

APLICAÇÃO DE CÁLCULO INTEGRAL NO DIMENSIONAMENTO DO COMPRIMENTO DE CONDUTORES EM REDES DE ALTA TENSÃO

Marcos Alan Pott^a, Matheus Augusto Manthey da Silva^b e Ricardo Rubenich Roehrs^c

Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul,
Ijuí 98700-000, Brasil

^a Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica

^b Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica

^c Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica

^a marcos.pott@sou.unijui.edu.br

^b matheus.manthey@sou.unijui.edu.br

^c ricardo.roehrs@sou.unijui.edu.br

Resumo

O presente artigo tem como finalidade colocar em prática o conteúdo de derivadas e integrais, repassadas pela orientadora e professora Cláudia Piva, que tem por objetivo descobrir as funções, derivadas e o comprimento do cabo de rede de alta tensão 230 kV, através da dilatação linear e em relação a variação de temperatura da região sul do Brasil.

Palavras-Chave: Variação, Temperatura, Comprimento.

1. Introdução

Do ponto de vista do setor elétrico (geração, transmissão e distribuição de energia elétrica), os cabos aplicados nesses sistemas são considerados equipamentos, e não apenas como meio de transmissão. Neste contexto, as linhas de transmissão são projetadas para que esta dilatação não resulte em um aumento da flecha suficiente para comprometer a segurança do sistema. Sendo assim, seus parâmetros de projeto e utilização são analisados e respeitados criteriosamente. Dessa forma podemos verificar que a temperatura de um cabo de Linhas de Transmissão (LT) está diretamente relacionada aos mecanismos de troca de calor do equipamento com o meio, que por sua vez são definidos pelas condições ambientais às quais estão expostos.

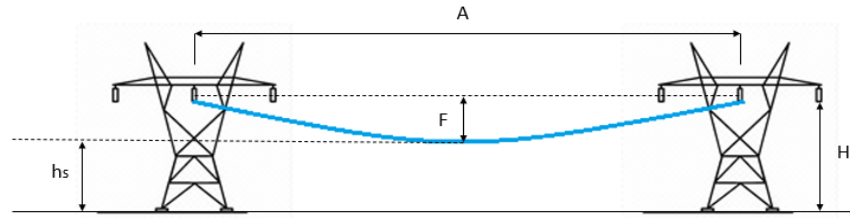
2. Descrição do Problema

Em virtude da variação térmica e da carga dos condutores, os mesmos sofrem dilatação, fazendo com que o cabo varie seu comprimento, tornando se em determinadas situações mais comprido e em outra mais curto. As linhas de transmissão deverão ser projetadas para que esta dilatação não resulte em um aumento da flecha, assim comprometendo a segurança do sistema, esta flecha é definida como a distância entre o ponto mais baixo da linha e uma referência reta imaginária interligando os isoladores de ancoragem como representado pela letra F na figura abaixo.

O presente trabalho foi desenvolvido e baseado em rede de alta tensão 230 kV, com cabo CAA 763

KCM com coeficiente de dilatação de $18,9 \times 10^{-6}$, o mesmo se localiza em zona rural, onde as torres possuem uma altura de 26,7 metros de altura até o isolante e de 500 metros de distância, necessitando de um vão livre de no mínimo 7,33 metros de altura em sua parte mais baixa, dados retirados da NBR 5422.

Figura 1: Flecha causada por aquecimento de uma linha de transmissão



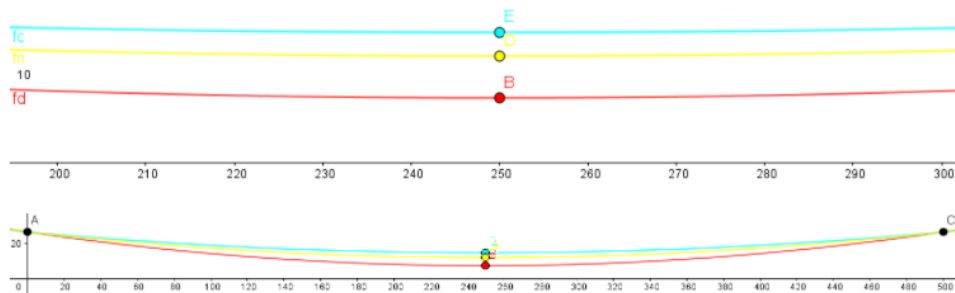
Fonte: Arquivo pessoal

3. Descrição da resolução do problema

Iniciamos o estudo sobre a dilatação linear dos cabos de rede CAA (Cabo com Alma de Aço) de 230 kV realizando as coletas de dados, tais como, coeficiente de dilatação linear do cabo, altura mínima que o cabo deve ficar em relação ao solo, fórmulas para descobrir a variação do comprimento e a variação de altura em relação a temperatura de operação do cabo.

E para facilitar e auxiliar a forma de descobrir o comprimento máximo do cabo, função, derivada de cada cabo, utilizamos o software GeoGebra, a fim de obter valores mais precisos, por meio de derivadas e integrais de cada situação. Quando o cabo está no seu estado dilatado (vermelho), normal (amarelo) e contraído (azul), pode-se descobrir a curva e o comprimento de cada cabo, conforme a tabela e imagens abaixo.

Figura 2: Efeito da dilatação do cabo



Fonte: Arquivo Pessoal

Figura 3: Dados fornecidos pelos GeoGebra

Função

- $fc(x) = 0.00019144014624 x^2 - 0.09572007312 x + 26.7$
- $fc'(x) = 0.00038288029248 x - 0.09572007312$
- $fd(x) = 0.00030992 x^2 - 0.15496 x + 26.7$
- $fd'(x) = 0.00061984 x - 0.15496$
- $fn(x) = 0.00023407301424 x^2 - 0.11703650712 x + 26.7$
- $fn'(x) = 0.00046814602848 x - 0.11703650712$
- $gc(x) = 1 + (0.00038288029248 x - 0.09572007312)^2$
- $gd(x) = 1 + (0.00061984 x - 0.15496)^2$
- $gn(x) = 1 + (0.00046814602848 x - 0.11703650712)^2$
- $hc(x) = \sqrt{1 + (0.00038288029248 x - 0.09572007312)^2}$
- $hd(x) = \sqrt{1 + (0.00061984 x - 0.15496)^2}$
- $hn(x) = \sqrt{1 + (0.00046814602848 x - 0.11703650712)^2}$

Número

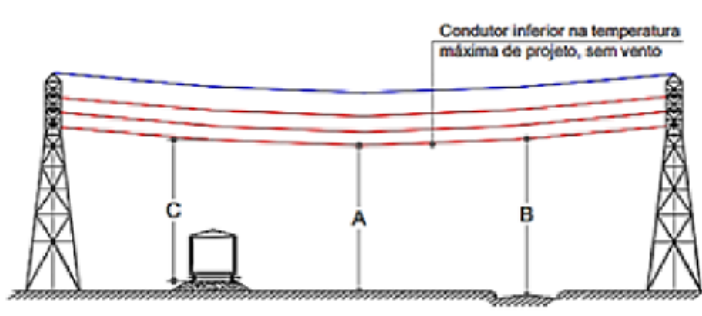
- $a = 500.7624817642063$
- $b = 501.1391281132892$
- $c = 501.99390367019623$

Ponto

- $A = (0, 26.7)$
- $B = (250, 7.33)$
- $C = (500, 26.7)$
- $D = (250, 12.07043661)$
- $E = (250, 14.73499086)$

Fonte: Arquivo pessoal

Tabela 1: Dados normativos de segurança



Condutor inferior na temperatura máxima de projeto, sem vento

Tabela 3 - Distâncias Verticais Mínimas (m)

Natureza da região	Distância	69 kV		138 kV		230 kV	
		NBR-5422	CELG D ²	NBR-5422	CELG D ²	NBR-5422	CELG G&T ²
Locais acessíveis apenas a pedestres	A	6,00	7,00	6,30	7,50	6,83	8,00
Locais onde circulam máquinas agrícolas		6,50	7,50	6,80	8,00	7,33	8,50
Ruas, avenidas e estradas rurais	B	8,00	8,00	8,30	8,50	8,83	9,00
Rodovias ¹		8,00	10,00	8,30	10,00	8,83	10,00
Ferrovias não eletrificadas	C	9,00	9,00	9,30	9,70	9,83	10,70
Ferrovias eletrificadas ou com previsão de eletrificação		12,00	12,00	12,30	12,70	12,83	13,70

Notas:
¹ Nesse caso a CELG PAR utiliza os valores exigidos pelas Instruções Normativas da Agência Goiana de Transporte e Obras - AGETOP;
² Para vãos entre 700 e 1.000 m acrescentar 0,5 m e para vãos maiores que 1.000 m acrescentar 1,00 m.

Fonte: Arquivo pessoal

4. Conclusão

Assim concluímos que, foi possível desenvolver estruturas de cálculos, nas quais foram utilizados métodos como a derivada e a integral trigonométrica, com o objetivo de determinar os parâmetros como a variação de comprimento dos cabos em função da corrente e da temperatura das linhas de transmissão de alta tensão.

No entanto, devemos destacar que o estudo apresentado acima foi baseado em dados da região sul do Brasil, mais especificamente em áreas rurais, região que possui uma grande variação de temperatura ao longo do ano, variando de 5°C negativos até aproximadamente 40°C.

Por fim, destacamos que este trabalho foi de suma importância, nos instigando a buscar ainda mais conhecimento em áreas da ciências exatas e propriamente na área da Engenharia Elétrica, trazendo dados os quais nos proporcionaram obter resultados precisos.

5. Referências Bibliográficas

DIAS, Rubens Alves. Linhas de transmissão mecânica. Slideshare, 2017. Disponível em: <https://www.slideshare.net/PulchritudoPulchritudoo/linhas-de-transmisso-mecnica-rubens-alves-dias>; Acesso em 03/06/2021.

ALUBAR. Catálogo para média tensão. ALUBAR, 2021. Disponível em: https://alubar.net.br/img/site/arquivo/Cat_Tec_Alubar_Aluminio_2015.pdf; Acesso em 05/06/2021.

ENEL. Especificação técnica para limitação do uso de faixas de linhas de subtransmissão e transmissão da CELG PAR - 69 kV, 138 kV E 230 kV. ENEL, 2010. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/go/documentos/ET-LTP.pdf>; Acesso em 03/06/2021.

CARVALHO, Renato Vaz. Monitoramento térmico de linhas de transmissão. Acervo UFPR, 2017. Disponível em:

<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/52765/R%20-%20D%20-%20RENATTO%20VAZ%20CARVALHO%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>; Acesso em 29/05/2021.

CGTI, Instituto. Recapacitação de linha de transmissão 230Kv utilizando cabo termoresistente TACSR. CGTI Publicações, 2005. Disponível em:

<https://www.cgti.org.br/publicacoes/wp-content/uploads/2016/01/RECAPACITACÃO-DE-LINHA-DE-TRANSMISSÃO-230kV-UTILIZANDO-CABO-TERMORRESISTENTE-TACSR.pdf>. Acesso em 06/06/2021.