

3-1 送電の電力円線図

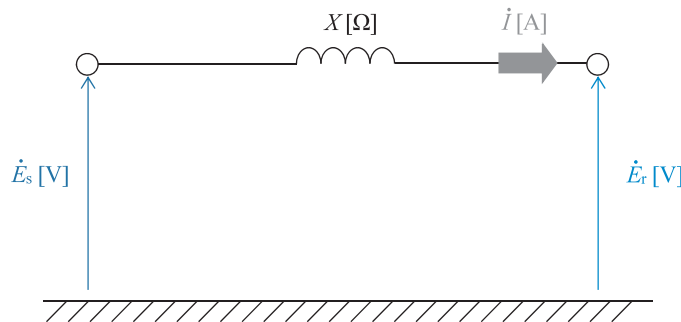
重要度 ★★★

電験二種では、送電端と受電端の電圧から負荷電力を計算する問題が出題されています。

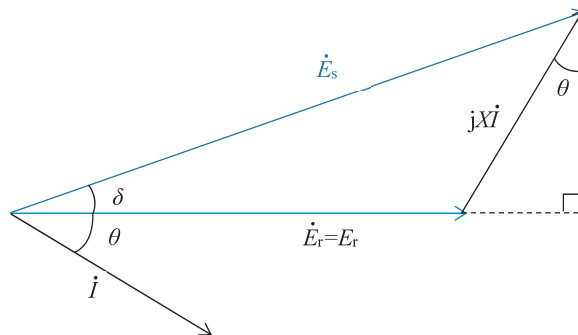
■ 送電線の電圧と負荷電力

次図のような、線路リアクタンスが $X[\Omega]$ である送電線において、負荷電流 $i[A]$ が流れている一相分の等価回路を考えます。送電端および受電端の相電圧はそれぞれ $\dot{E}_s[V]$ および $\dot{E}_r[V]$ であり、これら2つの電圧の位相差である^{電圧の位相差}相^{位相差}差角は $\delta[\text{rad}]$ とします。

このときの受電端側の三相負荷の有効電力 $P_{3r}[W]$ および無効電力 $Q_{3r}[\text{var}]$ を求めます。



電圧ベクトルの基準を $\dot{E}_r[V]$ とし、 $\dot{E}_r = E_r \angle 0 = E_r[V]$ とします。また、負荷電流 $i[A]$ の受電端相電圧 $\dot{E}_r[V]$ に対する遅れ位相差を $\theta[\text{rad}]$ とすると、送電線は線路リアクタンス $X[\Omega]$ のみで構成されていることから、2-3 節と同様のベクトル図が得られます。



このとき、送電線に流れる電流 i [A] は、電圧降下の式から次のように計算されます。

$$\begin{aligned}
 \dot{E}_s &= \dot{E}_r + jX\dot{i} \\
 \dot{i} &= \frac{\dot{E}_s - \dot{E}_r}{jX} \\
 &= \frac{E_s \angle \delta - E_r \angle 0}{jX} \\
 &= \frac{E_s(\cos \delta + j \sin \delta) - E_r}{jX} \\
 &= \frac{E_s}{X} \sin \delta - j \frac{E_s \cos \delta - E_r}{X} \text{ [A]}
 \end{aligned}$$



$X[\Omega]$ および $E_s[\text{V}]$ 、 $E_r[\text{V}]$ 、 δ [rad]の数値が与えられていれば、上式を用いて負荷電流 i [A] を求めることができます。

受電端における負荷の一相分の複素電力 $\dot{S}_{1r}$ は、定義より次のように計算されます。

$$\begin{aligned}
 \dot{S}_{1r} &= \dot{E}_r \bar{\dot{i}} \\
 &= E_r \times \overline{\left(\frac{E_s}{X} \sin \delta - j \frac{E_s \cos \delta - E_r}{X} \right)} \\
 &= E_r \times \left(\frac{E_s}{X} \sin \delta + j \frac{E_s \cos \delta - E_r}{X} \right) \\
 &= \frac{E_s E_r}{X} \sin \delta + j \frac{E_s E_r \cos \delta - E_r^2}{X} \dots (1)
 \end{aligned}$$

受電端における一相分の有効電力を P_{1r} [W]、遅相無効電力を Q_{1r} [var] とすると、 $\dot{S}_{1r} = P_{1r} + jQ_{1r}$ と式(1)の実部と虚部を比較することにより次の関係式が得られます。

$$P_{1r} = \frac{E_s E_r}{X} \sin \delta \text{ [W]}, \quad Q_{1r} = \frac{E_s E_r \cos \delta - E_r^2}{X} \text{ [var]}$$

したがって、送電端と受電端の線間電圧の大きさを V_s [V] および V_r [V] とすると、 $V_s = \sqrt{3}E_s$ [V] および $V_r = \sqrt{3}E_r$ [V] の関係を用いて、三相分の有効電力 P_{3r} [W] および遅相無効電力 Q_{3r} [W] は次のように求まります。

$$\begin{aligned}
 P_{3r} &= 3P_{1r} \\
 &= 3 \frac{E_s E_r}{X} \sin \delta \\
 &= \frac{3 \times \frac{V_s}{\sqrt{3}} \times \frac{V_r}{\sqrt{3}}}{X} \sin \delta \\
 &= \frac{V_s V_r}{X} \sin \delta \text{ [W]} \\
 Q_{3r} &= 3Q_{1r}
 \end{aligned}$$