

電力システム解析論

第1回 送電線路のモデルと インダクタンス1

平成27年10月13日

2015/10/13

電力システム解析論

1

電力システムの構成

- 発電機(発電所)
- 負荷
- 変圧器(変電所)
- 送電線(送電・配電)
 - 架空線
 - ケーブル
 - 地中
 - 海底
 - ガス管路

2015/10/13

電力システム解析論

2

送電線

- 要素
 - 抵抗
 - インダクタンス
 - キャパシタンス
 - コンダクタンス
- 材料の変化
 - 銅→アルミニウム
 - コスト
 - 重量
 - 同抵抗で断面積大
 - 導電率:
硬銅97.3%, Al61%
 - 燃りにより1~2%増
 - 導体表面での電界強度低くなる
 - コロナ放電がおきにくい

架空送電線

- AAC: All Aluminum conductors
- AAAC: All Aluminum Alloy conductors
- ACSR: Aluminum conductor, steel reinforced
- ACAR: Aluminum conductor, alloy reinforced
- 表皮効果があるので芯線の抵抗の影響小
 - 銅線の60Hzにおける表皮深さ:8.57mm
 - 表皮深さは抵抗率の平方根に比例
 - アルミのほうが表皮深さが深い
 - 表皮深さ: $d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$, ρ :抵抗率, μ :透磁率
 - » 電流が表面電流の1/eになる深さ

送電線の抵抗

- 直流抵抗

- $R_0 = \frac{\rho l}{A} \Omega$

- ρ : 導体の抵抗率, l : 導体長, A : 導体断面積

- 交流抵抗は異なる

- 表皮効果, 近接効果

- 温度特性

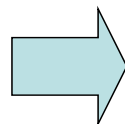
- $\frac{R_2}{R_1} = \frac{T+t_2}{T+t_1}$

- R_1, R_2 : 温度 t_1, t_2 の導体抵抗, T : 温度

電磁気現象

- Maxwellの方程式(微分表示)

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \times E = -\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t} \\ \nabla \times H = J + \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \\ \nabla \cdot \varepsilon_0 E = \rho \\ \nabla \cdot \mu_0 H = 0 \end{array} \right.$$



FDTD (Finite-difference time-domain)法

などで解く

(空間・時間領域での
差分方程式に展開して
逐次計算をすることで、
電場・磁場を求める)

分布定数回路

- 過渡回路と交流回路

- 単位長あたり 3次元→1次元

- 抵抗: $R[\Omega]$, インダクタンス: $L[H]$,

- 静電容量: $C[F]$, 漏れコンダクタンス: $G[S]$

過渡回路

$$\begin{cases} \frac{\partial V}{\partial x} = -RI - L \frac{\partial I}{\partial t} \\ \frac{\partial I}{\partial x} = -GV - C \frac{\partial V}{\partial t} \end{cases}$$

交流回路

$$\begin{cases} \frac{d\dot{V}}{dx} = -(R + j\omega L)\dot{I} \\ \frac{d\dot{I}}{dx} = -(G + j\omega C)\dot{V} \end{cases}$$

ただし, 交流の角周波数: $\omega[\text{rad/s}]$

集中定数回路

- 単位長あたり

- 直列インピーダンス $[\Omega/\text{km}]$

$$\dot{Z} = R + j\omega L$$

- 並列アドミタンス $[S/\text{km}]$

$$\dot{Y} = G + j\omega C$$

- 長さ X の線路のインピーダンス, アドミタンス

$$X\dot{Z}, X\dot{Y}$$

- T型, π 型等価回路で模擬

送電線のインダクタンス

- 誘導電圧

$$e = \frac{d\tau}{dt}$$

- e:誘導電圧(V), τ :鎖交磁束 (Wbt)

- Wbt:磁束(Wb)と鎖交する回路のターン数tの積
 - 二導体回路では各導体の外部磁束は他の回路に一回鎖交する
- 透磁率一定の場合, 鎖交磁束は電流に比例
 - 誘導電圧は電流変化率に比例

$$e = L \frac{di}{dt}$$

- L:比例定数・回路のインダクタンス(H), di/dt:電流変化率(A/s)

$$L = \frac{d\tau}{di}$$

- 線形システムの場合

- 鎖交磁束は電流に比例
 - 磁気回路は一定の透磁率を持つ

$$L = \frac{\tau}{i}$$