

単位法(per unit法) [p.u.]

電力、電圧、電流、インピーダンスなどの量を表す方法の一つです。

基準電圧と基準容量を定め、これから基準の電流、基準のインピーダンスを定め、実際の値の基準に対する比率で表す方法です。

3相平衡回路で基準線間電圧を V_s 、基準容量を P_s とすると、基準電流 I_s は、

$$P_s = \sqrt{3}V_s I_s \text{ から、 } I_s = \frac{P_s}{\sqrt{3}V_s}$$

基準インピーダンス Z_s は、

$$Z_s = \frac{V_s / \sqrt{3}}{I_s} = \frac{V_s^2}{\sqrt{3}V_s I_s} = \frac{V_s^2}{P_s}$$

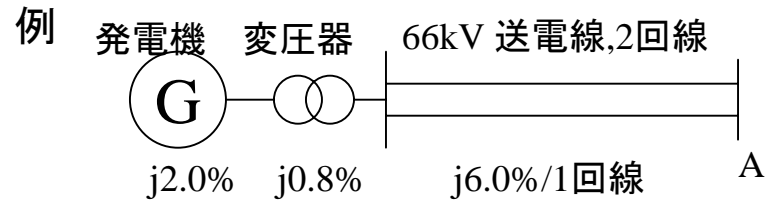
任意の P, Q, V, I, Z は、次式で換算します。

$$P[p.u.] = \frac{P}{P_s}, Q[p.u.] = \frac{Q}{P_s}, V[p.u.] = \frac{V}{V_s},$$

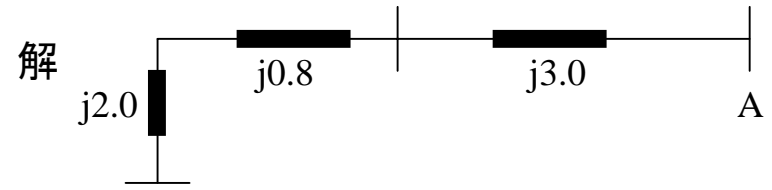
$$I[p.u.] = \frac{I}{I_s} = \frac{\sqrt{3}V_s I}{P_s},$$

$$Z[p.u.] = \frac{Z}{Z_s} = \frac{P_s Z}{V_s^2}$$

パーセント法では単位法の数値を100倍します。電圧階級が複数するとき、基準電圧も複数定めます。単位法は、電圧の差を意識しないで扱えます。



上図において、受電点 A の短絡電流値を求めよ。ただし、基準容量は 100MVA 、受電点の基準電圧は 66kV とする。



A点から電源側を見たリアクタンスは $j(3.0 + 0.8 + 2.0)\% = j5.8\% = 0.058\text{p.u.}$ 。短絡電流は、重ね合わせの原理で系統内の起電力を取り去り、A点に100% (1.0p.u.)の電圧を加えたときに流れ込む電流に等しい。

$$\therefore I = \frac{1.0}{0.058} = 17.2413 \dots [p.u.]$$

$$\text{基準電流は、 } I_s = \frac{P_s}{\sqrt{3}V_s} = \frac{100 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 66 \times 10^3} = 875 [A]$$

$$\therefore I = 17.2413 \dots \times 875 = 15086 [A] = 15.1 [kA]$$

基準を変えた場合の換算法

1. 基準容量を変更したときのインピーダンス
 基準容量が P_{s1} のときと、 P_{s2} のときでは

$$Z_1[p.u.] = \frac{Z}{Z_{s1}} = \frac{P_{s1}Z}{V_s^2},$$

$$Z_2[p.u.] = \frac{Z}{Z_{s2}} = \frac{P_{s2}Z}{V_s^2}, \text{ 比を取ると、}$$

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{P_{s2}}{P_{s1}}, \therefore Z_2[p.u.] = Z_1 \times \frac{P_{s2}}{P_{s1}}$$

すなわち、基準容量を変えると、基準容量に比例して、 $Z[p.u.]$ が変わる。

2. 基準電圧を変えたときのインピーダンス
 基準電圧が V_{s1} のときと、 V_{s2} のときでは

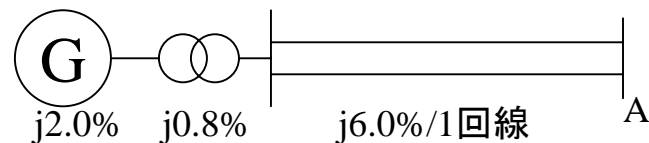
$$Z_1[p.u.] = \frac{Z}{Z_{s1}} = \frac{P_s Z}{V_{s1}^2},$$

$$Z_2[p.u.] = \frac{Z}{Z_{s2}} = \frac{P_s Z}{V_{s2}^2}, \text{ 比を取ると、}$$

$$\frac{Z_2}{Z_1} = \frac{1/V_{s2}^2}{1/V_{s1}^2}, \therefore Z_2[p.u.] = Z_1 \times \left(\frac{V_{s1}}{V_{s2}} \right)^2$$

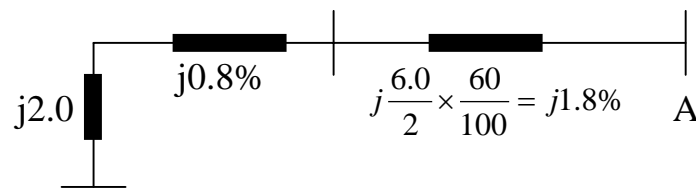
すなわち、基準電圧を変えると、基準電圧の二乗に逆比例して、 $Z[p.u.]$ が変わる。

例 発電機 変圧器 66kV 送電線, 2回線



上図において、受電点 A の短絡電流値は？ただし、基準容量は発電機と変圧器は 60MVA, 線路は 100MVA, 受電点の基準電圧は 66kV とする。

解



A 点から電源側を見たリアクタンスは、60MVA 基準で $j(1.8 + 0.8 + 2.0)\% = j4.6\% = 0.046 p.u.$

$$\therefore I = \frac{1.0}{0.046} = 21.739 \dots [p.u.]$$

基準電流は、 $I_s = \frac{P_s}{\sqrt{3}V_s} = \frac{60 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 66 \times 10^3} = 525 [A]$

$$\therefore I = 21.739 \dots \times 525 = 11413 [A] = 11.4 [kA]$$

100MVA 基準では、

$$I = \frac{1.0}{0.06/2 + (0.008 + 0.02) \times 100/60} = 0.1304 \dots$$

$$I_s = 875 [A], I = 0.1304 \times 875 = 11413 \dots [A] = 11.4 [kA]$$

で、当然 $P_s = 60MVA$ のときと同じになる。