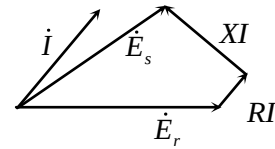
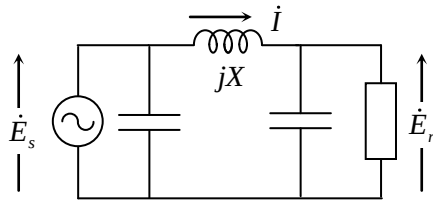


3.3 フェラチ現象

軽負荷時に送電線の静電容量の影響で受電端電圧が送電端電圧よりも上昇する現象



(a) 夜間の系統運転時

(b) 受電端を開放した場合

受電端に並列リアクトルを接続する等の対策

(c) 完成後初めて電線路に通電するとき

3.4 無効電力の調整と調相設備

OCW5 の式⑤'より, $E_s \approx E_r + \frac{RP_r}{E_r} + \frac{XQ_r}{E_r}$

θ : 小, $R=0$ ならば誘導性負荷の無効電力を正としたので,

誘導性負荷: $E_s - E_r > 0$, 受電端電圧降下

容量性負荷: $E_s - E_r < 0$, 受電端電圧上昇

電力損失は,

$$P_L = RI^2 = RI^2(\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = R \frac{P_r^2 + Q_r^2}{E_r^2}$$

負荷は有効電力と無効電力を消費する。無効電力を送ると電圧降下と送電損失発生するが, 負荷近傍に無効電力発生源設置すれば線路を流れる無効電力の制御が可能, この結果

(a) 電圧調整可能

(b) 伝送損失低減, 伝送電力増大

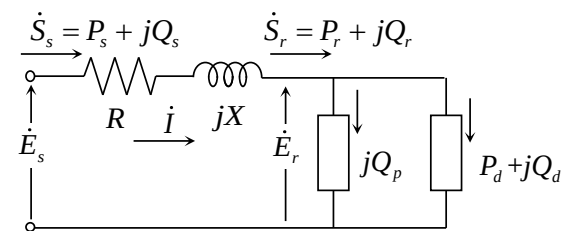
電力系統に設置する無効電力調整設備を調相設備とよぶ。

調相容量 Q_p (調相設備による無効電力発生量)

を加えると, θ : 小ならば⑤'式から,

$$E_s \approx E_r + \frac{RP_d}{E_r} + \frac{X}{E_r}(Q_d - Q_p)$$

負荷が変化した場合に E_s, E_r を一定に保つように Q_p を調整すればよい。…⑩

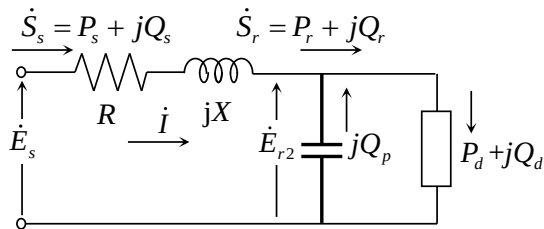


添え字 p : 調相設備, d : 需要

3.5 コンデンサによる受電端電圧の改善

並列コンデンサ

送電端電圧と負荷電力一定の条件で並列コンデンサ挿入し E_r を E_{r2} に変える。

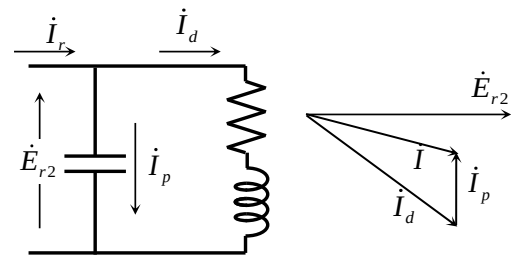


$$E_s \approx E_r + \frac{RP_r}{E_r} + \frac{XQ_r}{E_r} \Rightarrow E_{r2} + \frac{RP_r}{E_{r2}} + \frac{X(Q_d - Q_p)}{E_{r2}}$$

同じ P_L ならば Q_r を減らすほど P_r は増える。負荷と並列にコンデンサを接続すれば、電流が減少して変圧器や電線などの容量に余裕が生ずる。

$$\text{伝送損失は } P_L = RI^2 = R \frac{P_r^2 + Q_r^2}{E_r^2}$$

E_r 一定の場合は、 $Q_r = 0$ の時に損失最小



(E_{r2} はコンデンサ挿入後の受電端電圧)

電力系統は一般に定電圧送電方式:

送電端, 受電端電圧を固定して運転し, 負荷の増減には調相設備によって送受電端電圧の相差角を調整する。

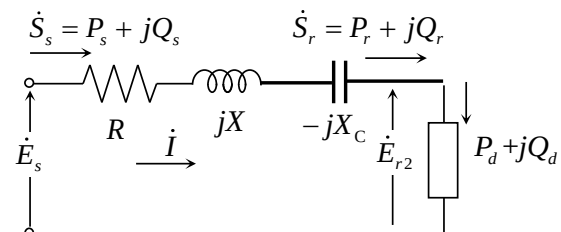
直列コンデンサ

送電端電圧と負荷電力一定の条件で直列コンデンサを挿入して E_r を E_{r2} に変える。

$$E_s \approx E_r + \frac{RP_r}{E_r} + \frac{XQ_r}{E_r} \Rightarrow E_{r2} + \frac{RP_r}{E_{r2}} + \frac{(X - X_C)Q_r}{E_{r2}}$$

E_{r2} は挿入後の受電端電圧

$$X_C = X + \frac{RP_r}{Q_r} - \frac{E_{r2}(E_s - E_{r2})}{Q_r} = X + \frac{R}{\tan \varphi} - \frac{E_{r2}}{P_r \tan \varphi}$$



$$P_r = E_r I \cos \varphi, \quad Q_r = E_r I \sin \varphi$$

$$R + jX = Ze^{j\varphi}, \varphi = \tan^{-1} \frac{X}{R}, Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

○ 線路リアクタンス X 減少 → 電圧降下低減

○ 負荷変動による電圧変動低減

$$E_s - E_r \approx \frac{XQ_r}{E_r}$$

○ 送電容量増大

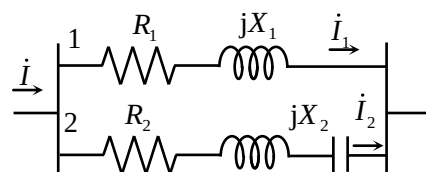
$$\frac{E_r E_s \sin \theta}{X}$$

○ ループ系統内の電流分担 (電力潮流) 調整により電力伝送損失低減

× 短絡故障電流増大

× タービン発電機, 同期機への悪影響

ループ系統例



送電損失が最小となる条件: $\frac{R_1}{X_1} = \frac{R_2}{X_2}$

3.6 静止型無効電力補償装置と負荷時タップ切換変圧器

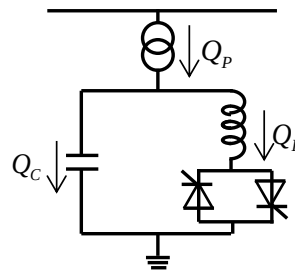
静止型無効電力補償装置:SVC

(Static Var Compensator)

負荷時タップ切換変圧器などの電圧調整器 (SVR:Step Voltage Regulator)では追従できない電圧変化を補償←パワエレ技術による

- ・リアクトルに流れる電流をサイリスタ等の位相制御で変化
- ・無効電力を連続的に, 高速に調整
- ・系統の電圧維持, 安定度向上
- ・アーク炉負荷等の電圧リッカ防止

SVC の構成例



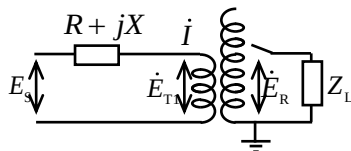
補償用コンデンサの容量(および進み無効電力 Q_2)は固定とし, 補償リアクトルに流れる遅れ無効電力 Q_1 をサイリスタの位相制御により調整する。装置の無効電力 Q_C はそれらの合成であり, 遅れから進みまで連続可変が可能

負荷時タップ切換変圧器

(無効電力の調整ではなく電圧を直接制御)

変圧器の巻線にタップをつけて変圧比(巻線比)を1~2%間隔で最大20%程度調整。

- ・変圧器タップ切換で2次側電圧を一定にする



準変圧比 $N_{r0} = \frac{E_{T1}}{E_r} = \frac{33}{6.6} = 5$ である。線路電圧

降下により変圧器1次側電圧が $E'_{T1} = 30 \text{ kV}$ に低下

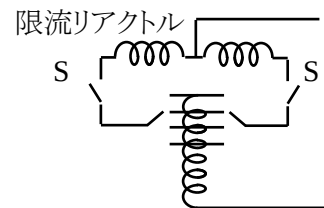
すると, 負荷電圧は $E_r = \frac{E'_{T1}}{5} = 6 \text{ kV}$ に低下。

そこで変圧比を $N_r = N_{r0} \times \frac{6}{6.6} = 0.91 N_{r0}$ に変え

ると, $E'_r = \frac{E'_{T1}}{N_r} = \frac{30}{0.91 \times 5} = 6.6 \text{ kV}$ となり元の電圧

に戻る。 $t_r = \frac{6}{6.6} = 0.91$ をタップ比という。

無電流状態でタップを切換えるための装置を負荷時タップ切換装置といい, 選択された回路の電流を開閉する切換開閉器と, タップ切換時にタップ間が橋絡されたときに流れる循環電流を制限する限流抵抗器または限流リアクトルとから構成される。



タップ2から3への切換動作

1. S, S' ON (常時の状態)
2. S を OFF, 左側タップを2から3へ切換
3. S を ON (循環電流流れる)
4. S' を OFF, 右側タップを2'から3'へ切換
5. S' を ON