

担当:木塚大貴

電力系統工学の教科書 P206 の図 8.5 で#3 から右に 3/4 の位置で三相短絡事故が起きた場合を考える。発電機は 1.0pu の電力を送電しており、無限大母線の電圧の大きさは 1.0pu である。発電機の誘導起電力は $|\dot{E}| = 1.05$ で事故が起きても大きさは一定である。ここに無限大母線を基準とする発電機の位相差を δ とする。 $\dot{E} = 1.05\angle\delta$
電力相角方程式と臨界故障除去位相を求めよ。

[解答] 電力相角方程式は発電機の有効電力出力 P_e のことである。そこで P_e を求めることを考える。有効電力とは時間 t で表示した場合、瞬時電力 $p(t)$ の平均値なわけであるが、複素数表示した場合には複素電力 \dot{S} の実数部分が有効電力になる。よって発電機の複素電力を求めるために発電機の複素電圧 \dot{E} (既知) と複素電流 \dot{I} が必要である。

発電機から送電線路に供給される電流は次のように二つの式で表すことができる。 #3 以降、電流は無限大母線(電圧は 1[pu]) と三相短絡(電圧は 0) に向け平行二回線を流れる。

$$\dot{I} = \frac{\dot{E} - \dot{V}_3}{j0.2 + j0.1} \quad (1)$$

$$\dot{I} = \frac{\dot{V}_3 - 0}{j0.3} + \frac{\dot{V}_3 - 1.0}{j0.4} \quad (2)$$

ここで \dot{V}_3 は#3 の電圧とした。式 (1), (2) より \dot{V}_3 を消去すると電流 \dot{I} は以下のようになる。

$$\dot{I} = \frac{7}{11} \left(j\frac{1}{0.7} - j\frac{\dot{E}}{0.3} \right) \quad (3)$$

$$(4)$$

複素電力 \dot{S} は電圧と電流の共役値の積つまり $\dot{S} = \dot{E}\dot{I}^*$ であるので

$$\begin{aligned} \dot{S} &= \dot{E} \frac{7}{11} \left(-j\frac{1}{0.7} + j\frac{\dot{E}^*}{0.3} \right) \\ &= -j\frac{7}{11} \frac{\dot{E}}{0.7} + j\frac{7}{11} \frac{|\dot{E}|^2}{0.3} \\ &= -j\frac{7}{11} \frac{|\dot{E}|(\cos\delta + j\sin\delta)}{0.7} + j\frac{7}{11} \frac{|\dot{E}|^2}{0.3} \\ &= \frac{7}{11} \frac{|\dot{E}|\sin\delta}{0.7} + j(\text{虚数部}) \end{aligned}$$

有効電力 P_e は複素電力の実数部分なので

$$P_e = \frac{7}{11} \frac{1.05}{0.7} \sin\delta = 0.9546 \sin\delta \quad (5)$$

となり、事故中の電力相角方程式が求められた。

以上より電力相角方程式は以下のようになる。(事故前と事故除去後は教科書を見てください)

$$\text{事故前} : P_{max} \sin\delta = 2.1 \sin\delta \quad (6)$$

$$\text{事故継続期間} : r_1 P_{max} \sin\delta = 0.9546 \sin\delta \quad (7)$$

$$\text{事故除去後} : r_2 P_{max} \sin\delta = 1.5 \sin\delta \quad (8)$$

したがって、

$$r_1 = \frac{0.9546}{2.10} = 0.455, r_2 = \frac{1.5}{2.1} = 0.714$$

また例題 8.8 より

$$\delta_0 = 0.496[\text{rad}], \delta_{max} = 2.412[\text{rad}]$$

したがって (8.67) 式に数値を代入すると次の結果を得る。

$$\cos\delta_{cr} = -0.77$$

$$\delta_{cr} = 1.648[\text{rad}]$$