2.4 Y 結線とΔ結線つづき

平衡3相回路計算

・Y－Δ変換より電源，負荷共に Y 結線に置き換え：

$\dot{Z}_{\mathrm{Y}} = \dot{Z}_{\Delta}/3$（電源$_{\mathrm{Y}}$ = 電源$_{\Delta}/\sqrt{3}$），$I_a = E_a / |Z_{\mathrm{Y}}|$。，また

相電圧の和 $\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c = 0$ より中性点の電位は 0V。
よって中性線を使って1相あたりの回路に変換できる

・1 相毎に取り出し単相回路にすると，a 相基準で

a 相の瞬時電力 $p_a = EI\{\cos\theta - \cos(2\omega t - \phi)\}$

b 相の瞬時電力 $p_b = EI\left\{\cos\theta - \cos\left(2(\omega t - \tfrac{2}{3}\pi) - \phi\right)\right\}$

c 相の瞬時電力 $p_c = EI\left\{\cos\theta - \cos\left(2(\omega t - \tfrac{4}{3}\pi) - \phi\right)\right\}$

・全消費電力は単相回路の 3 倍だから

3相瞬時電力の和 $p_t = \dfrac{E_a{}^2}{|Z_{\mathrm{Y}}|}3\cos\phi$，$E_a$：実効値

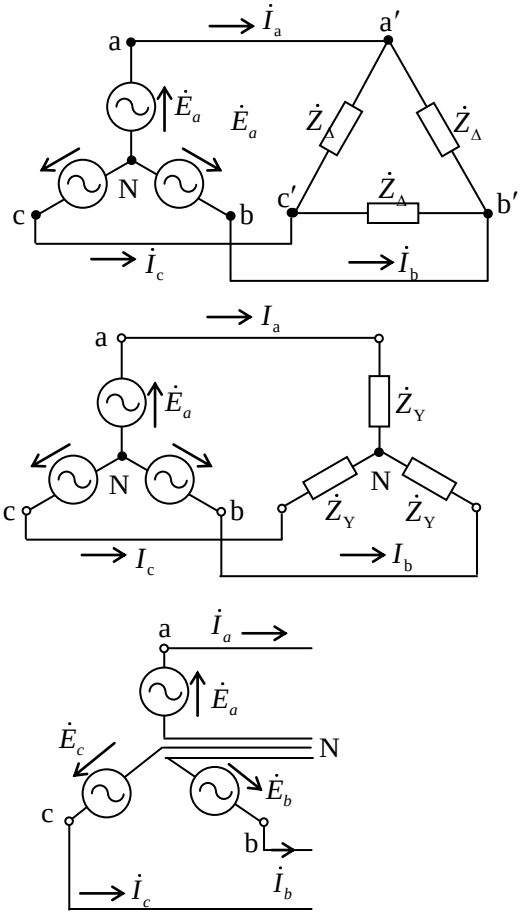
$$p_t = \frac{E_a{}^2}{|Z_{\mathrm{Y}}|}\left\{3\cos\phi - \cos(2\omega t - \phi) - \cos\left(2\omega t - \phi - \frac{4}{3}\pi\right) - \cos\left(2\omega t - \phi + \frac{4}{3}\pi\right)\right\}$$

・中性線が無くても送電できる，抵抗損失減少

・単相比：送電電力3倍，抵抗損失3／2倍

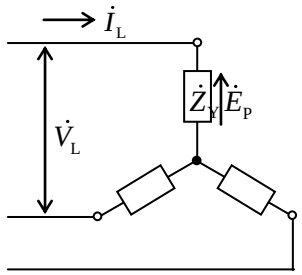
※負荷が非対称の場合は，中性線（通常は大地）にも電流が流れる。

Y－Δ回路例



平衡3相回路の電力

Y 結線

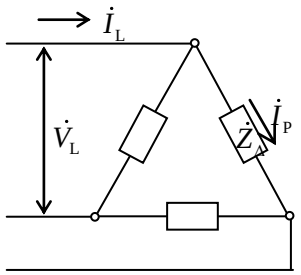


相電圧の大きさ E_{P}，線電流の大きさ I_{L}

負荷全体の実効電力　$P = 3E_{\mathrm{P}}I_{\mathrm{L}}\cos\varphi$

線間電圧 $V_{\mathrm{L}} = \sqrt{3}E_{\mathrm{P}}$ より $P = \sqrt{3}V_{\mathrm{L}}I_{\mathrm{L}}\cos\varphi$

Δ結線



相電流の大きさ I_{P}，線電流の大きさ $I_{\mathrm{L}} = \sqrt{3}I_{\mathrm{P}}$

負荷全体の実効電力　$P = 3V_{\mathrm{L}}I_{\mathrm{P}}\cos\varphi$

よって，$P = \sqrt{3}V_{\mathrm{L}}I_{\mathrm{L}}\cos\varphi$

2.5 大容量機器の採用

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 $S'=m^2S$，磁束 $\Phi'=m^2\Phi$，誘導起電力 $E'=m^2E$，電流 $I'=m^2I$，出力容量 $P'=V'I'=m^4P$，体積$V'=m^3V$，質量$W'=m^3W$，損失$L'=m^3L$ *，価格$C'=m^3C$

単位出力あたりの損失と価格の比

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

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

大容量器の得失

利点

(a) 単位出力当たりの価格が低廉

(b) 効率向上

欠点

(a) 故障時の影響大，予備設備費大

(b) 輸送が困難

(c) 冷却効率悪化

2.6 電力系統の構成と連携

1.6 電力系統とは

(電力系統とは)多数の発電所，送電線路，変電所，配電線路，負荷が連携されて一体運用されているシステム

発電所:電気を発生するところ，昇圧も含む

送電線:高い鉄塔に架線された電線，発電所と変電所または変電所間を結ぶ電線

変電所:電圧を変える場所，電力の集中・分配を行う(母線)

配電線:変電所から需要家に電力を分配する線路，

電力系統の表し方:

マンガ，単線結線図，3相3線式

発電所(＋昇圧)→27.5 万～50 万 V

⇓ 送電線⇒27.5 万～50 万 V

⇓ 超高圧変電所⇒15.4 万

⇓ 一次変電所⇒6.6 万～15.4 万 V

⇒大工場・鉄道

⇓ 中間変電所⇒2.2 万 V

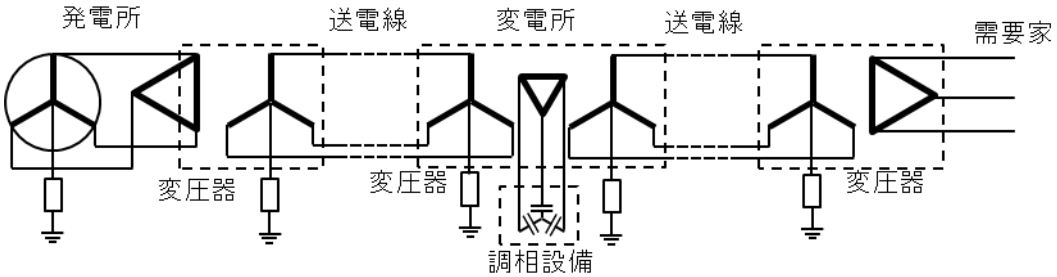
⇒大工場，大都市地中配電線

⇓ 配電用変電所⇒6.6 千 V

⇒ビル・中工場

⇓ 柱上変圧器⇒100/200V

⇒小工場・商店・住宅

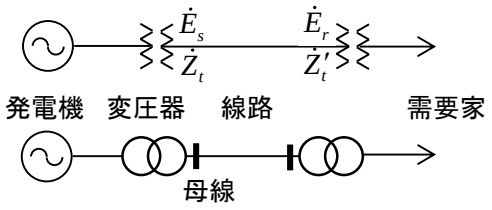


・変圧器の低圧側:Δ結線，高圧側:Y 結線

・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

単線結線図

- 3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
- 変圧器や線路は四端子回路として表現
- その他：計測，通信，制御，保護，開閉設備，等



$\dot{Z}_t$，$\dot{Z}_g$ は変圧器と発電機のインピーダンス

電線路

- 公称電圧（線間電圧）
  3300, 6600, 11000, 22000, 33000, 66000, 77000, 110000, 154000, 187000, 220000, 275000, 550000, 1000000(UHV)
- 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
- 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　省略

- 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
- 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
- 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
- 開閉所：送電線の切換のみ
- Y 結線は高電圧電力伝送に適し，Δ結線は低電圧側に適

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，YΔ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：発変電所において電力の集中・分配を行う電線

電力系統の構成と連携

日本の電力系統構成は放射状とループが基本

放射状：1 ルートのみで連携

ループ：複数ルートで連携

メッシュ：ループ系統が広域的に行われる

東京圏は50 万Ｖの基幹系統（多重ループ）で遠方からの電力を受け，27 万Ｖで都内に放射状に供給

北米，ヨーロッパはメッシュ系統。

連携の利点

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

連携の欠点

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