

AJUSTE DE UM MODELO LINEAR PARA DETERMINAR NÍVEIS DE SOBRETENSÃO ATMOSFÉRICA EM UMA LINHA DE DISTRIBUIÇÃO RURAL¹

Joaquim Paulo da SILVA², Carlos Rogério de MELLO³, Daniel Furtado FERREIRA⁴

RESUMO: O conhecimento dos níveis de sobretensão que podem atingir equipamentos em uma linha de distribuição rural é de suma importância para o desenvolvimento de proteção para os mesmos. Em função disso, este trabalho buscou ajustar uma regressão linear com base em parâmetros físicos que regem o comportamento das descargas atmosféricas em uma linha de distribuição, trabalhando estatisticamente níveis de sobretensão provenientes de um simulador computacional de acesso restrito. Com isto, torna-se possível estimar o valor da sobretensão que poderá atingir um equipamento, melhorando a eficiência do sistema de proteção e garantindo o fornecimento contínuo de energia elétrica aos processos agroindustriais.

PALAVRAS-CHAVE: Energia, sobretensão atmosférica, regressão linear

ABSTRACT: The knowledge of the transient levels which can strike equipments of Rural Distribution Lines is very important to the development of protection devices. To do so, this work fitted physical parameters relevant to the behavior of atmospheric surge transients of a distribution line through a linear regression, working statistically with transient levels generated by computational simulations. Therefore, it is possible to estimate the threshold transient level that will strike an equipment, improving the effectiveness and ensuring continuous electric energy to the agricultural and industrial process.

KEYWORDS: Energy, atmospheric surge transients, linear regression

INTRODUÇÃO: A incidência de descargas elétricas de origem atmosférica no meio rural brasileiro é bastante comum devido às características fisiográficas do país. Prejuízos como queima de equipamentos e interrupção do fornecimento de energia elétrica são corriqueiros, levando a perdas significativas. Portanto, proteger instalações contra descargas atmosféricas tornou-se indispensável, bem como a realização de pesquisas voltadas para esta temática. As proteções desenvolvidas não obedecem critérios técnicos, surgindo problemas principalmente quanto à locação e tensão disruptiva de pára-raios de baixa tensão e módulos de proteção. Tendo-se conhecimento da sobretensão que poderá atingir um equipamento, é possível melhorar significativamente a eficiência do sistema de

¹ Trabalho de Iniciação Científica

² M.Sc. em Engenharia Elétrica - Sistemas Elétricos de Potência, DEX-UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras-MG, Fone (035)829-1379.

³ Estudante de Engenharia Agrícola - bolsista PIBIC/CNPq, DEX-UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras-MG, Fone (035)829-1379.

⁴ D.Sc. em Genética e Melhoramento de Plantas, DEX-UFLA, Caixa Postal 37, CEP 37200-000, Lavras-MG, Fone (035) 829-1369.

proteção, tornando-se a escolha destes dispositivos simples e eficiente. Para que isto seja possível, deve-se trabalhar com o nível básico de isolamento de linhas de distribuição, segundo Silva et al.(1996), a sua constituição física limita os níveis das descargas em no máximo 100 kV, tornando-se possível prescrever os níveis de sobretensão em função dos parâmetros preponderantes ao longo de uma linha de distribuição.

MATERIAL E MÉTODOS: Os dados foram provenientes de simulações computacionais com o programa Alternative Transients Program da Boneville Power Administration, no qual foi estruturado um circuito elétrico para representar uma instalação típica rural, monofásica, com um transformador de 15 kVA e um pára-raios de linha. Neste circuito, procurou-se variar as distâncias, entre o transformador e o equipamento, de 1 a 100 m, em intervalos de 10 em 10m e impedâncias de surto da tensão primária e secundária, de 360, 400, 460 e 500 ohm, fazendo-se quatro combinações diferentes. Os valores de resistência de solo foram separados em altos e baixos, sendo considerados baixos os que estão no intervalo de 2 a 30 ohm, simulados de 2 em 2 ohm, totalizando 660 simulações, e altos, entre 25 a 500 ohm, simulados de 25 em 25 ohm, onde os valores de 25 ohm foram eliminados, totalizando 836 simulações. Para as estimativas dos parâmetros das equações, trabalhou-se com o método Stepwise no programa SAS[®], onde através do coeficiente de determinação (R^2), do coeficiente de variação (CV), gráficos de dispersão do resíduo e a significância de cada variável independente, pôde-se estabelecer o modelo matemático apropriado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Através dos critérios estatísticos propostos para o caso de resistência de solo entre 2 e 30 ohm, foi possível garantir que o modelo selecionado e apresentado a seguir pode, dentro de conceitos estatísticos, ser considerado como perfeitamente válido. Foi obtido um coeficiente de determinação (R^2) de 97,9%, valor consideravelmente elevado; encontrou-se um CV de 9,15%, e todos os coeficientes de regressão estimados podem ser considerados altamente significativos, ou seja, ($P < 0,01$). Com isto, a equação estimada ficou assim estabelecida:

$$S = 68,2 - D \times (145,7/D^2 + 6,7 \times 10^{-1}) - 2,5 \times 10^{-4} \times IA^2 + Re \times [72,8 - D \times (1,97 \times 10^{-1} - 36,2/D^2) - 2,4 \times 10^{-1} \times Re - 3,1 \times 10^{-2} \times IB]$$

Para casos em que a resistência de solo fica entre 30 e 500 ohm, a equação é ainda mais satisfatória (figura 1), obtendo-se um R^2 de 99,5%, com um CV de 2,4%, com todos os coeficientes estimados altamente significativos ($P < 0,01$) e pelas figuras 1 e 2, vê-se que não há discrepâncias significativas entre o simulado e o estimado. A equação estimada é a seguinte:

$$S = 2250,7 + Re \times [21,6 - 25738/Re^2 + D \times (6,9 \times 10^{-2} - 3,9/D^2 - 9,6 \times 10^{-5} \times Re) - 6,4 \times 10^{-3} \times IB] - D \times (1,4 \times 10^{-2} \times IB - 1634,1/D^2 + 6,9) - 3,5 \times 10^{-4} \times IA^2$$

em que S é a sobretensão estimada; Re é a resistência de solo; D é a distância entre o transformador e o equipamento; IA é a impedância de surto do cabo primário; IB é a impedância de surto do cabo secundário.

CONCLUSÕES: Através dos resultados obtidos pode-se concluir que ambas as equações são estatisticamente válidas para a obtenção do valor da sobretensão provável para cada circuito específico, desde que os parâmetros resistência de solo, distância transformador-

equipamento e impedâncias fiquem dentro dos intervalos estabelecidos pelo presente trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

SILVA, J.P.; MELLO, C.R. Desempenho dos pára-raios de ZnO e SiC durante a incidência de descargas atmosféricas nas redes de energia elétrica da UFLA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 25, Bauru. 1996. **Resumos ...** Bauru: UNESP, 1996. p.479.

FUNDAÇÃO DE PESQUISA E AMPARO À INDÚSTRIA. **Manual do ATP;** Transitórios Eletromagnéticos. Itajubá, 1991. v.5.

SYSTEM ANALYSES STATISTICAL. **Language guide for personal computers.** 6. ed. Cary: SAS Instituto Inc, 1985. 429p.

ANDERS, G.J. **Probability concepts in electric power systems.** Toronto: A Wiley - Interscience Publication, 1989. 682p.

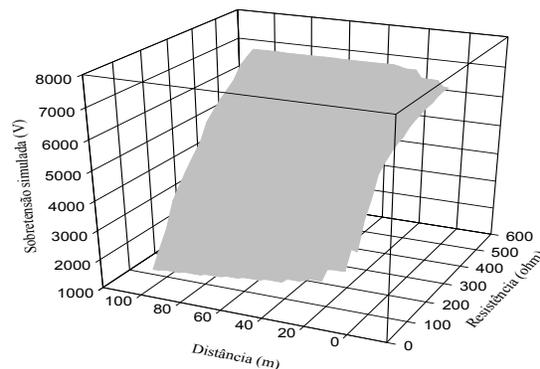


FIGURA 1 - Sobretensão simulada em função da distância e da resistência

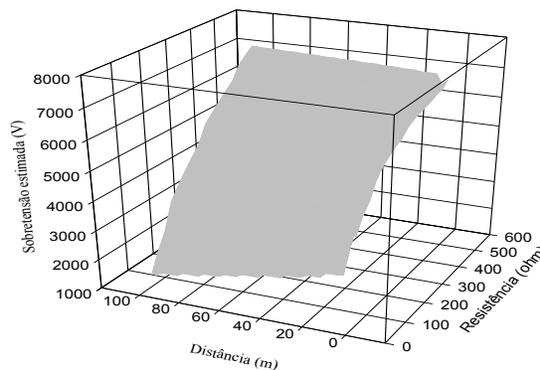


FIGURA 2 - Sobretensão estimada em função da distância e da resistência