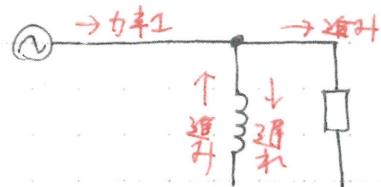
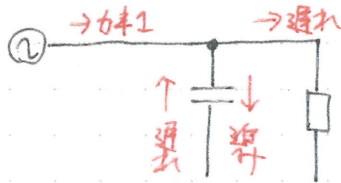


無効電力の補償の考え方



進相コンデンサは

進み無効電力を消費する
遅れ " を供給する

分路リアクトルは

進み無効電力を供給する
遅れ " を消費する

電圧降下の近似式

$$\Delta V = V_s - V_r \approx \sqrt{3}(IR \cos \theta + XI \sin \theta)$$

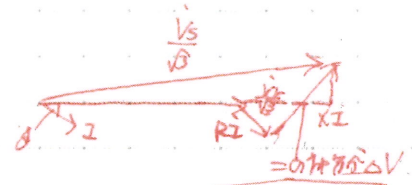
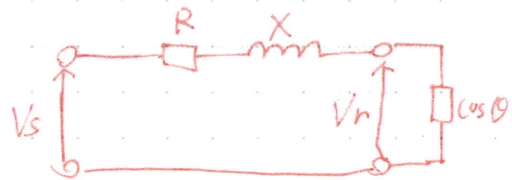
\Rightarrow 2 両辺に V_r をかけると

$$\Delta V \cdot V_r \approx PR + QX$$

$$\Delta V \approx \frac{PR + QX}{V_r}$$

\Rightarrow ?

$$Q \approx \frac{V_r(V_s - V_r) - PR}{X}$$



または P.U.法における

$$V_s - V_r = \frac{PR + QX}{V_r}$$

$$V_r^2 - V_s V_r + (PR + QX) = 0$$

$$V_r = \frac{V_s \pm \sqrt{V_s^2 - 4(PR + QX)}}{2}$$

$V_s \approx 1$ [P.U.] とすると

$$V_r = \frac{1 \pm \sqrt{1 - 4(PR + QX)}}{2}$$

$$\approx \frac{1 \pm [1 - 2(PR + QX)]}{2}$$

$$= 1 - (PR + QX)$$

$$V_r - 1 = -(PR + QX)$$

$$V_s - V_r = PR + QX$$

$$\Delta V = PR + QX \text{ [P.U.]}$$

では

$$\Delta V = \frac{PR + QX}{V_r} \text{ [V]}$$

$$\Delta V = PR + QX \text{ [P.U.]}$$

(Rが小さい時、省略)

\Rightarrow 求めたい値

右の図で ΔV を求めよ [P-V]

$$\Delta V = \frac{PR + QX}{V_r} \quad [P-U]$$

$$V_1 - V_2 = \frac{PR + QX}{V_2}$$

Rは非常小 $\rightarrow R \approx 0$

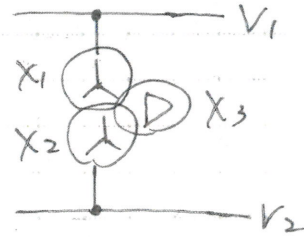
$$V_1 - V_2 = \frac{QX}{V_2}$$

$$V_1 - V_2 = \frac{Q_1 X_1 + Q_2 X_2}{V_2}$$

$$V_1 - V_2 = \frac{Q(X_1 + X_2)}{V_2}$$

$$V_2^2 - V_1 V_2 + Q(X_1 + X_2) = 0$$

$$V_2 = \frac{V_1 \pm \sqrt{V_1^2 - 4Q(X_1 + X_2)}}{2}$$



← 通過する電流が X_1 と X_2 で同じだから $Q(X_1 + X_2)$ とした

方程式解法が一番簡単!!

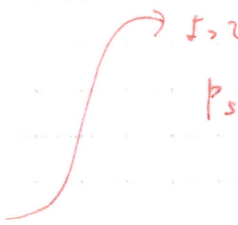
短絡容量 P_S の式

$$P_S = \sqrt{3} V_B \cdot I_S$$

∴ $I_S = \frac{100}{\%Z} I_B$ とした(=)

$$P_S = \sqrt{3} V_B \cdot \frac{100}{\%Z} I_B$$

$$= \frac{100}{\%Z} \times P_B$$

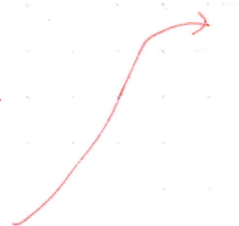


$$P_S = \frac{100}{\%Z} \times P_B$$

他に $P_S = \sqrt{3} V_P \cdot I_S$

$$= \sqrt{3} V_P \cdot \frac{V_P}{Z}$$

$$= \frac{V_P^2}{Z}$$

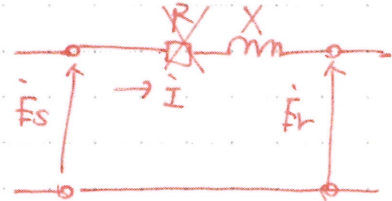


I_S

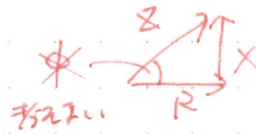
$$P_S = \frac{V_P^2}{Z}$$

電圧降下式 (簡易式の場合)

前提: 線路はXが支配的であるため
Rは無視し, $\theta = \phi$ として扱える
($Z = X$ ということ)



位相差 θ



線路電流 I

$$I = \frac{E_s \cdot e^{j\theta} - E_r \cdot e^0}{jX}$$

$$= \frac{(E_s \cos \theta - E_r) + j E_s \sin \theta}{jX}$$

よって $|I|$ は

$$|I| = \frac{\sqrt{(E_s \cos \theta - E_r)^2 + (E_s \sin \theta)^2}}{X}$$

受電端電力 $P_r + jQ_r$

$$P_r + jQ_r = 3 E_r \dot{I} = 3 E_r \times \frac{E_s \cdot e^{j\theta} - E_r}{jX}$$

$$\left[\begin{array}{l} I = I(\cos \theta + j \sin \theta) \\ \dot{I} = I(\cos \theta - j \sin \theta) \end{array} \right] = 3 E_r \times \frac{(E_s \cos \theta - E_r) - j E_s \sin \theta}{jX}$$

$$= \frac{3 E_s E_r \sin \theta}{X} - j \frac{3 E_s E_r \cos \theta - 3 E_r^2}{X}$$

$$E = \frac{V}{\sqrt{3}} \quad \sqrt{3} E_s = V_s, \quad \sqrt{3} E_r = V_r \text{ とし}$$

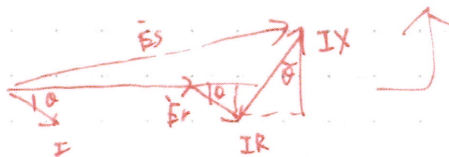
$$P_r + jQ_r = \frac{V_s V_r \sin \theta}{X} - j \frac{V_s V_r \cos \theta - V_r^2}{X}$$

受電端力率 $\cos \theta$

$$\cos \theta = \frac{P_r}{\sqrt{P_r^2 + Q_r^2}}$$

※ 位相差 θ が与えられた場合 近似式 $\approx \sqrt{2} \sqrt{I(R \cos \theta + X \sin \theta)}$
は使えない (この式が成り立たない場合 $\theta < 90^\circ$)

簡易式: $E_s = \sqrt{(E_r + IR \cos \theta + IX \sin \theta)^2 + (IX \cos \theta - IR \sin \theta)^2}$



これが $\theta = 90^\circ$ 近 \approx

or

相角 θ が小さい

or

線路 \rightarrow 長さが短い

送電線の電力円図

PとQ

$$P = \frac{EV}{X} \sin \delta$$

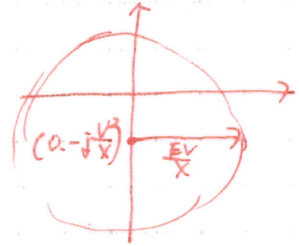
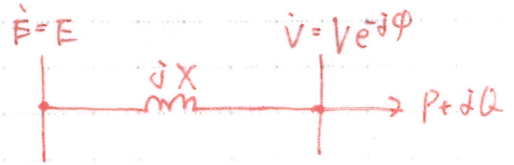
$$Q = \frac{EV \cos \delta - V^2}{X}$$

電力円図の方程式

$$\sin^2 \delta + \cos^2 \delta = 1 \quad (*)$$

$$\left(\frac{PX}{EV}\right)^2 + \left(\frac{QX + V^2}{EV}\right)^2 = 1$$

$$P^2 + \left(Q + \frac{V^2}{X}\right)^2 = \left(\frac{EV}{X}\right)^2$$



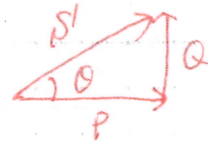
Pの計算

QをPで表現する.

$$Q = P \tan \theta$$

$$= \alpha P \quad (\alpha = \tan \theta)$$

よって



$$P^2 + \left(\alpha P + \frac{V^2}{X}\right)^2 = \left(\frac{EV}{X}\right)^2$$

$$P^2 + \alpha^2 P^2 + 2\alpha P \cdot \frac{V^2}{X} + \left(\frac{V^2}{X}\right)^2 = \left(\frac{EV}{X}\right)^2$$

$$P^2 X^2 + \alpha^2 P^2 X^2 + 2\alpha P V^2 X + V^4 = (EV)^2$$

$$V^4 + (2\alpha P X - E^2) V^2 + P^2 (1 + \alpha^2) X^2 = 0$$

$$V^2 = \frac{E^2 - 2\alpha P X \pm \sqrt{(E^2 - 2\alpha P X)^2 - 4P^2 X^2 (1 + \alpha^2)}}{2}$$

P = 0 と仮定して j の成分を消す

$$(E^2 - 2\alpha P X)^2 - 4P^2 X^2 (1 + \alpha^2) = 0$$

$$E^4 - 4\alpha P X E^2 + 4\alpha^2 P^2 X^2 - 4P^2 X^2 - 4P^2 X^2 \alpha^2 = 0$$

$$-4P^2 X^2 - 4\alpha P X E^2 + E^4 = 0$$

$$P^2 + \frac{\alpha E^2}{X} P - \frac{E^4}{4X^2} = 0$$

$$P = \frac{-\frac{\alpha E^2}{X} \pm \sqrt{\frac{\alpha^2 E^4}{X^2} + \frac{E^4}{X^2}}}{2}$$

$$= \frac{-\frac{\alpha E^2}{X} \pm \frac{E^2}{X} \sqrt{1 + \alpha^2}}{2}$$

$$= \frac{E^2}{2X} \cdot (-\alpha \pm \sqrt{1 + \alpha^2})$$

よって $\theta = \tan^{-1}(\alpha) = \theta$ (αの場合)

$$P = \pm \frac{E^2}{2X} (\cos 2\theta)$$

電圧誘導降差と対策

① 常時誘導電圧

電力線の各負荷電流の不干渉, 各相の線間隔の不揃いによって生ずる。

$$V_m = j\omega (M_a I_a + M_b I_b + M_c I_c) l$$

M_a, M_b, M_c : 単位長さあたりの相互インダクタンス

I_a, I_b, I_c : 各相電流

l : 線路長

- 影響**
- ・ 通信機器に電圧誘導雑音を与える
 - ・ 誤動作を招く
 - ・ 作業者に電撃を与える

② 異常時誘導電圧

電力線の地絡電流によって生ずる

$$V_m = j\omega M (I_a + I_b + I_c) l$$

$$= j\omega M l (3I_0)$$

($M = M_a = M_b = M_c$)

$$I_0 = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c)$$

- 影響**
- ・ 通信機器の絶縁破壊
 - ・ 作業者に

対策

- ① の対策 {
- ・ 送電線のねん緊 (電圧不干渉)
 - ・ 2回線垂直並列送電線において、片回線を逆並列にする (1997年)
 - ・ " " " " 片回線を停止し、電圧抑制 (電線)
- ② の対策 {
- ・ 高抵抗の接地方式に3I₀を抑制する。
 - ・ 高速遮断機にI₀, 3I₀の抵抗時間短縮を図る
- 共通対策 {
- ・ 電力線付近に送電線、送電線間を絞る。

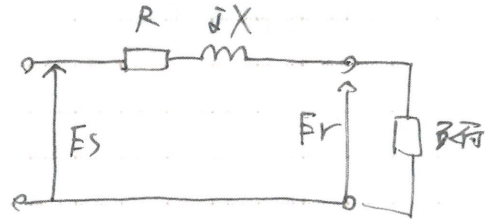
(通信設備側の対策)

- ・ アルミ送電ケーブルを採用
- ・ ファイバケーブルを採用 (もしくは地中化)
- ・ 通信線用避雷器を改造

送電路の電圧低下率

$$\text{電圧低下率} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100$$

$$\left(\begin{array}{l} V_s = \sqrt{3} E_s \\ V_r = \sqrt{3} E_r \end{array} \right)$$



受電端電力 Pr + jQr

$$P_r + jQ_r = 3 E_r \cdot I = \sqrt{3} V \cdot I$$

$$= \sqrt{3} V (I_{PL} + j I_{CL})$$

高調波電流計算

n次高調波における各インダクタンス

$$X_{nT} = n X_T$$

$$X_{nL} = n X_L$$

$$X_{nC} = \frac{1}{n} X_C$$

高圧系統側 Isn

$$I_{sn} = \frac{n X_L - \frac{1}{n} X_C}{n X_T + n X_L - \frac{1}{n} X_C}$$

$$= \frac{n^2 X_L - X_C}{n^2 X_T + (n^2 X_L - X_C)}$$

コネクタ側 Icn

$$I_{cn} = \frac{n X_T}{n X_T + n X_L - \frac{1}{n} X_C}$$

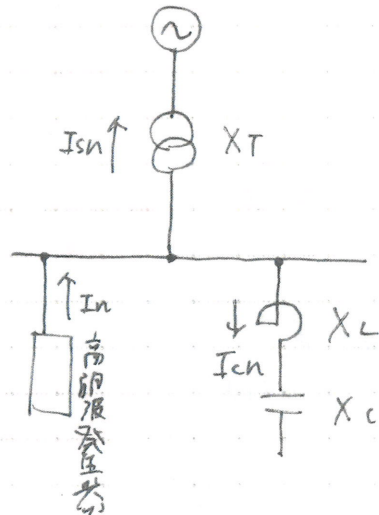
$$= \frac{n^2 X_L - X_C}{n^2 X_T + (n^2 X_L - X_C)}$$

回路共振条件

Isn, Icnの分母が0になると

$$\Rightarrow n^2 X_T + n^2 X_L - X_C = 0$$

$$\underline{n^2 (X_T + X_L) = X_C \quad \#}$$



地中配電系統

架空配電系統と比較

① メリット

- ・ 電柱などがないため、景観を損ねない、交通事故を招かない
- ・ 雷、雪、台風、地震の影響を受けやすい

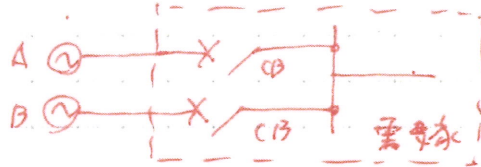
② デメリット

- ・ 架空配電系統の約10倍の建設コストがかかる
- ・ 保守点検が難しく、復旧に時間がかかる

方式

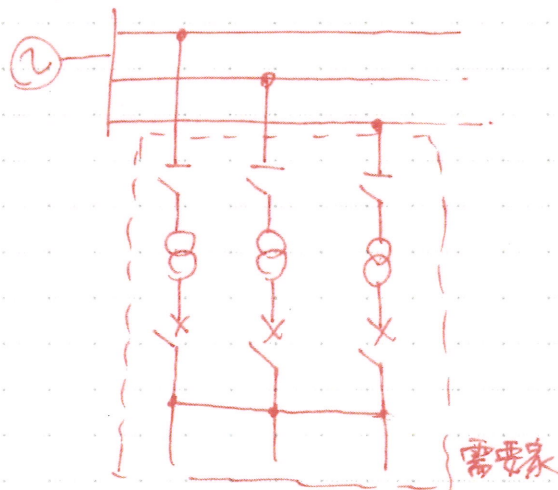
① 本線予備線方式

配電系統で事故が発生すると、需要側は一斉停電。予備線に切り替えて復旧するため、負荷制御は不要。受電用遮断器の閉鎖、投入が自動の場合、時に運転管理が必要。



② スポットネット方式

一般的に3回路で構成され、1回路で事故が発生しても、ネット方式の配電器によって事故系統を切断し、健全回路で復旧できる。そのため需要側での停電は不要。



CVT-ブールの水トリー

水トリーについて

CVT-ブールに発生する現象で、架橋ポリエチレン絶縁体内に侵入した水、異物、ボイドによってトリー(樹枝)状に欠陥が生じることを指す。
(絶縁破壊を起さず)
加わる局所的な電界との相乗作用

水トリーの特性

誘電正接(tanδ) [絶縁体内での損失割合] が大きく、その他直流漏れ電流が増える。

水トリー対策

- ・ 架橋方式を湿式から乾式に変更する
- ・ 半導電層、絶縁層の界面が平滑になるようにF-6タイプを採用する
- ・ 遮水層を設ける。

水トリーの劣化診断技術

損失電流法

絶縁体に流れる充電電流のうち、印加電圧と同位相の電流を抽出し、その残りの成分から絶縁劣化を判断

残留電荷法

CVT-ブールに直流電圧を印加して接地後、水トリー劣化部の蓄積電荷を交流電圧印加によって放出する。その電荷の放出状況から劣化判断

耐電圧法

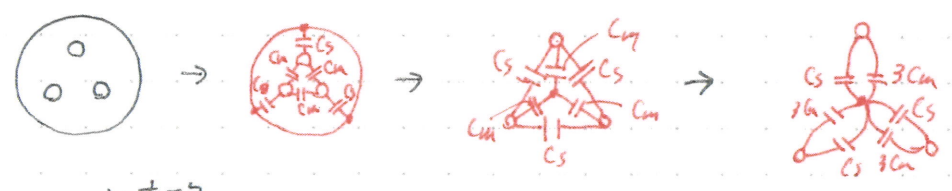
常規電圧より高い直流電圧を印加するか否かを判断

劣化レベルは、試験電圧と時間と強度

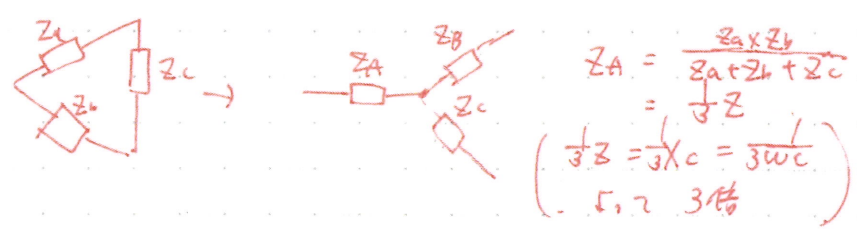
直流漏れ電流測定

CVT-ブール全体部と遮へい層間に直流電圧を印加し、検出される漏れ電流値、時間変化から劣化判断

Y-デルタの充電電流



Δ-Y変換



作用静電容量 : $C_0 = C_s + 3C_m$

充電電流 : $I_c = \frac{E}{X_c} \leftarrow \text{一相分}$
 $= \omega C \cdot \frac{V}{\sqrt{3}}$
 $= 2\pi f C \cdot \frac{V}{\sqrt{3}}$

