

Samuel Domingos Maganeti Lazzarin
Otávio Luís de Oliveira
Lucas Blattner Martinho

17/05/2005

Professor: Luiz Cera Zanetta Junior

PEA2410 – Sistemas de Potência I

Cálculo de Parâmetros de Linhas de Transmissão

Para realizar os cálculos dos parâmetros de uma linha de transmissão trifásica, com transposição e espaçamento constante entre os cabos constituintes de cada fase, consideremos inicialmente o esquema apresentado na Figura 1 dos condutores que representam a referida linha.

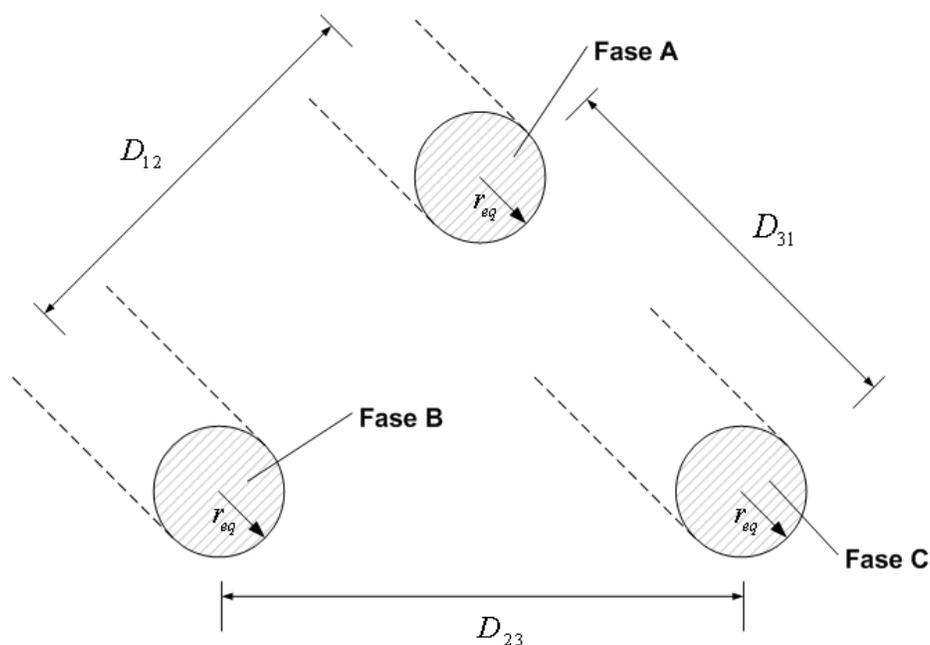


Figura 1 – Representação dos cabos da Linha Trifásica.

1 – Metodologia de Cálculo

1.1 – Cálculo da Resistência

O cálculo da *Resistência Elétrica* de um cabo de uma Linha de Transmissão pode, facilmente, ser calculado pela expressão que segue.

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S} \quad (1)$$

onde,

ρ corresponde a resistividade do material;

l corresponde ao comprimento do cabo;

S corresponde à área da secção condutora.

Ressalta-se que a secção condutora pode ser representada em mm^2 , assim como em *CM*, onde esta última é a sigla para *Circular Mil*.

Sabe-se que 1*CM* equivale a secção condutora de um círculo com diâmetro de 1 milésimo de polegada. Da mesma maneira tem-se a unidade de medida *MCM*, onde $1MCM = 10^3 CM$.

Efeito da temperatura

Sabe-se que o efeito da temperatura sobre a resistência do condutor apresenta um comportamento linear, segunda a equação 2.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{|T| + t_2}{|T| + t_1} \quad (2)$$

onde,

$T = -234,5^\circ C$ para o Cobre recozido;

$T = -241,0^\circ C$ para o Cobre à têmpera dura;

$T = -228,0^\circ C$ para o Alumínio à tempera dura.

1.2 – Cálculo da Indutância

Neste ponto passaremos ao cálculo da *Indutância* da Linha de Transmissão, sendo recomendável a revisão da Figura 1. Para efetuar-se os cálculos pode-se utilizar a expressão 3, apresentada a seguir.

$$L_{fase} = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{DMG}{r_{eq}} \right) \quad (3)$$

Os parâmetros DMG e r_{eq} são incógnitas que merecem destaque no que se refere ao modo de seu cálculo.

Cálculo de “DMG”

A variável DMG representa a distância média geométrica entre os condutores de fases distintas, sendo calculada através da expressão apresentada abaixo.

$$DMG = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{23} \cdot D_{31}} \quad (4)$$

Cálculo de “ r_{eq} ”

A variável r_{eq} representa o *raio equivalente* da fase. O raio equivalente será dado pelo *raio médio geométrico* do condutor (rmg), que pode ser encontrado na tabela de parâmetros, ou pelo raio corrigido, quando a fase for constituída por apenas um condutor.

Ressalta-se que o *raio médio geométrico* deve ser usado quando estivermos utilizando cabos encordoados, sendo que no caso de cabos maciços deve-se utilizar o raio corrigido, o qual é dado pela expressão seguinte.

$$r' = r_{externo} \cdot e^{-1/4} \quad (5)$$

onde,

$r_{externo}$ corresponde ao raio externo do condutor, que pode ser encontrado na tabela de parâmetros.

Já no caso da fase ser constituída por subcondutores, ou seja, por um *bundle*, deve-se substituir o *bundle* por um único condutor de raio r_{eq} , sendo que o cálculo do raio equivalente da fase é apresentado na seqüência. Cabe ressaltar que a incógnita “raio” que aparece nas expressões, assim como nas figuras, deve ser substituída por rmg ou por r' de acordo com o tipo de cabo que está sendo utilizado.

Fase constituída por 2 subcondutores

$$r_{eq} = \sqrt[4]{(\text{raio} \cdot e)(\text{raio} \cdot e)}$$
$$r_{eq} = \sqrt{\text{raio} \cdot e} \quad (6)$$

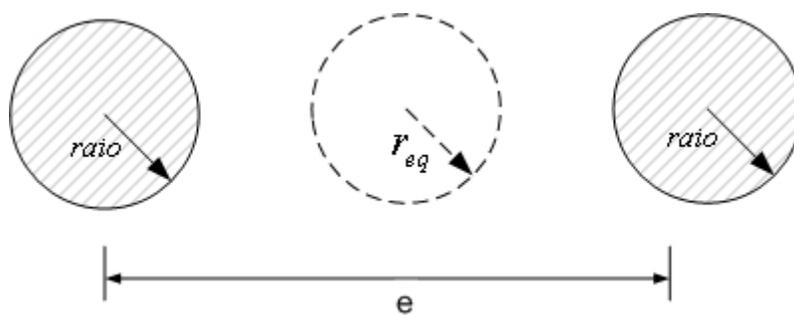


Figura 2 – Representação dos cabos constituintes da fase para um *bundle* de 2 subcondutores.

Fase constituída por 3 subcondutores

$$r_{eq} = \sqrt[3]{(\text{raio} \cdot e \cdot e)(\text{raio} \cdot e \cdot e)(\text{raio} \cdot e \cdot e)}$$

$$r_{eq} = \sqrt[3]{\text{raio} \cdot e^2} \quad (7)$$

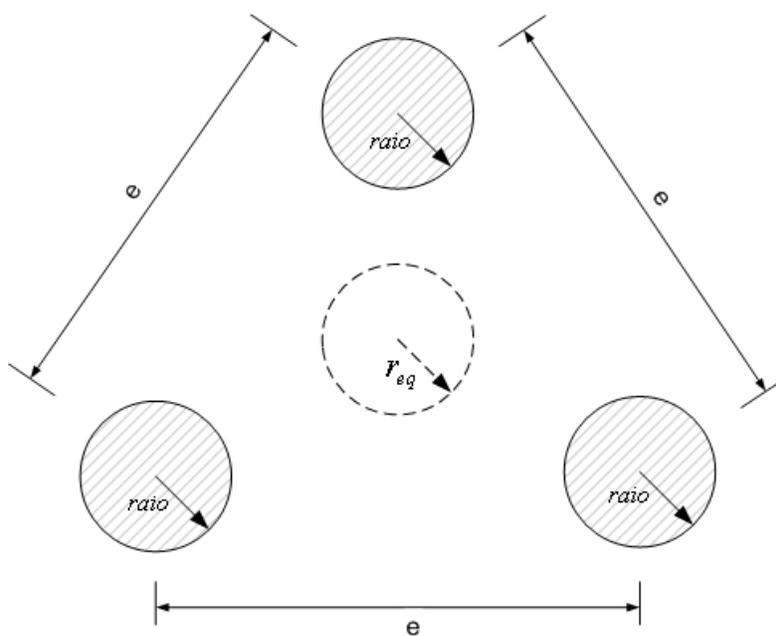


Figura 3 – Representação dos cabos constituintes da fase para um *bundle* de 3 subcondutores.

Fase constituída por 4 subcondutores

$$r_{eq} = \sqrt[16]{(\text{raio} \cdot e \cdot e \cdot e \cdot \sqrt{2})^4}$$

$$r_{eq} = \sqrt[4]{\text{raio} \cdot e^3 \cdot \sqrt{2}}$$
(8)

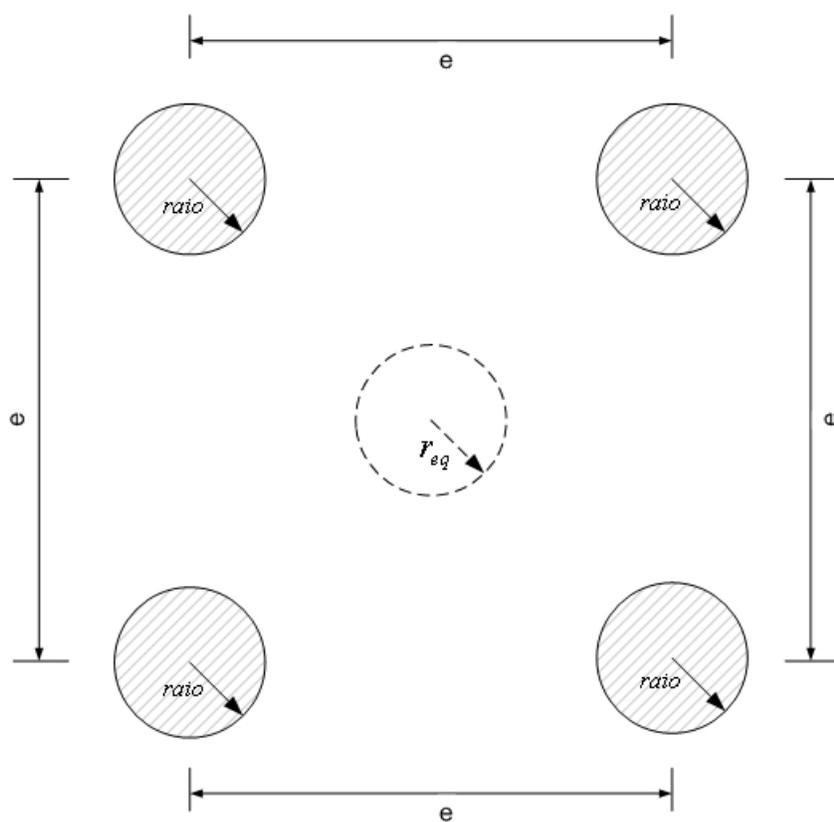


Figura 4 – Representação dos cabos constituintes da fase para um *bundle* de 4 subcondutores.

1.3 – Cálculo da Capacitância

Para o cálculo da *Capacitância* da Linha de Transmissão pode-se utilizar a expressão 9, a qual é apresentada a seguir.

$$C_{\text{fase-neutro}} = \frac{2\pi\epsilon}{\ln\left(\frac{DMG}{r_{eq}}\right)} \quad (9)$$

As variáveis DMG e r_{eq} presentes na expressão 9 são as mesmas apresentadas no cálculo da *Indutância*, logo para se determiná-las deve-se proceder exatamente da mesma maneira exposta anteriormente. *Uma ressalva deve ser observada, pois para efeito de cálculo de capacitâncias o raio de cada condutor que deve ser levado em conta é o raio externo do mesmo (r_{externo}) e não r_{mg} ou r' .*