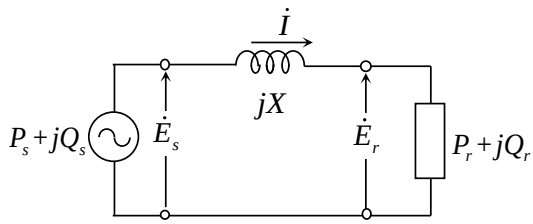


3.4 電力円線図



$\dot{E}_r$ 基準より $\dot{E}_r = E_r$, $\dot{E}_s = E_s e^{j\theta}$,

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}_s - \dot{E}_r}{jX} = -j \frac{E_s e^{j\theta}}{X} + j \frac{E_r}{X} \text{ より}$$

$$\bar{I} = j \frac{E_s e^{-j\theta}}{X} - j \frac{E_r}{X}. \text{ 受電端電力は,}$$

$$\begin{aligned} \dot{S}_r &= P_r + jQ_r = \dot{E}_r \bar{I} = j \frac{E_s E_r e^{-j\theta}}{X} - j \frac{E_r^2}{X} \\ &= \frac{E_s E_r}{X} e^{j(\frac{\pi}{2} - \theta)} - j \frac{E_r^2}{X} \end{aligned}$$

E_s , E_r が一定の場合, $\dot{S}_r$ を縦軸: 無効電力 Q_r , 横軸: 有効電力 P_r の複素平面上に描くと, θ の変化に伴い $\dot{S}_r$ の先端は円を描く。この軌跡を受電端電力円線図という。(右図)

円上の点は受電端電力が取り得る値を示し, 相相差角が θ の場合は, 円との交点 A, B で電力が授受されていることを示す。

有効電力は次式で与えられるから

$$\begin{aligned} P_r &= \text{Re}[\dot{S}_r] = \text{Re}\left[j \frac{E_s E_r e^{-j\theta}}{X} - j \frac{E_r^2}{X}\right] \\ &= \frac{E_s E_r}{X} \sin \theta \end{aligned}$$

$\theta = 0$ で 0, $\theta = \frac{\pi}{2}$ で最大 $\frac{E_s E_r}{X}$ となる。

・電力円線図の中心: $-j \frac{E_r^2}{X}$ (無効電力)

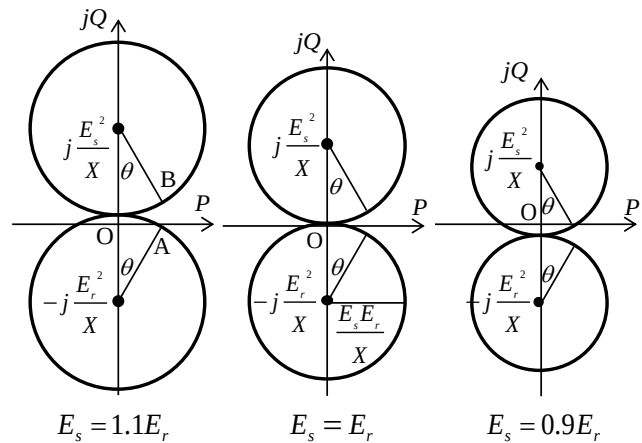
・半径: $\frac{E_s E_r}{X}$ (最大有効送電電力)

$$3 \text{ 相分では: } 3 \frac{E_s E_r}{X} = 3 \frac{V_s / \sqrt{3} \cdot V_r / \sqrt{3}}{X} = \frac{V_s V_r}{X}$$

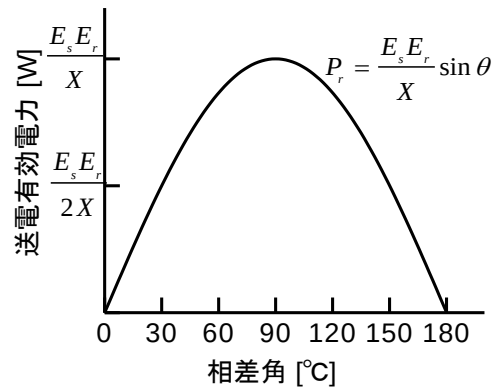
送電端電力は,

$$\begin{aligned} \dot{S}_s &= P_s + jQ_s = \dot{E}_s \bar{I} = j \frac{E_s E_s e^{j\theta} e^{-j\theta}}{X} - j \frac{E_s e^{j\theta} E_r}{X} \\ &= \frac{E_s^2}{X} e^{j(\frac{\pi}{2})} - j \frac{E_s E_r e^{j\theta}}{X} = j \frac{E_s^2}{X} + \frac{E_s E_r}{X} e^{j(-\frac{\pi}{2} + \theta)} \end{aligned}$$

右上図で, 上が送電端電力円線図, 下が受電端電力円線図で E_r を一定とした例。



E_s と E_r を一定として, θ を変化 ($\theta < 20 \sim 30^\circ$) させると, P は大きく変化するが, Q はあまり変化しない。これは有効電力の制御を相相差角で行うことに対応している(第 5 回)。また, E_r と θ を一定として, E_s を変化(上図では $1.1 \sim 0.9$)させると, Q は大きく変化するが, P はあまり変化しない。よって電圧の制御には無効電力を調整すればよい(調相設備)。



送電可能な有効電力は相相差角 90° で最大となるが通常は $20 \sim 30^\circ$ の範囲で運転される。 E_s と E_r を一定として, θ を変化 ($\theta < 20 \sim 30^\circ$) させると, P は大きく変化するが, Q はあまり変化しない。これは有効電力の制御を相相差角で行うことに対応している(第 5 回)。また, E_r と θ を一定として, E_s を変化(上図では $1.1 \sim 0.9$)させると, Q は大きく変化するが, P はあまり変化しない。よって電圧の制御には無効電力を調整すればよい(調相設備)。

円との交点 A, B の距離は, 有効電力の差で線路抵抗による電力消費(今回は無視)を示し, 無効電力の差は線路リアクタンスによる電力消費を示す。

