

送配電

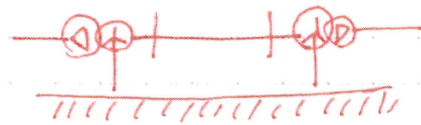
中性点接地方式

- 目的
- ① 異常電圧(健全相の対地電圧上昇)を抑制し、経済的な配線設計。
 - ② 地絡電流による電磁誘導障害の抑制
 - ③ 地絡の発生を検出と、事故手続の迅速

直接接地方式

概要: 中性点が直接大地に接続されている。(187kV以上の超高压で用いれる)

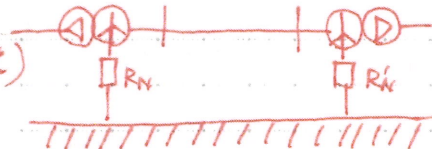
- メリット
- 健全相の対地電圧上昇がない
 - 事故検出が早い
- デメリット
- 地絡電流が大きい
 - 電磁誘導障害の影響大



抵抗接地方式

概要: 10~1000Ωの抵抗で中性点と大地が接続(33~154kVで使用)

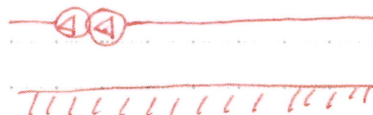
- メリット
- 地絡電流が100~400Aに抑えられる
 - 電磁誘導障害が起らない
 - 回路の選択遮断も可能(外勢力地絡継電器)
- デメリット
- 相電圧の1.73倍程度に対地電圧が上昇



非接地方式

概要: 中性点を接地しない(30kV以下で使用)

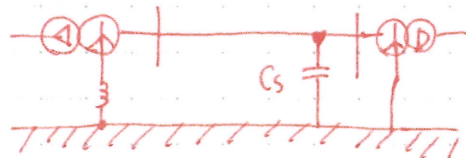
- メリット
- 地絡電流が非常に小さい
 - 電磁誘導障害が小さい (DGR等)
- デメリット
- 事故検出が難しく、高感度地電流計が必要
 - 健全相の対地電圧が1.5倍に上昇する



ΔY型177トール方式

概要: 177Hに代り中性点と大地を接続

- メリット
- 177トルの妨害電流と送電線の容性電流が相殺し、地絡電流がゼロになる。(地絡77と同時に20%)
- デメリット
- 設備費が高、手続の変更が必要(77トルは177トル変更必要)



一線地絡電流の計算

電圧式

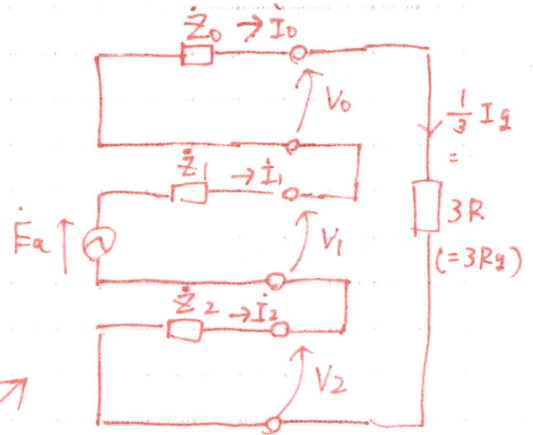
$$\begin{aligned} \dot{V}_a &= \dot{V}_0 + \dot{V}_1 + \dot{V}_2 \\ \dot{V}_b &= \dot{V}_0 + a\dot{V}_1 + a^2\dot{V}_2 \\ \dot{V}_c &= \dot{V}_0 + a^2\dot{V}_1 + a\dot{V}_2 \end{aligned}$$

電流式

$$\begin{aligned} \dot{I}_a &= \dot{I}_0 + \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \\ \dot{I}_b &= \dot{I}_0 + a\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2 \\ \dot{I}_c &= \dot{I}_0 + a^2\dot{I}_1 + a\dot{I}_2 \end{aligned}$$

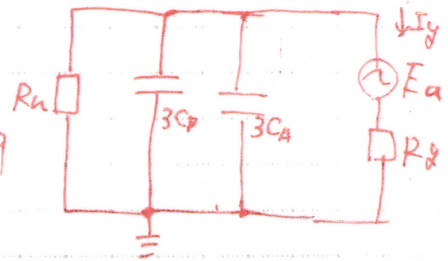
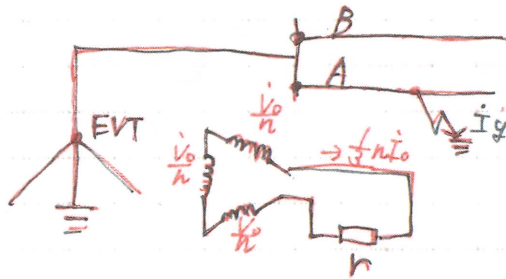
発電機の基本式

$$\begin{aligned} \dot{V}_0 &= -\dot{z}_0 \dot{I}_0 \\ \dot{V}_1 &= E_a - \dot{z}_1 \dot{I}_1 \\ \dot{V}_2 &= -\dot{z}_2 \dot{I}_2 \end{aligned}$$



(二次元の対称回路)

EVTを含んだ一線地絡の等価回路



(一相分の等価回路)

$$V \cdot \frac{V_0}{n} = \frac{1}{3} n I_0 \cdot V$$

$$\Rightarrow \dot{z}_0 = \frac{V_0}{I_0} = \frac{1}{3} n^2 R_f = R_n$$

(定相インピーダンス) $\dot{z}_0 = \frac{V_0}{I_0} = R_n$ (等価中性点抵抗)

系統安定度

意味：発電機が同期を保ち、安定に運転できる場合

送電電力の式

$$P = \frac{V_s V_r}{X} \sin \delta$$

導出： $P = 3 \times E_r I \cos \theta$

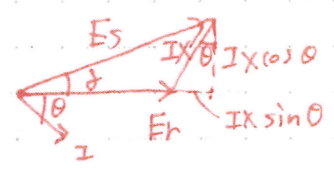
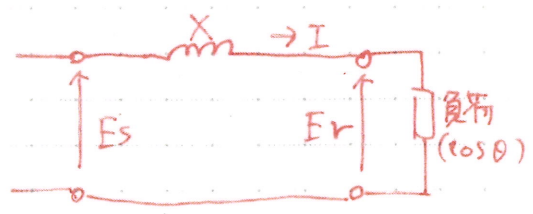
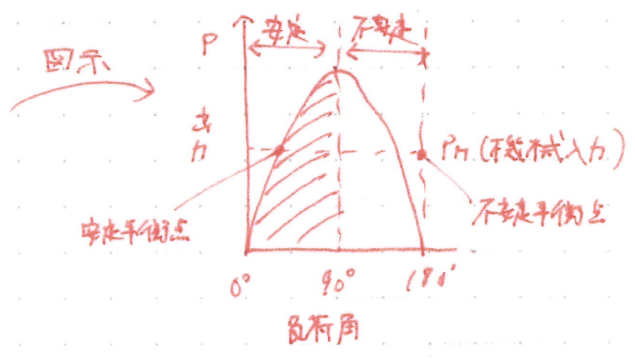
ベクトル図より

$$E_s \cdot \sin \delta = IX \cos \theta$$

$$\Rightarrow I \cos \theta = \frac{E_s \sin \delta}{X}$$

$$P = 3 \times \frac{E_r E_s}{X} \sin \delta$$

$$\Rightarrow P = \frac{V_r V_s}{X} \sin \delta$$



同期化力

相角 delta は Er と Es の位相差を可変。
負荷増加 → IX 増加 → delta 増加となる。

$$\text{式} : \frac{dP}{d\delta} = \frac{V_s V_r}{X} \cos \delta$$

同期運転の維持には $\frac{dP}{d\delta} > 0$ が必要

系統安定度への対策

← 同期化力の向上!!

① X を小さくする (系統リアクタンスの低下)

- 上世電圧昇圧化：I を小さくしリアクタンス降下 (IX) を低減する。 ($V = XI$)
- 回路短絡化：並列回路増加による容量化 (一線ありのIX低下) → $X = \frac{1}{\sum \frac{1}{X}}$
- 导体体化：導体径の増大による電圧降下低減 (相電圧昇圧効果、電圧降下低減)
- 発電機、変圧器のリアクタンス低減
- 直列コンデンサ：線路の誘導性リアクタンスを打ち消し、リアクタンスを減少させる。

② Vs を大きくする (発電機の制御)

- 速応力磁束巻きの採用 (PSS や 高感 AVR)
事故発生時に発電機の界磁電流を高め、端子電圧 Vs を上げる。PSS は、出力 P、角速度 omega を検出し、制動力を増加させる (PSS は、角速度の変化に反応する)。 (PSS は、角速度の変化に反応する)
- 制動抵抗：発電機が加速する際、出力端子に制動抵抗を接続し、加速エネルギーを電力(熱)として消費させる。

③ Vrを調整する(電圧制御)

- SVC = 進相コンデンサ(固定出力)とサリスタ制御リアクトルの組合せにより、進みか遅れかで連続的に制御し、系統電圧を制御する。

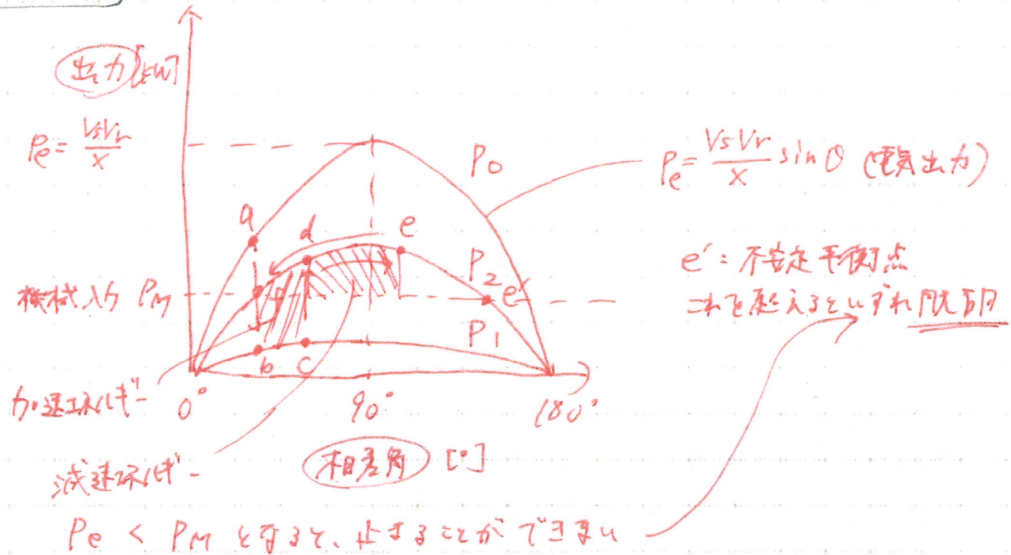
④ δ の拡大を防ぐ(事故の波及を抑制)

- 高速度遮断: 事故系統を高速で遮断し、系統電圧を回復させ、発電機の出力を回復し、加速を抑制する
(遮断器の速度、両閉路同期の速度に注意)

その他

- タービン高速バルブ制御
事故時、蒸気弁を高速閉鎖し、タービン出力を減じることにより、加速を抑制する。中・低圧タービン入口の1-タービンバルブを主に制御する。
(受取部の上流に注意)

安定の考え方



送電線路の雷害対策

雷事故のメカニズム

① 遮へい失敗事故

架空地線が雷撃の遮へいに失敗した場合、電力線が雷の直撃によって電位上昇し、がいのアーチ現象にフラッシュオーバーが発生する。

② 逆フラッシュオーバー事故

鉄塔や架空地線に直撃雷が落ちると、瞬間的に鉄塔電位が電力線の電位より高くなり、架空地線の電力線間ではアーチ現象にフラッシュオーバーが発生する。

対策

① 架空地線の遮へい率の向上

- ・ 架空地線の遮へい角を小さくする
- ・ 架空地線を1本から2本にする。

② たすみ(3世皮)の見直し

架空地線のたすみを小さくし、架空地線と電力線の径間フラッシュオーバーを防ぐ

③ 塔脚接地抵抗の低減

埋設地線、深打ち接地電柱、接地シートなどで塔脚接地抵抗を低減し、鉄塔の電位上昇を防ぐ

④ 送電用避雷装置の設置

耐張鉄塔に設置したZnO避雷器などにより、アーチ現象のフラッシュオーバーによる絶縁劣化を抑制する。

電力設備の塩害対策

塩害の導引

台風や季節風によって海水の塩分ががいのフラッシングに付着し、この表面が水分を揮発することで塩分濃度が上がり、フラッシュオーバーが発生する。

対策

① 密閉化

屋内化やGISなど密閉形機器を採用する。

② がいの洗浄

パイロットがいしなどで塩分付着量を測り、汚損が遊んでいる場合は洗浄を行う。

③ 絶縁強化

耐塩がいしや長幹がいしを使用して、絶縁強化を行う。

④ 珪水化合物の塗布

シリコンパウダーを塗布することで、がいに塩分や水分を付着にくくする。

架空送電線の電線太さの選定

太さ選定に関与する電氣的要因

- ① 許容電流：絶縁被覆が電流のジュール熱によって劣化するおと、許容温度以下に保つ許容電流の電線を選定する。
- ② 電圧降下：三相3線式の電圧降下は $V \approx \sqrt{3} I (R \cos \theta + X \sin \theta)$ で表決、電線の区間が小さいと R と X は増加するため、電圧降下が少くなる。
- ③ 電力損失：三相3線式の電力損失(ジュール熱)は $3 I^2 R$ で表決、電線の区間が小さいと R は増加するため、損失が少くなる。
- ④ コロナ放電：特別高圧送電線において、電線表面の電位が1kV以下より、湿気率が30 [kV/cm] のコロナ臨界電圧に近づくとき、コロナ放電が発生する。

架空送電線の振動

スリットジャンプ

① \times カ = 下ム

電線に付着した氷雪が脱落し、電線の支持線上がり起る現象のこと。

(2) 影響

電線がほぼ垂直に支持線上がりため、相間短絡を起る可能性がある。

(3) 対策

- ① 氷雪の少ないルートを選定する
- ② 垂直距離や電線のオフセットと十分にする
- ③ 相間スペースを取付ける
- ④ 架線着雪リングの取付け、干渉電線を使用する。
- ⑤ 片回線と地絡させて大電流を流し、ジュール熱で溶かす。

差水対策
架線下線にせ
て放電UP

キャロピング

① \times カ = 下ム

電線の表面に片回線や形に氷雪が付着し、強風で翼と同じ原理で揚力が働き、自力で振動が起る現象のこと。(電線断面積⑤、もしくは75条件で起るやう)

(2) 影響

相間短絡、スペースの侵食、電線やがい線の疲労。

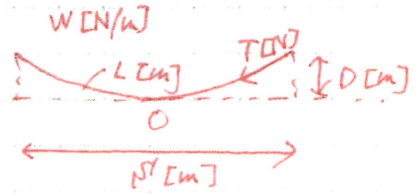
(3) 対策

- ① 気象条件を考慮してルートを選定する
- ② 下り角が大きいほど振動が少くなるため、強さを逆にする。
- ③ 相間スペース、フリーセーディングなどの防振装置を使用する。
- ④ ショックを取り付ける(キャロピング防止用)。

電線のT字計

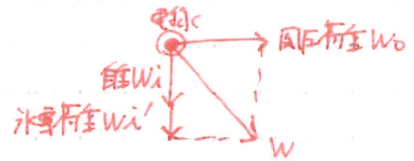
電線のT字計(D)の式

$$D = \frac{W \cdot S^2}{8T} \quad [\text{m}]$$



電線荷重(合成荷重W)の式

$$W = \sqrt{(W_0 + W_i')^2 + W_0^2} \quad [\text{N/m}]$$



電線の束長(L)の式

$$L = S + \frac{8D^2}{3S} \quad [\text{m}]$$

電線の温度上昇による伸び(L₂)の式

$$L_2 = L_1 (1 + \alpha \cdot \Delta T) \quad [\text{m}]$$