

前回より

$$E_s \approx E_r + (R \cos \phi + X \sin \phi)I$$

受電端電力: $P_r = E_r I \cos \phi$, $Q_r = E_r I \sin \phi$,

$$\dot{S}_r = \dot{P}_r + j\dot{Q}_r \text{ (送電端電力: } \dot{S}_s = P_s + jQ_s \text{)}$$

$$E_s \sin \theta = \frac{XP_r - RQ_r}{E_r}, \quad E_s \cos \theta = E_r + \frac{RP_r + XQ_r}{E_r}$$

3.2.2 電力変動の影響

$$E_s \sin \theta = \frac{XP_r - RQ_r}{E_r} \text{ で, } \theta: \text{小のとき}$$

$$E_s \theta \approx \frac{XP_r - RQ_r}{E_r}, \quad E_s \approx E_r + \frac{RP_r + XQ_r}{E_r}$$

$\dot{S}_r = P_r + jQ_r$ が微小変動した場合の受電端の電圧 E_r の変化は, E_s は一定として

R を無視すれば

$$E_s \theta \approx \frac{XP_r}{E_r}, \quad E_s \approx E_r + \frac{XQ_r}{E_r} \text{ だから}$$

相差角: $\theta \approx \frac{XP_r}{E_s E_r}$, XP_r で変化

電圧降下: $E_s - E_r \approx \frac{XQ_r}{E_r}$, XQ_r で変化

3.3 無効電力の調整

負荷は有効電力と無効電力を消費

無効電力を送電すると電圧降下と伝送損失発生

負荷近傍に無効電力発生源設置

→線路を流れる無効電力の制御可能

3.3.1 調相設備による電圧の調整

θ : 小で $E_s \approx E_r + \frac{RP_r + XQ_r}{E_r}$, E_r を一定に必要な

無効電力調相容量 Q_p は $Q_r = Q_d - Q_p$

3相で表せば

$$V_s \approx V_r + \sqrt{3}(R \cos \phi + X \sin \phi)I$$

$$V_s \approx V_r + \frac{RP_r' + XQ_r'}{V_r}$$

電圧降下は1相分も3相分も同じ

$$E_s E_r - E_r^2 = RP_r + XQ_r \text{ を } P_r \text{ および } Q_r \text{ で偏微分}$$

$$E_s \frac{\partial E_r}{\partial P_r} - 2E_r \frac{\partial E_r}{\partial P_r} = R \text{ より, } \frac{\partial E_r}{\partial P_r} = \frac{R}{E_s - 2E_r},$$

同様に $\frac{\partial E_r}{\partial Q_r} = \frac{X}{E_s - 2E_r}$, よって $\frac{\partial E_r}{\partial Q_r} / \frac{\partial E_r}{\partial P_r} = \frac{X}{R}$

高圧送電線では $X \gg R$ だから, 無効電力 Q_r の変化が受電端電圧変動を決める。

誘導性負荷の無効電力を正とした。

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

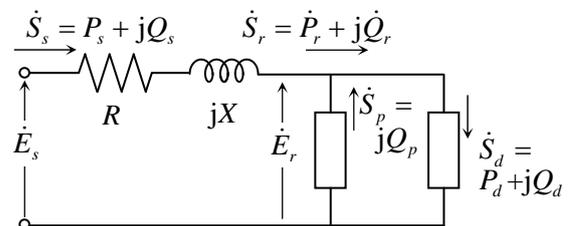
(例:フェランチ現象)

その結果

(a) 電圧調整可能

(b) 伝送損失低減, 伝送電力増大

調相設備: 送電系統に接地する無効電力調整設備のこと



電力円線図: θ : 大の場合

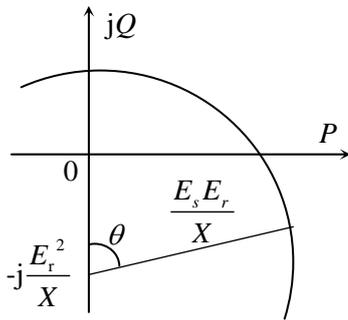
$$\dot{S}_r = \dot{E}_r \bar{I} = P_r + jQ_r = E_r \frac{E_s e^{-j(\theta-\varphi)} - E_r e^{j\varphi}}{Z}$$

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

線路インピーダンス: jX ($R=0, \varphi = \pi/2$) の時

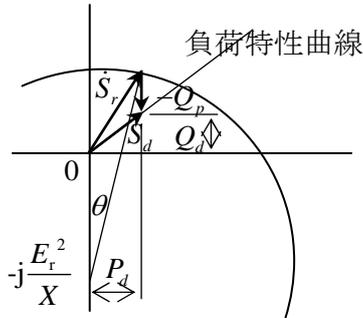
$$\dot{S}_r = P_r + jQ_r = \frac{E_s E_r}{X} e^{-j(\theta-\frac{\pi}{2})} - j \frac{E_r^2}{X}$$

E_s, E_r が一定の定電圧送電, 受電端では

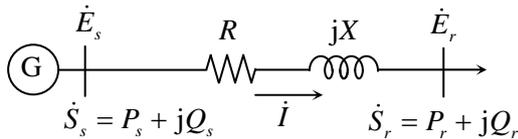


有効電力: $\theta=0$ で 0, $\theta = \frac{\pi}{2}$ で最大 $\frac{E_s E_r}{X}$

軽負荷の場合



3.3.2 負荷力率の改善



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

負荷の近くに無効電力調整設備をおけば, 無効

E_s, E_r が一定ならば \dot{S}_r の先端の描く軌跡は複素平面上で円: 受電端電力円線図

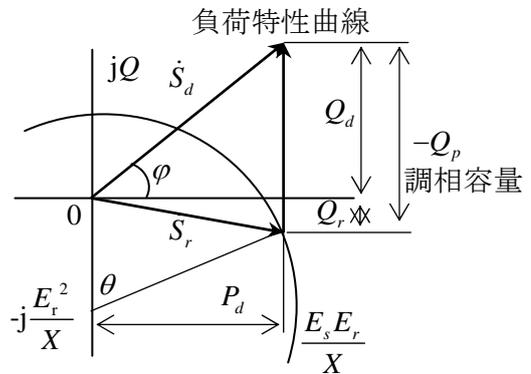
中心: $-j \frac{E_r^2}{X}$

半径: $\frac{E_s E_r}{X}$: 最大有効送電電力

3 相分では:

$$3 \frac{E_s E_r}{X} = 3 \frac{V_s / \sqrt{3} \cdot V_r / \sqrt{3}}{X} = \frac{V_s V_r}{X}$$

遅れ力率 φ の負荷の場合



受電端電力は進みになっている

送電線路両端の電圧, 線路定数がわかり

電力円線図と負荷特性曲線により以下が求まる

- 最大受電電力
- 相受電端間の相差角
- 必要な調相容量

負荷力率が悪いと無効電力が増加, 調相容量も増加

電力の流れ(潮流)を減少→高効率電力伝送可能, あるは送電容量増加

