

第1回の内容

- ・ エネルギーと社会, 1次エネルギー, 2次エネルギー
- ・ 発電方式と発電電力量, 負荷曲線
- ・ 単相2線式, 3相3線式
- ・ 電力伝送電圧と損失および送電電力量, 標準電圧

補足: 交流電力と三相交流

* 電気学会大学講座 回路理論基礎 (柳沢 健著, オーム社:「線形回路」指定教科書, 以後回) 第11章を中心に学習して下さい。以下に要点だけを記載します。

- ・ イミタンスの電力:

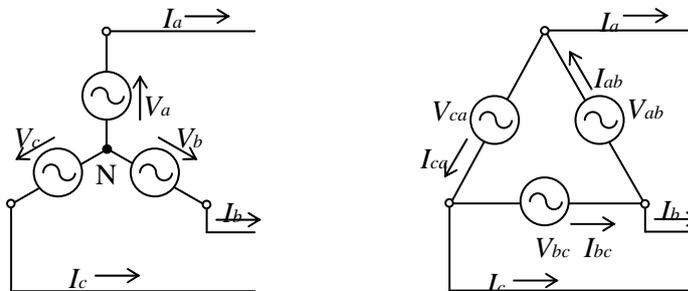
$$v = V_m \sin \omega t \text{ [V]}, i = I_m \sin(\omega t - \phi) \text{ [A]} \text{ とすると}$$

$$p = v \cdot i = \frac{1}{2} V_m I_m \{ \cos \phi - \cos(2\omega t - \phi) \} \text{ [W]} \text{ となり, 2倍の周波数成分が出てくる}$$

実行(有効)電力は p の平均値なので, $P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos \phi = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \frac{I_m}{\sqrt{2}} \cos \phi = VI \cos \phi \text{ [W]}$ となる

$\cos \phi$ を力率, VI を皮相電力[VA](ボルトアンペア), $VI \sin \phi$ を無効電力[var](ヴァール)

- ・ 多相交流: 周波数が等しく位相が互いに異なる2つ以上の交流電圧と電流を得る方式
- ・ 対称三相交流(電源): 全ての電圧と電流の大きさがそれぞれ等しく, その位相が順次 120° ずつ異なる3つの起電力を有する電源(なお, 複素電力等については本講義第3章参照)
- ・ Y形電源と Δ 形電源



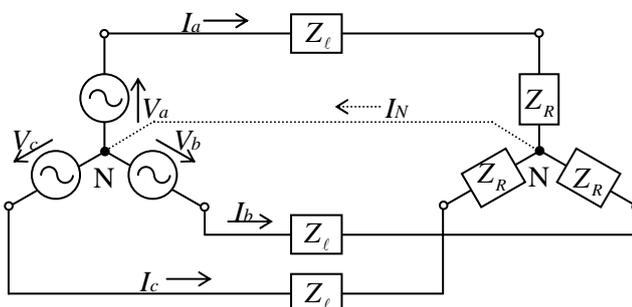
- ・ 対称三相電圧

$$V_a = V_e e^{j\omega t}$$

$$V_b = V_e e^{j(\omega t - \frac{2}{3}\pi)} \text{ 相回転は時計方向}$$

$$V_c = V_e e^{j(\omega t + \frac{2}{3}\pi)}$$

- ・ 相電圧と相電圧の和: $V_a + V_b + V_c = 0$
- ・ 線間電圧: $V_{ab} = \sqrt{3}V_e \angle 30^\circ$ 線間電圧の大きさは Y形電源電圧の $\sqrt{3}$ 倍
- ・ Y形対称三相回路



- $I_{a,b,c} = \frac{V_{a,b,c}}{Z_l + Z_R}$ 三相は独立の単相電源と見なすことができる
- 三相平衡負荷: 三相それぞれの負荷が等しい $Z_a = Z_b = Z_c = Z_R = |Z_l|e^{j\theta}$
- 中性点電流

$$I_N = I_a + I_b + I_c = \frac{V_a + V_b + V_c}{Z_l + Z_R} = 0$$
 中性線が無くても送電できる
- a 相の瞬時電力

$$p_a = \frac{V_e^2}{|Z_l|} \{\cos\theta - \cos(2\omega t - \theta)\}$$
- 三相の瞬時電力の和

$$p_t = \frac{V_e^2}{|Z_l|} 3\cos\theta$$
 瞬時電力の和は平均電力に等しい
- Δ形対称三相回路
 省略(回 p191), $I_a = \frac{V_{ab}}{3Z_l + Z_R}$ Z_l は3倍に働く

1.4 変圧器の結線

交流発電機の電圧は 10kV 程度, 送電電圧まで昇圧するために変圧器を使用する。

送電線が 3 相 3 線式のため, 発電機も変圧器も 3 相結線である。3 相結線には Y 結線と Δ 結線があるが, Y 結線は高電圧電力伝送に適し, Δ 結線は低電圧側に適している。

1.4.1 Y 結線

長所と短所

- (a) 中性点の接地が可能, 以上電圧の発生防止可能, 変圧器の段絶縁*が可能

雷サージなどの異常電圧進入したときに, 入り口に近いコイルに電圧がかかる。各コイルの電圧分布が均等になる工夫や危険な部分のコイルの絶縁を良くすること(パワエレ教科書 P89 参照)

- (b) 相電圧 $E = V/\sqrt{3}$ より, 絶縁が容易

- (c) 第 3 高調波電流を発生させる

発生要因は変圧器鉄心の飽和特性, 発生防止は Δ 巻線の利用(詳細は p227)

$$i_j = c_3 \phi_j^3 \quad (j = a, b, c)$$

$$\begin{aligned} i_a &= i_1 \sin \omega t & -i_3 \sin 3\omega t \\ i_b &= i_1 \sin \left(\omega t - \frac{2}{3}\pi \right) & -i_3 \sin 3\omega t \\ i_c &= i_1 \sin \left(\omega t - \frac{4}{3}\pi \right) & -i_3 \sin 3\omega t \end{aligned}$$

第 3 高調波電流は同相, 誘導障害発生

1.4.2 Δ 結線

長所と短所

- (a) 第 3 高調波電流の発生を抑制する

- (b) Y 結線として利用できる

- (c) 絶縁費が高い
- (d) 注意点が無く異常電圧発生の可能性がある

1.5 電力系統の構成

1.5.1 基本回路

変圧器の高圧側: Y 結線, 低圧側: Δ 結線

変圧器の 3 次巻線: 高調波電力の抑制と調相設備の接続に

配電線路: 変電所から需要家

送電線路: 上記以外(発電所から変電所, 変電所から変電所など)

単線結線図: 3 相電線は 1 本にまとめ, 変圧器, 発電機も記号で表す

電力系統: 発電機, 変圧器, 調相設備, 計測保護設備等が給電司令所で統括運営

母線: 発電変電所での電力の集中・配分を行う電線

1.5.2 電力系統の連携

複合系統と単純系統(単一系統)

連携の利点

- (a) 電力設備容量の低減(電力融通)
- (b) 供給信頼性向上
- (c) 大容量機の採用が可, 経済性向上

連携の欠点

- (a) 連携設備の新設
- (b) 短絡電流の増大
- (c) 運用の複雑さ

電力系統の形状

- (a) 樹枝: 日本では広く用いられる
- (b) ループ: 一方の供給停止時にも運用可能
- (c) ネットワーク:

1.6 次回

1.7 電線路

電線路は, 架空送電線と地中送電線(ケーブル送電)

1.7.1 架空電線路

並行 2 回線

多導体方式

- (a) コロナ発生の抑制可能
- (b) インダクタンスの低下, 電流容量の増加

架空地線: 避雷効果

1.7.2 地中電線路

電力ケーブル

OF ケーブル

CV ケーブル

シース電圧とシース損：シース渦電流損とシース回路損の和

充電電流と誘電体損