電力システム解析論

第4回　送電線路のモデルとインダクタンス3

平成21年10月23日

導体対の線路インダクタンス

- 距離D(m)離れた半径r1,r2(m)の導体対

  - 導体1の外部磁束によるインダクタンス(H/m)

$$L_{1,ext} = 2 \times 10^{-7} \log_e \frac{D}{r_1}$$

  - 導体1の内部磁束によるインダクタンス(H/m)

$$L_{1,\mathrm{int}} = \frac{1}{2} \times 10^{-7}$$

  - 導体1の全インダクタンス(H/m)

$$L_1 = L_{1,\mathrm{int}} + L_{1,ext}$$

導体対の線路インダクタンス

- 導体1のインダクタンス(H/m)簡略化表現

$$L_1 = 2\times 10^{-7}\times\left(-\log_e \varepsilon + \log_e \frac{D}{r_1}\right) = 2\times 10^{-7}\times \log_e \frac{D}{r_1'}$$

  – 擬似導体半径r1’ $r_1' = \varepsilon r_1 = r_1 e^{-\frac{1}{4}}$

- 導体2のインダクタンス(H/m)

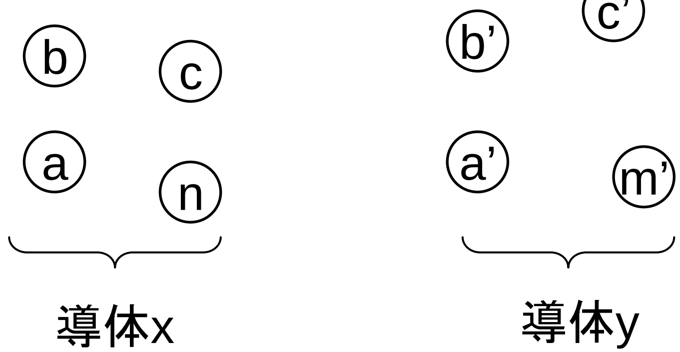
$$L_2 = 2\times 10^{-7}\times \log_e \frac{D}{r_2'} \qquad r_2' = r_2 e^{-\frac{1}{4}}$$

- 導体の全インダクタンス(H/m)

$$L = L_1 + L_2 = 2\times 10^{-7}\times\left(\log_e \frac{D}{r_1'} + \log_e \frac{D}{r_2'}\right) = 4\times 10^{-7}\times \log_e \frac{D}{\sqrt{r_1' r_2'}}$$

多条導体送電線

- 細い電線インダクタンス大きい
- 太い電線インダクタンス小さい
  - 太い電線を使用するのは効果的でない
  - 等価的に電線を太くする方法
  - 単相2線式送電線路の多導体化を考える



- 導体Xを一様なn個の導体で構成。各導体には電流I/n(A)が流れる
- 導体Yを一様なm個の導体で構成。各導体には電流-I/m(A)が流れる
- 導体間距離をDijと表す

多条導体送電線

- 導体xの素導体aに対する鎖交磁束ψa(WbT/m)

$$\psi_a = \frac{I}{n}\left(\log_e \frac{1}{r_a'} + \log_e \frac{1}{D_{ab}} + \log_e \frac{1}{D_{ac}} \cdots + \log_e \frac{1}{D_{an}} \right) \times 2 \times 10^{-7}$$

$$-\frac{I}{m}\left(\log_e \frac{1}{D_{aa'}} + \log_e \frac{1}{D_{ab'}} + \log_e \frac{1}{D_{ac'}} \cdots + \log_e \frac{1}{D_{am}} \right) \times 2 \times 10^{-7}$$

$$= I \log_e \frac{\sqrt[m]{D_{aa'} D_{ab'} D_{ac'} \cdots D_{am}}}{\sqrt[n]{r_a' D_{ab} D_{ac} \cdots D_{an}}} \times 2 \times 10^{-7}$$

多条導体送電線

- 導体xの素導体aのインダクタンスLa(H/m)
  - 流れる電流がI/n(A)より

$$L_a = \frac{\psi_a}{I/n} = n\log_e \frac{\sqrt[m]{D_{aa'}D_{ab'}D_{ac'}\cdots D_{am}}}{\sqrt[n]{D_{aa}D_{ab}D_{ac}\cdots D_{an}}} \times 2\times 10^{-7} \qquad r_a' = D_{aa}$$

- 導体xの素導体bのインダクタンスLb(H/m)

$$L_b = \frac{\psi_b}{I/n} = n\log_e \frac{\sqrt[m]{D_{ba'}D_{bb'}D_{bc'}\cdots D_{bm}}}{\sqrt[n]{D_{ba}D_{bb}D_{bc}\cdots D_{bn}}} \times 2\times 10^{-7} \qquad r_b' = D_{bb}$$

- 導体xの素導体のインダクタンス平均値Lav(H/m)

$$L_{av} = \frac{L_a + L_b + L_c \cdots + L_n}{n}$$

多条導体送電線

- 導体xのインダクタンスLx(H/m)
  - 全ての素導体が等しいインダクタンスLav(H/m)を持つ
  - n本の素導体の並列接続
  - 総インダクタンスは平均インダクタンスLavの1/n

$$L_x = \frac{L_{av}}{n} = \frac{L_a + L_b + L_c \cdots + L_n}{n^2}$$

$$= \log_e \frac{\sqrt[mn]{\left(D_{aa'} D_{ab'} \cdots D_{am}\right)\left(D_{ba'} D_{bb'} \cdots D_{bm}\right)\cdots\left(D_{na'} D_{nb'} \cdots D_{nm}\right)}}{\sqrt[n^2]{\left(D_{aa} D_{ab} \cdots D_{an}\right)\left(D_{ba} D_{bb} \cdots D_{bn}\right)\cdots\left(D_{na} D_{nb} \cdots D_{nn}\right)}} \times 2 \times 10^{-7}$$

多条導体送電線

- 分子
  - 導体xのn個の素導体から導体yのm個の素導体への距離の積のmn乗根
    - 導体xと導体y間の幾何学的平均距離Dm(GMD: geometrical mean distance), 二導体間の相互GMD

$$D_m = \sqrt[mn]{\left(D_{aa'}D_{ab'}\cdots D_{am}\right)\left(D_{ba'}D_{bb'}\cdots D_{bm}\right)\cdots\left(D_{na'}D_{nb'}\cdots D_{nm}\right)}$$

- 分母
  - 導体xのn個の素導体から各素導体への距離の積のn2乗根
    - 素導体自身間の距離Diiは実効半径r'a
    - 導体xの幾何学的平均半径r'(GMR: geometrical mean radius), 導体の自己GMD:Ds

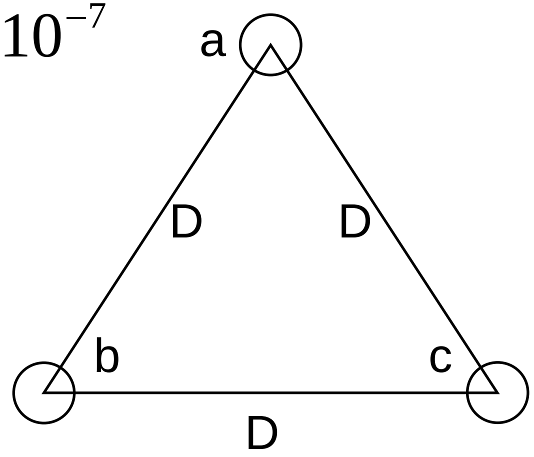
$$D_s = \sqrt[n^2]{\left(D_{aa}D_{ab}\cdots D_{an}\right)\left(D_{ba}D_{bb}\cdots D_{bn}\right)\cdots\left(D_{na}D_{nb}\cdots D_{nn}\right)}$$

$$L_x = \log_e \frac{D_m}{D_s} \times 2 \times 10^{-7}$$

三相送電線のインダクタンス 等間隔配置

- 導体aの鎖交磁束ψa(WbT/m)

$$\psi_a = \left(I_a \log_e \frac{1}{D_s} + I_b \log_e \frac{1}{D} + I_c \log_e \frac{1}{D} \right) \times 2 \times 10^{-7}$$



- 三相平衡
  - 電流条件 $I_a + I_b + I_c = 0$

$$I_a = -\left(I_b + I_c \right)$$

- 導体aのインダクタンスLa(H/m)

$$\psi_a = \left(I_a \log_e \frac{1}{D_s} - I_a \log_e \frac{1}{D} \right) \times 2 \times 10^{-7} = I_a \log_e \frac{D}{D_s} \times 2 \times 10^{-7}$$

$$L_a = \log_e \frac{D}{D_s} \times 2 \times 10^{-7}$$