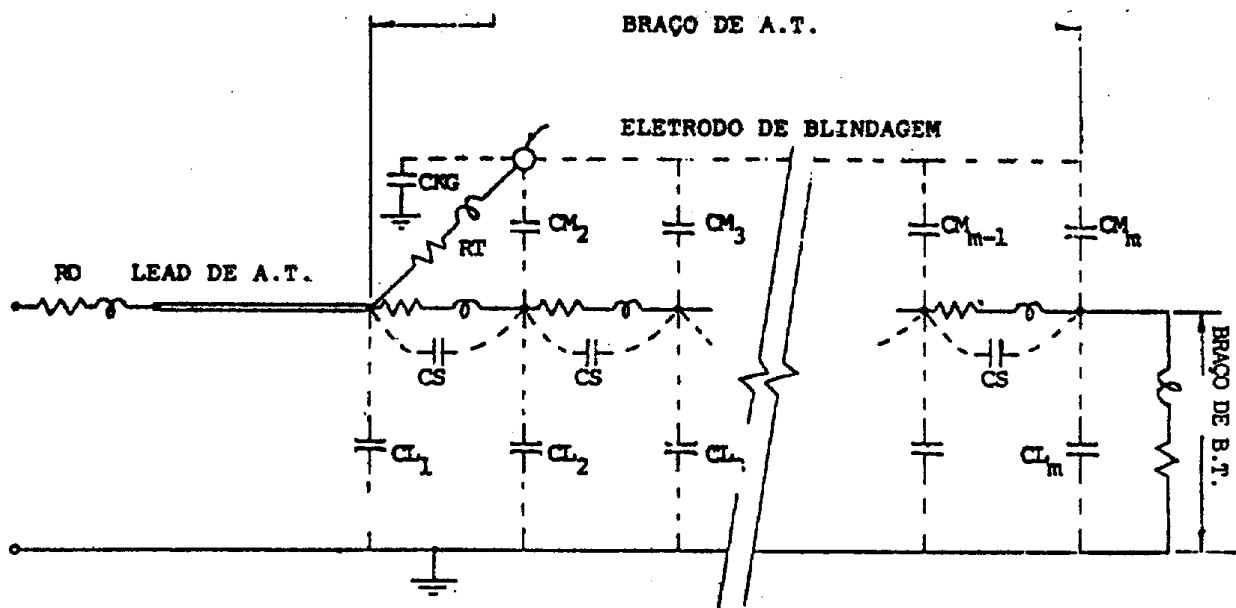


Figura 2. Circuito equivalente para o sistema de medição.

e o correspondente vetor gradiente

$$|G_c|^t = |G_{CKG} \cdot G_{CS} \cdot G_{CL_1} \dots G_{CL_m} \cdot G_{CM_2} \dots G_{CM_m}| \quad (4)$$

onde CKG é a capacitância entre o eletrodo blindagem e terra, CS capacitâncias em paralelo com cada seção do braço de A. T., CL_i capacitâncias para terra entre o braço de A. T. e terra, e CM_i capacitâncias entre o braço de A. T. e o eletrodo de blindagem.

Aplicando este procedimento de projeto ao sistema de medição como citado, a primeira variação do desempenho funcional torna-se:

$$F = G_{RD} \cdot \delta RD + G_{RT} \cdot \delta RT + \Sigma (\alpha_j \cdot f_{aj} + \beta_j \cdot f_{bj}) \cdot \delta \rho_j \quad (5)$$

Os elementos f_{aj} , f_{bj} são os negativos dos campos elétricos na direção ρ_j . O subscrito "a" refere-se ao caso em que o eletrodo de blindagem está eletricamente conectado ao terminal de A. T. e "b" eletrodo de blindagem isolado. O gradiente do desempenho funcional em relação aos parâmetros RD, RT e as distâncias do perfil ρ_j são agora determinadas.

PROCEDIMENTO DE ALGORITMO

O procedimento iterativo é feito da seguinte maneira:

1. Escolha a geometria inicial para o eletrodo de blindagem e os valores dos resistores de amortecimento.
2. Calcule o campo eletrostático na superfície do eletrodo de blindagem, as distribuições de potencial eletrostático v_j , e_j , e as capacitâncias de entrada CT₁, CT₂. Determine os parâmetros do circuito equivalente para o divisor.

3. Analise o circuito equivalente para uma excitação de tensão degrau e obtenha o gradiente da rede G_c . [5].
4. Resolva o conjunto de equações da rede para obter os multiplicadores de Lagrange.
5. Determine o gradiente da funcional de desempenho.
6. Altere os valores das resistências de amortecimento e as distâncias do perfil radial para o eletrodo de blindagem conforme a técnica de gradientes. [5].

CONCLUSÕES

Um procedimento iterativo é proposto para a determinação da resposta ótima de divisores de potencial resistivo. Um divisor de potencial para impulsos de 1MV foi construído e seu tempo de resposta é menor do que 15ns. Medições adicionais podem ser feitas, a fim de se observar o desempenho do sistema de medição para impulsos cortados na frente e impulsos atmosféricos normalizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. NAIDU, S. R. e NETO, A. F. C. "The stray capacitance equivalent circuit of resistive voltage dividers". To be published.
2. SINGER, H., STEINBIGLER, H. e WEISS, P. "A charge simulation method for the calculation of high voltage fields". Trans. IEEE, Power Apparatus and Systems, Vol. PAS - 93, pp. 1660 - 1668, 1974.
3. ROHRER, R. A. "Fully automated network design by digital computer-Preliminary considerations". Proc. IEEE, vol. 53, pp. 1701 - 1706, 1965.
4. DOMMEL, H. W. "Digital computer solution of electromagnetic transients in single and multiphase networks". Trans. IEEE, Power Apparatus and Systems, Vol. PAS - 88, pp. 388 - 390, 1969.
5. FLETCHER, R. e REEVES, C. M. "Function minimization by conjugate gradients". Computer Journal, vol. 7, pp. 149 - 154, 1964.