



Instituto Politécnico, Nova Friburgo
August 30th - September 3rd, 2004

Paper CRE04 - PM25

Modelagem de Cabos de Linhas Aéreas em Suportes Flexíveis

Petroneo Pereira¹, Eduardo M. O. Lopes²

Departamento de Eng. Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC
Caixa Postal 476, CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil
¹petroneopereira@hotmail.com, ²lopes@pisa.ufsc.br

As linhas aéreas de transmissão de energia elétrica constam fundamentalmente de duas partes distintas. Uma é a parte ativa, representada pelos cabos condutores, que servem de guias aos campos elétrico e magnético. Esses cabos são obtidos pelo encordoamento de fios metálicos em torno de um fio central, que são os agentes do transporte de energia. A outra é parte passiva, constituída pelos isoladores, ferragens e estruturas, que assegura o afastamento dos condutores do solo e entre si [1].

Os esforços de natureza permanente não possuem o mesmo grau de complexidade de análise que aquele dos esforços transitórios que o cabo recebe e passa para a seu suporte. A importância do estudo das vibrações nas linhas de transmissão é de grande valia para garantir sua confiabilidade do ponto de vista operacional. Embora os esforços estáticos de tração nos cabos condutores sejam de ordem muito superior que a dos esforços dinâmicos, estes podem ser altamente prejudiciais, devido a sua característica alternativa.

O efeito do vento soprando sobre os cabos condutores resulta numa força proporcional à velocidade do vento e perpendicular ao eixo longitudinal dos cabos, que é transmitida para os suportes dos mesmos. As oscilações provocadas nos condutores devem ser amortecidas, caso contrário, poderão chegar a valores críticos e culminar com o rompimento dos cabos, principalmente por fadiga ou também pelo efeito da grande amplitude de vibração, que poderá danificar seriamente os suportes [2].

Via de regra, os modelos utilizados para a descrição do comportamento dinâmico dos cabos não leva em consideração a flexibilidade de seus suportes, o que pode ser de grande valia em ações de controle de vibração. O modelo aqui exposto introduz esta consideração, permitindo a variação dos parâmetros de interesse, tais como a tensão do cabo, a densidade do cabo e rigidez do suporte. São analisadas três situações de vibração:

- Vibrações livres não amortecidas;
- Vibrações livres amortecidas;
- Vibrações forçadas por excitação impulsiva.

A novidade do modelo desenvolvido está no surgimento de duas novas condições de contorno nas extremidades do cabo, para solucionar a equação da onda. Essa equação envolve duas derivadas de segunda ordem, uma espacial e outra temporal, além de uma constante que relaciona as duas derivadas de segunda ordem. O problema é resolvido pelo método da separação de variáveis, onde tem-se que a resposta (deflexão) é a multiplicação de um termo espacial (modo de vibrar) por um termo temporal [3]. O termo espacial, ou modo de vibrar, tem a forma de uma soma de seno e co-seno, sendo o primeiro multiplicado por uma constante. A fim de facilitar o desenvolvimento do modelo, os modos de vibrar foram ortonormalizados.

A análise do cabo nas duas primeiras situações de vibração tem como condições iniciais que o cabo parte de um modo de vibrar qualquer (ou seja, essa é sua deflexão inicial) e que sua velocidade inicial é nula. As hipóteses feitas são: movimento somente em uma direção; deslocamentos angulares pequenos ao longo do cabo, fazendo com que a tensão seja praticamente constante; força externa nula e valores iguais de rigidez nos dois suportes flexíveis.

Na análise do cabo submetido a vibrações forçadas, com uma força impulsiva localizada em qualquer ponto ao longo do cabo (responsável por colocar o sistema a oscilar), as condições iniciais mudam, porque agora a deflexão inicial é nula e a velocidade inicial assume um valor determinado pela intensidade da força externa aplicada (segundo o teorema do impulso). Observa-se que todas as hipóteses feitas anteriormente continuam válidas.

Verifica-se, nas simulações numéricas, que para um valor de rigidez dos suportes considerado “alto”, o comportamento do cabo nos suportes assemelha-se ao de um engaste. Para um valor considerado “médio”, verifica-se uma certa deflexão do cabo nos suportes e para um valor considerado “baixo”, esta deflexão do cabo nos suportes atinge valores elevados. Todas estas ocorrências são explicadas pelo fato de que o modo de vibrar é uma soma de seno e co-seno e quanto mais baixa a rigidez dos suportes, mais alta é a participação do co-seno no modo.

O trabalho aqui sumarizado está sendo desenvolvido, atualmente, dentro do projeto intitulado “Desenvolvimento final de neutralizador dinâmico viscoelástico para cabos de linhas aéreas”, parcialmente financiado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), no âmbito do Fundo Setorial de Energia.

REFERÊNCIAS

- [1] Almeida, M. T., Fuchs, R. D., **Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão**, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo (1982).
- [2] Teixeira, P. H.; **Controle de vibrações em cabos singelos das linhas de transmissão aéreas de energia elétrica através de neutralizadores viscoelásticos**, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina (1997).
- [3] Inman, D. J., **Engineering Vibration**, Prentice-Hall Book Company, New York (1996).