

第3回の内容

- ・ 補足: 交流電力, 三相電力
- ・ 電力系統の構成
- ・ 電力系統の連携
- ・ 大容量機器の採用
- ・ 電力系統の等価回路

キーワード

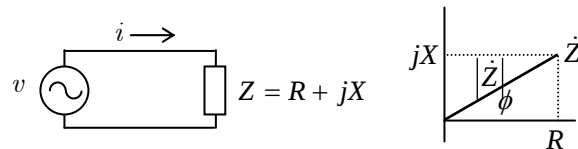
基幹系統, 配電系統, 電線路, 架空送電線, 地中送電線, 変電所, 単線結線図, 樹枝式, ループ式, 四端子回路

見学会のおしらせ

東京電力 11 月 14 日(金), 東芝 11 月 21 日(金)

補足 2.1'

交流電力



$$v = \sqrt{2}V \sin \omega t = \sqrt{2}I |\dot{Z}| \sin \omega t$$

$$i = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \phi)$$

$$p = vi = 2VI \sin \omega t \sin(\omega t - \phi)$$

$$\text{加法定理 } \sin a \sin b = \frac{1}{2} \{ \cos(a - b) - \cos(a + b) \}$$

$$p = VI \{ \cos \phi - \cos(2\omega t - \phi) \}$$

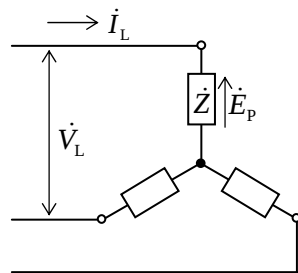
平均電力 P は, 第 2 項が 0 より

$$P = VI \cos \phi$$

$$= |\dot{Z}| I^2 \cos \phi = RI^2$$

2.5' 平衡三相回路の電力

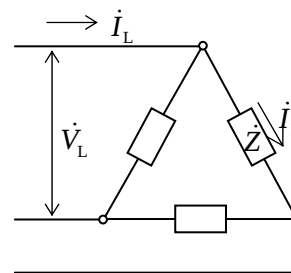
Y 結線



相電圧の大きさ E_p , 線電流の大きさ I_L

負荷全体の実効電力 $P = 3E_p I_L \cos \phi$

線間電圧 $V_L = \sqrt{3}E_p$ より $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos \phi$

 Δ 結線

相電流の大きさ I_p , 線電流の大きさ $I_L = \sqrt{3}I_p$

負荷全体の実効電力 $P = 3V_L I_p \cos \phi$

よって, $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos \phi$

2.7 電力系統の構成

- ・ 電源送電系統
発電所から需要家近くへ
 - ・ 連携系統
電力の均一な流通
 - ・ 地域供給系統
 - ・ 配電系統
- } 基幹系統

- ・ 三相 3 線式
- ・ 変圧器の低圧側: Δ 結線, 高圧側: Y 結線
- ・ Δ 結線の 3 次巻線: 高調波防止用
- ・ 調相設備: 負荷力率の改善や受電端電圧の調整
- ・ 配電線路: 変電所から需要家に電力を分配する線路

電線路

- ・ 公称電圧(線間電圧)

- ・ 架空送電線: 導電率が高く, 機械的強度が大きく耐久性がある, 銅芯アルミより線など

3300, 6600, 11000, 22000, 33000, 66000, 77000, 110000, 154000, 187000, 220000, 275000, 550000, 1000000(UHV)

- ・ 送電線路: 発電所から変電所へ送電
- ・ 配電線路: 変電所から需要家に電力を分配

- ・ 地中送電線: 油入ケーブル(OF ケーブル), 架橋ポリエチレンケーブル(CV ケーブル)
- ・ がいし

変電所の機能

- ・ 送電用変電所: 基幹系統内
- ・ 配電用変電所: 需要家向けに電圧降圧 <22kV
- ・ 周波数変換所: 直流を介した 50-60Hz 変換
- ・ 交直変換所: 交流から直流へ(本州北海道等)
- ・ 開閉所: 送電線の切替のみ

変電所の構成

- ・ 断路器: 電流遮断をしない開閉器
- ・ 遮断器: 故障電流の遮断など電力の開閉
- ・ 避雷器: 異常電圧の波高値を制限して電気設備の絶縁を保護
- ・ 変圧器: 電圧の変換, Y Δ 変換
- ・ 調相設備: 負荷力率改善, 受電端電圧調整
- ・ 計器用変成器: 電圧電流の測定用トランス
- ・ 母線: 発電変電所において電力の集中・分配を行う電線

2.8 単線結線図

- ・ 三相 3 線式の電線を 1 本で表現
- ・ 発電機, 母線, 変圧器, 調相設備等を記号表現
- ・ その他: 計測, 通信, 制御, 保護, 開閉設備, 等

2.9 電力系統の連携

電力系統の連携の利点と欠点

- 電力融通による設備容量の節減
- 経済的運用(高効率発電所の優先運転)
- 大容量機器の採用が可能
- 予備設備の共用が可能
- △連携設備が必要
- △短絡電流が増大, 通信線への影響拡大
- △運用が難しい

電力系統の形状別分類

樹枝状方式: 樹枝状に幹線と分岐線を延長する, 施設費は安価だが供給信頼度は低い

ループ式: 線路が環状の形態で故障時の信頼性が高く, 電力融通性が高い

ネットワーク式: 2 回線以上の送電線から供給を受けた配電用変電所群を並列運転する方式で, ループ方式以上に信頼性が高く電力融通性も高い。アメリカで発達, 施設費, 運転費が高い。

2.10 大容量機器の採用

大容量(大電力を扱う)機器の利点

- (a) 単位出力あたりの価格が低廉
- (b) 効率向上

大容量機器の欠点

- (a) 故障時の影響大, 予備設備費大
- (b) 輸送が困難

磁束密度と電流密度一定*の条件で機器寸法を m 倍にした後の値を' (ダッシュ) で表すと

面積 $S' = m^2 S$, 磁束 $\Phi' = m^2 \Phi$, 誘導起電力 $E' = m^2 E$, 電流 $I' = m^2 I$,

出力容量 $P' = V I' = m^4 P$, 体積 $V' = m^3 V$, 質量 $W' = m^3 W$, 損失 $L' = m^3 L$ *, 価格 $C' = m^3 C$

単位出力あたりの損失と価格の比

(c) 冷却効率悪化

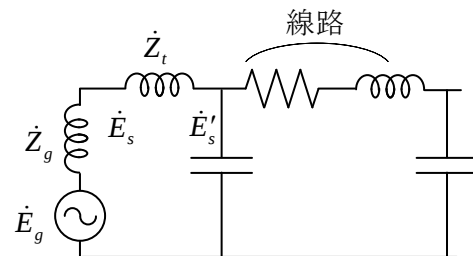
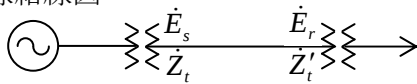
$$\frac{L'}{P'} = \frac{1}{m} \cdot \frac{L}{P}, \quad \frac{C'}{P'} \propto \frac{W'}{P'} = \frac{1}{m} \cdot \frac{W}{P} \propto \frac{1}{m} \cdot \frac{C}{P}$$

$$\text{単位面積当たりの損失} \frac{L'}{S'} = m \cdot \frac{L}{S},$$

温度上昇大 → 強制冷却必要

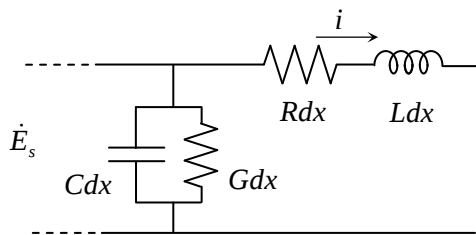
2.11 電力系統の等価回路

変圧器や線路は四端子回路として表される,
単線結線図



2.12 線路の等価回路

(a) 分布定数回路



$$\dot{z} = R + j\omega L, \quad \dot{y} = G + j\omega C$$

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_s \\ \dot{I}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_r \\ \dot{I}_r \end{bmatrix}, \quad \dot{A}, \dot{B}, \dot{C}, \dot{D} \text{ 四端子定数}$$

$$\dot{A} = \dot{D} = \cosh \dot{\gamma} \ell$$

$$\dot{B} = \dot{Z}_w \sinh \dot{\gamma} \ell, \quad \dot{C} = (\sinh \dot{\gamma} \ell) / \dot{Z}_w$$

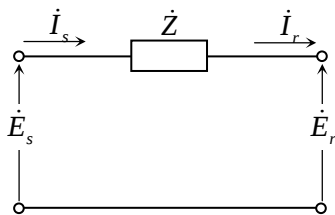
$$\dot{A}\dot{D} - \dot{B}\dot{C} = \cosh^2 \dot{\gamma} \ell - \sinh^2 \dot{\gamma} \ell = 1$$

$$\dot{Z}_w = \sqrt{\dot{z} / \dot{y}} : \text{送電線の波動インピーダンス}$$

$$\dot{\gamma} = \sqrt{\dot{y}\dot{z}} : \text{送電線の伝搬定数}$$

(b) 近似等価回路 (集中定数で表示)

短距離送電線



$$\begin{bmatrix} \dot{E}_s \\ \dot{I}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{A} & \dot{B} \\ \dot{C} & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_r \\ \dot{I}_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \dot{Z} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_r \\ \dot{I}_r \end{bmatrix}$$

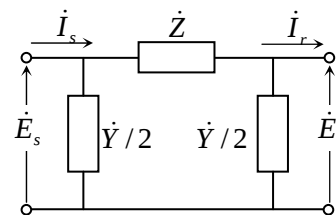
$$\dot{A} = (\dot{E}_s / \dot{E}_r)_{\dot{I}_r=0} \quad \text{開放送受電端電圧比}$$

$$\dot{B} = (\dot{E}_s / \dot{I}_r)_{\dot{E}_r=0} \quad \text{短絡伝達インピーダンス}$$

$$\dot{C} = (\dot{I}_s / \dot{E}_r)_{\dot{I}_r=0} \quad \text{開放伝達アドミタンス}$$

$$\dot{D} = (\dot{I}_s / \dot{I}_r)_{\dot{E}_r=0} \quad \text{短絡電流比}$$

中距離送電線



$$\begin{bmatrix} \dot{E}_s \\ \dot{I}_s \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\dot{Z}\dot{Y}}{2} + 1 & \dot{Z} \\ \dot{Y} \left(1 + \frac{\dot{Z}\dot{Y}}{4} \right) & \frac{\dot{Z}\dot{Y}}{2} + 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_r \\ \dot{I}_r \end{bmatrix}$$

可逆回路では $\dot{A}\dot{D} - \dot{B}\dot{C} = 1$ の関係がある。

(F パラメータ参照のこと)