電験二種　オンライン講座

電力管理 送電（2）

2024.10.20 Sun

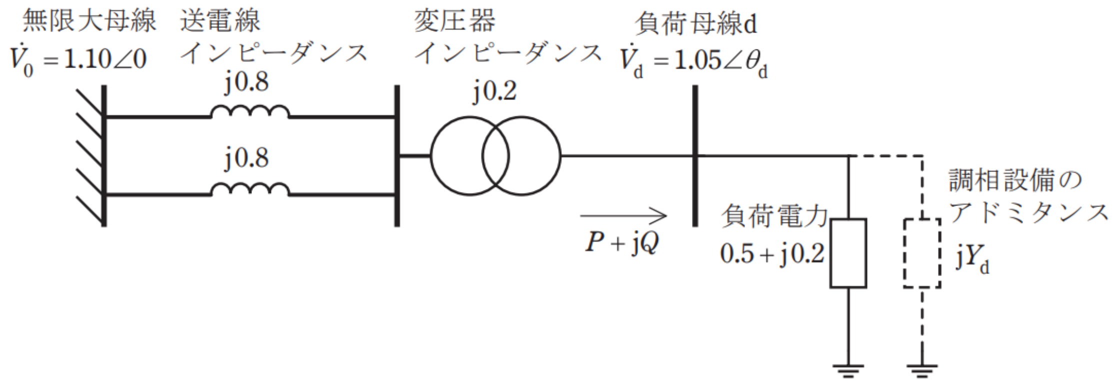
問３　送電線により受電する下図の負荷母線 d の受電電圧 V_d を 1.05 p.u.に維持するために必要な調相設備（コンデンサあるいはリアクトル）のサセプタンス Y_d を，単位法を用いて，以下の手順で求める。それぞれの問に答えよ。なお，遅れ無効電力を正とする。

(1) 負荷母線 d に到達する有効電力 P に関する数式を用いて，$\sin\theta_d$ の値を求めよ。

(2) 負荷母線 d に到達する遅れ無効電力 Q を $\cos\theta_d$ の関数で表せ。

(3) 上記小問 (2) の解を用いて必要調相設備サセプタンス Y_d を $\cos\theta_d$ の関数で表せ。

(4) 上記の各小問の解を用いて必要調相設備サセプタンス Y_d を求めよ。ただし，$|\theta_d| < \frac{\pi}{2}$ とする。

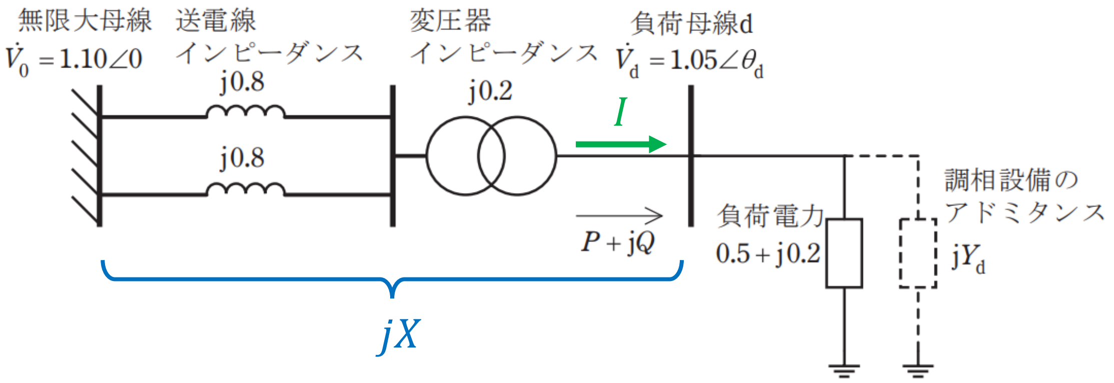


注) 数値は全てp.u.値(ただし，位相はrad)

R04 問3

問３　送電線により受電する下図の負荷母線 d の受電電圧 V_d を 1.05 p.u.に維持するために必要な調相設備(コンデンサあるいはリアクトル)のサセプタンス Y_d を，単位法を用いて，以下の手順で求める。それぞれの問に答えよ。なお，遅れ無効電力を正とする。

(1)　負荷母線 d に到達する有効電力 P に関する数式を用いて，$\sin\theta_d$ の値を求めよ。



注) 数値は全てp.u.値(ただし，位相はrad)

電流Iの式を作る

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}_0 - \dot{V}_d}{jX}$$

電力の式を作る

$\dot{V}_d\bar{\dot{I}} = P + jQ$ **（遅れ無効電力が正）**

※電流を共役複素数に取る場合、遅れ無効電力が正
電圧を共役複素数に取る場合、進み無効電力が正

$$\dot{V}_d\bar{\dot{I}} = \dot{V}_d\overline{\frac{\dot{V}_0 - \dot{V}_d}{jX}} = \dot{V}_d\frac{\overline{\dot{V}_0} - \overline{\dot{V}_d}}{\overline{jX}} = \dot{V}_d \times \frac{V_0 - \overline{\dot{V}_d}}{-jX} = j\frac{V_0\dot{V}_d}{X} - j\frac{|\dot{V}_d|^2}{X}$$

$$= j\frac{V_0V_d}{X}e^{j\theta_d} - j\frac{|\dot{V}_d|^2}{X} = j\frac{V_0V_d}{X}(\cos\theta_d + j\sin\theta_d) - j\frac{|\dot{V}_d|^2}{X}$$

$$P + jQ = -\frac{V_0V_d}{X}\sin\theta_d + j\left(\frac{V_0V_d}{X}\cos\theta_d - \frac{|\dot{V}_d|^2}{X}\right)$$

$$\to P = -\frac{V_0V_d}{X}\sin\theta_d \ \to\ \sin\theta_d = -\frac{XP}{V_0V_d}$$

送電線のリアクタンスXは

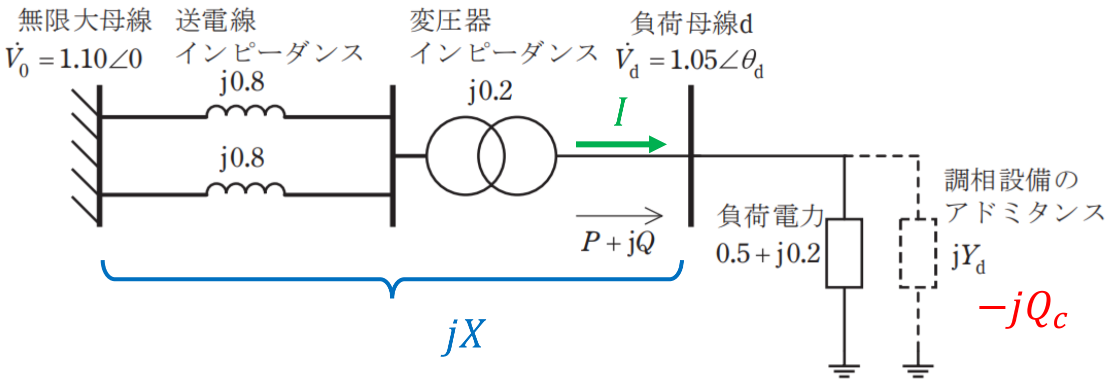
$$X = \frac{0.8}{2} + 0.2 = 0.6\ [\mathrm{p.u.}]$$

負荷電力より$P = 0.5\ [\mathrm{p.u.}]$
(調相設備はアドミタンスのみなので有効電力は0)

$$\sin\theta_d = -\frac{XP}{V_0V_d} = -\frac{0.6 \times 0.5}{1.10 \times 1.05} = -0.25974$$

R04　問3

問３　送電線により受電する下図の負荷母線 d の受電電圧 V_d を 1.05 p.u.に維持するために必要な調相設備（コンデンサあるいはリアクトル）のサセプタンス Y_d を，単位法を用いて，以下の手順で求める。それぞれの問に答えよ。なお，遅れ無効電力を正とする。



注）数値は全てp.u.値（ただし，位相はrad）

(2)　負荷母線 d に到達する遅れ無効電力 Q を $\cos\theta_d$ の関数で表せ。

$$P + jQ = -\frac{V_0V_d}{X}\sin\theta_d + j\left(\frac{V_0V_d}{X}\cos\theta_d - \frac{|\dot{V}_d|^2}{X}\right)$$

$X = 0.6\ [\mathrm{p.u.}]$

$\sin\theta_d = -0.25974$

$$Q = \frac{V_0V_d}{X}\cos\theta_d - \frac{|\dot{V}_d|^2}{X} = \frac{1.10\times 1.05}{0.6}\cos\theta_d - \frac{1.05^2}{0.6}$$

$$Q = 1.925\cos\theta_d - 1.8375$$

(3)　上記小問 (2) の解を用いて必要調相設備サセプタンス Y_d を $\cos\theta_d$ の関数で表せ。

$$Q = 0.2 - Q_C = 1.925\cos\theta_d - 1.8375$$

$$Q_C = Y_dV_d^2 = Y_d\times 1.05^2 = 1.1025Y_d$$

$$Q_C = Y_dV_d^2 = 0.2 - 1.925\cos\theta_d + 1.8375 \rightarrow Y_d = -1.746\cos\theta_d + 1.8481$$

(4)　上記の各小問の解を用いて必要調相設備サセプタンス Y_d を求めよ。ただし，$|\theta_d| < \frac{\pi}{2}$ とする。

$$\cos\theta_d = \sqrt{1-\sin^2\theta_d} = \sqrt{1-(-0.25974)^2} = 0.96568$$

$$Y_d = -1.746\times 0.96568 + 1.8481 = 0.162$$

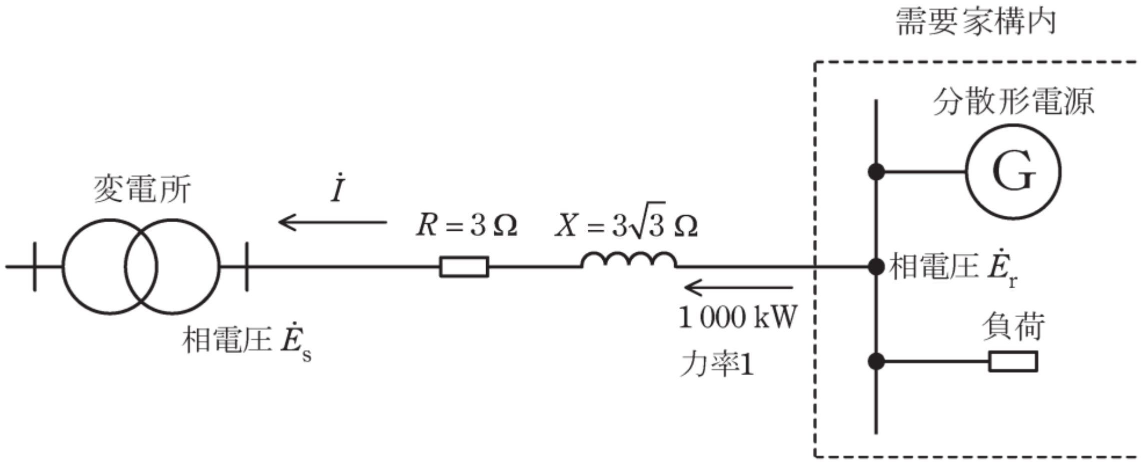
R03 問4

問４　分散形電源の系統連系に関して，次の問に答えよ。

図に示す 6.6 kV 三相 3 線式高圧配電線の末端に，分散形電源を有する需要家が連系されている。

(1)　需要家から配電線へ逆潮流（力率 1）がある場合の，需要家端の相電圧（1 線と中性点間の電圧）$\dot{E}_r$ と変電所の相電圧 $\dot{E}_s$ の関係を示すベクトル図及び関係式を $\dot{E}_s$， $\dot{E}_r$， $\dot{I}$，R，X を用いて描け。ただし，ベクトル図は $\dot{E}_r$（位相 0）を基準とし，電流 $\dot{I}$ は図中の矢印の向きを正とする。

(2)　小問 (1) のベクトル図から需要家端の線間電圧値を求めよ。ただし，需要家端からの逆潮流は 1 000 kW，力率は 1（分散形電源，負荷設備ともに 1）であり，高圧配電線は当該需要家のみの専用線とし，1 線当たりの抵抗 R 及びリアクタンス X はそれぞれ 3 Ω及び $3\sqrt{3}$ Ω，変電所端の線間電圧は 6.6 kV で一定とする。

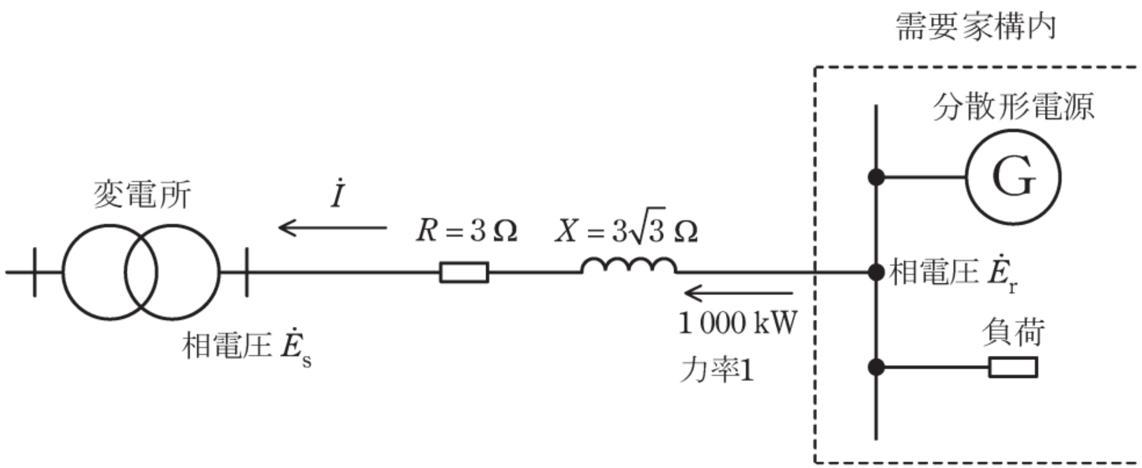


R03 問4

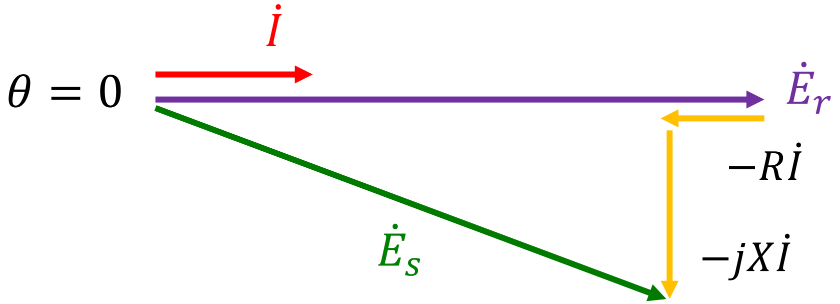
問４　分散形電源の系統連系に関して，次の問に答えよ。

図に示す 6.6 kV 三相 3 線式高圧配電線の末端に，分散形電源を有する需要家が連系されている。

(1) 需要家から配電線へ逆潮流（力率 1）がある場合の，需要家端の相電圧（1 線と中性点間の電圧）$\dot{E}_r$ と変電所の相電圧 $\dot{E}_s$ の関係を示すベクトル図及び関係式を $\dot{E}_s$，$\dot{E}_r$，$\dot{I}$，R，X を用いて描け。ただし，ベクトル図は $\dot{E}_r$（位相 0）を基準とし，電流 $\dot{I}$ は図中の矢印の向きを正とする。

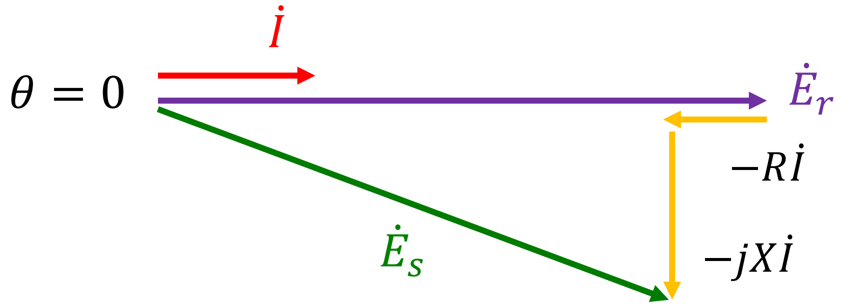


$$\dot{E}_r = R\dot{I} + jX\dot{I} + \dot{E}_s \rightarrow \dot{E}_s = \dot{E}_r - R\dot{I} - jX\dot{I}$$



R03 問4

(2) 小問(1)のベクトル図から需要家端の線間電圧値を求めよ。ただし，需要家端からの逆潮流は 1 000 kW，力率は 1(分散形電源，負荷設備ともに 1)であり，高圧配電線は当該需要家のみの専用線とし，1 線当たりの抵抗 R 及びリアクタンス X はそれぞれ 3 Ω及び $3\sqrt{3}$ Ω ，変電所端の線間電圧は 6.6 kV で一定とする。



$$\dot{E}_s = \dot{E}_r - R\dot{I} - jX\dot{I} \ \rightarrow E_s^2 = (E_r - RI)^2 + (XI)^2$$

$$P = 3E_r I \ \rightarrow I = \frac{P}{3E_r}$$

$$E_s^2 = \left(E_r - R \times \frac{P}{3E_r}\right)^2 + \left(X \times \frac{P}{3E_r}\right)^2 = E_r^2 - \frac{2RP}{3} + \left(\frac{RP}{3E_r}\right)^2 + \left(\frac{XP}{3E_r}\right)^2$$

$$\rightarrow E_r^2 - \frac{2RP}{3} - E_s^2 + \left(\frac{RP}{3E_r}\right)^2 + \left(\frac{XP}{3E_r}\right)^2 = 0$$

※単位換算

$1\text{MW} = 1\ \text{kV} \times 1\ \text{kV}$

$$\rightarrow E_r^4 - \left(\frac{2RP}{3} + E_s^2\right)E_r^2 + \left(\frac{RP}{3}\right)^2 + \left(\frac{XP}{3}\right)^2 = 0$$

$$E_r^4 - \left(\frac{2 \times 3}{3} + \left(\frac{6.6}{\sqrt{3}}\right)^2\right)E_r^2 + \left(\frac{3}{3}\right)^2 + \left(\frac{3\sqrt{3}}{3}\right)^2 = 0$$

$$E_r^4 - 16.52E_r^2 + 4 = 0$$

$$E_r^2 = 8.26 \pm \sqrt{8.26^2 - 4} = 8.26 \pm 8.014$$

$E_r^2 = 16.274$ (0.246**は不適**)

$$E_r = 4.0341\ \text{kV}$$

$$V_r = \sqrt{3}E_r = \sqrt{3} \times 4.0341 = 6.9873\ \text{kV}$$

※解の公式

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$ax^2 + 2b'x + c = 0$$

$$x = \frac{-b' \pm \sqrt{b'^2 - ac}}{a}$$

$a = 1$**のとき**

$$x = -b' \pm \sqrt{b'^2 - c}$$

ご聴講ありがとうございました!!