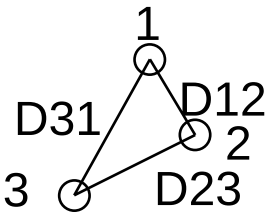
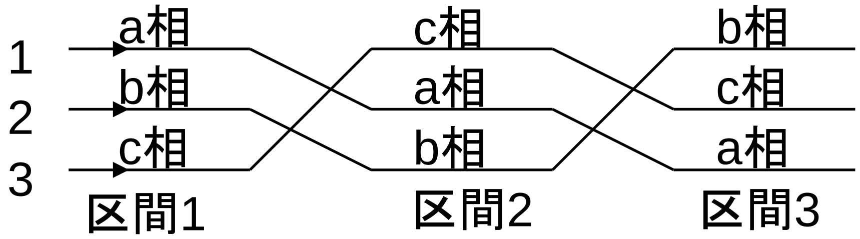
電力システム解析論

第5回　送電線路のモデルと
インダクタンス4
平成21年11月6日

三相送電線のインダクタンス 不等間隔配置・撚架

- 鉄塔に送電線を配置する場合，不等間隔配置となる





  - a相の鎖交磁束
    - 区間1 $\psi_{a1} = \left(I_a \log_e \dfrac{1}{D_s} + I_b \log_e \dfrac{1}{D_{12}} + I_c \log_e \dfrac{1}{D_{31}} \right) \times 2 \times 10^{-7}$
    - 区間2 $\psi_{a2} = \left(I_a \log_e \dfrac{1}{D_s} + I_b \log_e \dfrac{1}{D_{23}} + I_c \log_e \dfrac{1}{D_{12}} \right) \times 2 \times 10^{-7}$
    - 区間3 $\psi_{a3} = \left(I_a \log_e \dfrac{1}{D_s} + I_b \log_e \dfrac{1}{D_{31}} + I_c \log_e \dfrac{1}{D_{23}} \right) \times 2 \times 10^{-7}$

三相送電線のインダクタンス 不等間隔配置・撚架

- a相の鎖交磁束平均値

$$\psi_a = \frac{\psi_{a1} + \psi_{a2} + \psi_{a3}}{3}$$

$$= \left(3I_a \log_e \frac{1}{D_s} + I_b \log_e \frac{1}{D_{12}D_{23}D_{31}} + I_c \log_e \frac{1}{D_{12}D_{23}D_{31}} \right) \times \frac{2\times 10^{-7}}{3}$$

- 三相平衡 $I_a = -(I_b + I_c)$

$$\psi_a = \left(3I_a \log_e \frac{1}{D_s} - I_a \log_e \frac{1}{D_{12}D_{23}D_{31}} \right) \times \frac{2\times 10^{-7}}{3}$$

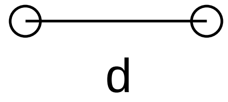
$$= I_a \log_e \frac{\sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}}{D_s} \times 2\times 10^{-7}$$

GMD $D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}$

送電線の多導体化

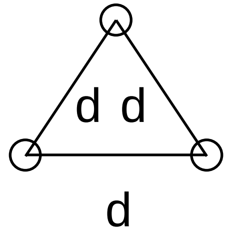
- 送電線の等価半径(GMR)を大きくしてコロナ放電を防ぐ
  - 二導体 GMR

$$D_s^b = \sqrt[4]{\left(D_s d\right)^2} = \sqrt{D_s d}$$



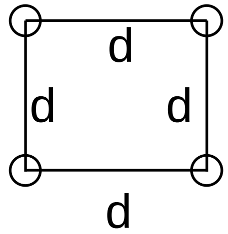
  - 三導体GMR

$$D_s^b = \sqrt[9]{\left(D_s dd\right)^3} = \sqrt[3]{D_s d^2}$$



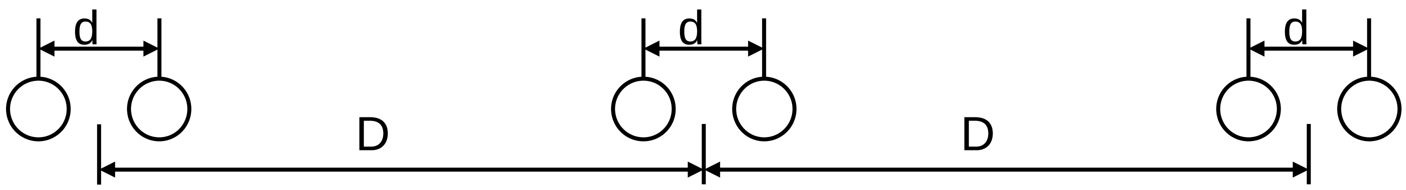
  - 四導体GMR

$$D_s^b = \sqrt[16]{\left(D_s \sqrt{2} ddd\right)^4} \cong 1.09\sqrt[4]{D_s d^3}$$



例題1

- 図に示す二導体送電線路による三相交流送電回路を考える(60Hz)
  - GMD, GMR, 単位長あたりのインダクタンス，インピーダンスを求めよ
    - D=8m, d=45cm, 導体径3.5cm



解答例

- 擬似導体半径
  - Ds=3.5x10^{-2} cm /2・ 0.7788=0.013629m
- 二導体 GMR

$$D_s^b = \sqrt{D_s d} = \sqrt{0.013 \cdot 0.45} = 0.076m$$

- 三相のGMD

$$D_{eq} = \sqrt[3]{8 \cdot 8 \cdot 16} = 10.08m$$

- 単位長インダクタンス

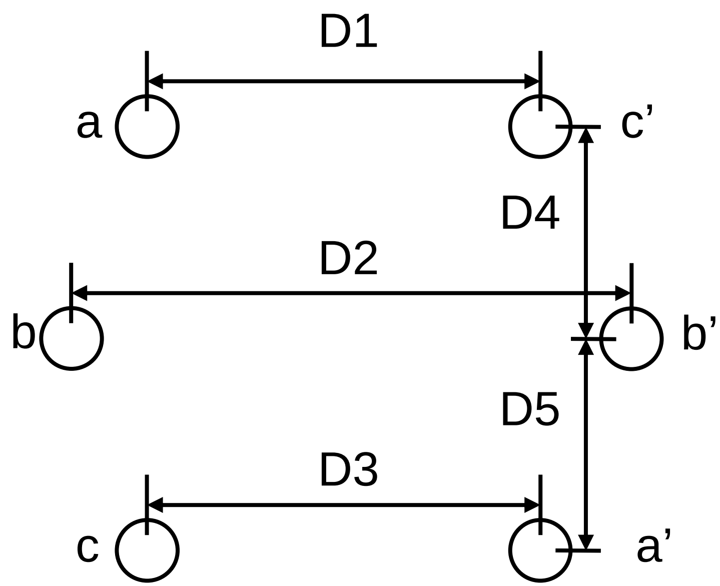
$$L = 2 \times 10^{-7} \times \log_e \frac{D_{eq}}{D_s^b} = 2 \times 10^{-7} \times \log_e \frac{10.08}{0.076} = 0.978 \mu H / m$$

- 単位長インピーダンス

$$X_L = 0.978 \times 10^{-6} \times 2\pi 60 = 369 m\Omega / m$$

例題2

- 図に示す二回線三相交流送電回路を考える(60Hz)
  - GMD, GMR, 単位長あたりのインダクタンス，インピーダンスを求めよ
    - D1=D3=5.4m, D2=6.3m, D4=D5=3m, 導体径1.7cm



解答例

- 擬似導体半径
  - Ds=1.7x10^{-2} cm /2・ 0.7788=0.0066198m
- 同相の導体間距離
  - a-a’間 $\sqrt{5.4^2+6^2}=8.07m$
  - b-b’間 $6.3m$
  - c-c’間 $\sqrt{5.4^2+6^2}=8.07m$
  - 二導体 GMR
    - a相 $D_{sa}^b=\sqrt{D_s d}=\sqrt{0.00662\cdot 8.07}=0.231m$
    - b相 $D_{sb}^b=\sqrt{D_s d}=\sqrt{0.00662\cdot 6.3}=0.198m$
    - c相 $D_{sc}^b=\sqrt{D_s d}=\sqrt{0.00662\cdot 8.07}=0.231m$

解答例

- 異相の導体間距離
  - a-b(c’-b’,b-c,a’-b’)間 $\sqrt{\left[\left(6.3-5.4\right)/2\right]^2+3^2}=3.03m$
  - a-b’(b-c’,a’-b,b’-c)間 $\sqrt{\left(6.3-0.45\right)^2+3^2}=6.57m$
  - a-c(a’-c’)間 $6m$
  - a-c’(a’-c)間 $5.4m$
  - 相間の GMD
    - a-b相 $D_{ab}^{p}=\sqrt[4]{D_{ab}D_{ab'}D_{a'b}D_{a'b'}}=\sqrt[4]{3.03^2 6.57^2}=4.46m$
    - b-c相 $D_{bc}^{p}=\sqrt[4]{D_{bc}D_{b'c}D_{b'c}D_{b'c'}}=\sqrt[4]{3.03^2 6.57^2}=4.46m$
    - c-a相 $D_{ca}^{p}=\sqrt[4]{D_{ca}D_{ca'}D_{c'a}D_{c'a'}}=\sqrt[4]{6^2 5.4^2}=5.69m$

解答例

- 送電線全体のGMD

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{ab}^{p} D_{bc}^{p} D_{ca}^{p}} = \sqrt[3]{4.46^{2} 5.69} = 4.84m$$

- 送電線全体のGMR

$$D_{s}^{p} = \sqrt[3]{D_{sa}^{b} D_{sb}^{b} D_{sc}^{b}} = \sqrt[3]{0.231^{2} 0.198} = 0.219m$$

- 単位長インダクタンス

$$L = 2 \times 10^{-7} \times \log_{e} \frac{D_{eq}}{D_{s}^{9}} = 2 \times 10^{-7} \times \log_{e} \frac{4.84}{0.219} = 0.619 \mu H / m$$

- 単位長インピーダンス

$$X_{L} = 0.619 \times 10^{-6} \times 2\pi 60 = 233 m\Omega / m$$