

GERAÇÃO TRANSMISSÃO DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



PROFº. ENGº. MARCO ANTÔNIO PRIMIANI

PARAMETROS DA LINHA DE TRANSMISSÃO

- Indutância (L);
- Capacitância (C);
- Resistência (R).

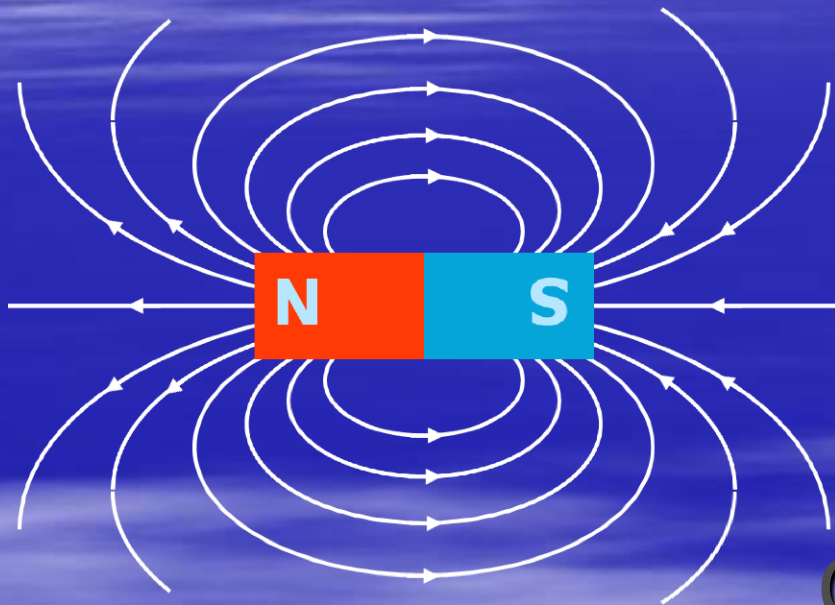
INDUTÂNCIA

- **DEFINIÇÃO:**
- Os campos elétricos e magnéticos presentes em um circuito percorrido por uma corrente são usados para definir algumas das propriedades do circuito.

INDUTÂNCIA

- As linhas de fluxo elétrico originam-se nas cargas positivas de um condutor e terminam nas cargas negativas do outro.
- As linhas de fluxo magnético são linhas fechadas e envolvem os condutores, dizemos que estão concatenadas com ao circuito.

INDUTÂNCIA



Campo magnético

Campo elétrico

INDUTÂNCIA

- A variação da corrente nos condutores provoca uma variação do número de linhas no fluxo magnético concatenadas com o circuito.
- Qualquer variação do fluxo provoca a indução de uma tensão no circuito.
- $e = dT/dt$ - onde:
- e = Tensão induzida;
- dT = Fluxo concatenado (elementar)
- dt = Variação de corrente.

INDUTÂNCIA

- Indutância é a propriedade do circuito que relaciona a tensão induzida por variação de fluxo com a taxa de variação de corrente.
- $e = L \cdot di/dt$ - onde:
- di/dt = taxa de variação da corrente.

FLUXO CONCATENADO ENTRE DOIS PONTOS EXTERNOS DE UM CONDUTOR ISOLADO



FLUXO CONCATENADO ENTRE DOIS PONTOS EXTERNOS DE UM CONDUTOR ISOLADO

As expressões a seguir mostram a parcela do fluxo concatenado devido apenas ao fluxo externo existente entre dois pontos.

FLUXO CONCATENADO ENTRE DOIS PONTOS EXTERNOS DE UM CONDUTOR ISOLADO

- $\Phi_{12} = 2 \times 10^{-7} \times I \times L \times \ln(D_2/D_1)$ (Weber-espiras/m)
- $L_{12} = 2 \times 10^{-7} \times L \times \ln(D_2/D_1)$ (Henry / metros)
- $L_{12} = 0,7411 \times L \times \log(D_2/D_1)$ (mH / milha)
- 1 Milha = 1,609 Km

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA MONOFÁSICA A DOIS FIOS



INDUTÂNCIA DE UMA LINHA MONOFÁSICA A DOIS FIOS

$$L1 = 2 \times 10^{-7} \times \ln \times D / (r1 \times e^{-1/4})$$

$$r1 = e^{-1/4} = r'1$$

$$L1 = 2 \times 10^{-7} \times \ln \times D/r'1 \text{ (Henry / metro)}$$

$$L1 = 0,7411 \times \log \times (D/r'1) \text{ (mH / milha)}$$

$$L2 = 2 \times 10^{-7} \times \ln \times D/r'2 \text{ (Henry / metro)}$$

$$L2 = 0,7411 \times \log \times (D/r'2) \text{ (mH / milha)}$$

$$L = L1 + L2 = 4 \times 10^{-7} \times \ln \times D / \sqrt{(r'1 \times r'2)} \text{ (henry/m)}$$

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA MONOFÁSICA A DOIS FIOS

- Se $r'_1 = r'_2$
- $L = 4 \times 10^{-7} \times \ln \times D/r'_1$ (Henry / metro)
- $L = 1.482 \times \log D/r'$ (mH / Milha)

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

O tipo mais comum de cabo de linhas aéreas de transmissão é constituído por fios colocados em coroas superpostas, encordoadas em sentidos opostos.

A figura a seguir mostra uma linha monofásica composta por dois cabos encordoados.

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

b O

b' O

c O

c' O

a O

a' O

n O

m O

CABO X

CABO Y

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

O cabo X é composto por n condutores paralelos e idênticos cada um conduzindo a corrente I/n .

O cabo Y é constituído por m condutores paralelos e idênticos cada um conduzindo a corrente I/m .

A distância entre os condutores serão designadas pela letra D , com índices apropriados.

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

Onde:

$$D_{aa} = r' a$$

$$D_{bb} = r' b$$

$$D_{cc} = r' c$$

$$D_{nm} = r' n$$

$$D_m = \sqrt{\frac{m \cdot n}{\dots}}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{n^2}{\dots}}$$

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

$$L_x = 2 \times 10^{-7} \times \ln x \left(\frac{DM}{DS} \right) \text{ (Henry / metros)}$$

$$L_x = 0,7411 \times \log x \left(\frac{DM}{DS} \right) \text{ (mH / milha)}$$

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

- DM - Média Geométrica Mútua;
- DS - Distância Média Geométrica Própria.
- $DS = r \times e^{-1/4} = 0,7788 \times r$
- A INDUTÂNCIA TOTAL DA LINHA SERÁ:
- $L = L_x + L_y$

INDUTÂNCIA DE UMA LINHA DE CABOS

$$L_x = 2 \times 10^{-7} \times L_n \frac{m.n. \sqrt{(D_{aa'} \cdot D_{ab'} \cdot D_{ac'} \dots D_{am}) \cdot (D_{ba'} \cdot D_{bb'} \cdot D_{bc'} \dots D_{bm}) \dots (D_{na'} \cdot D_{nb'} \cdot D_{nc'} \dots D_{nm})}}{n.2 \sqrt{(D_{aa} \cdot D_{ab} \cdot D_{ac} \dots D_{an}) \cdot (D_{ba} \cdot D_{bb} \cdot D_{bc} \dots D_{bn}) \dots (D_{na} \cdot D_{nb} \cdot D_{nc} \dots D_{nm})}} \quad h/m$$

ONDE:

$$\begin{aligned} DM &\Rightarrow m.n. \sqrt{\dots} \\ DS &\Rightarrow n.2 \sqrt{\dots} \end{aligned} \quad L_x = 2 \times 10^{-7} \times L_n \frac{DM}{DS} \quad \text{henry / metros}$$

$$L_x = 07411 \times L_n \log \frac{DM}{DS} \quad \text{mH / milha}$$

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz;
- CTEEP (Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista);
- ELEKTRO Eletricidade e Serviços S.A.
- CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais;
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A;
- ELETROBRAS;
- CESP – Companhia Energética de São Paulo.

OBRIGADO

MARCO ANTONIO PRIMIANI

e-mail:marco.primiani@etec.sp.gov.br