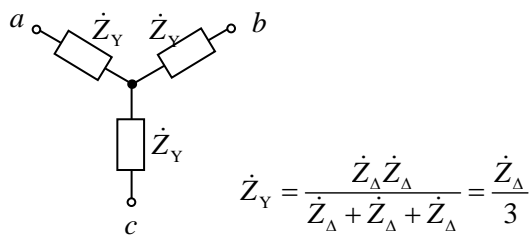


第3回の内容

- ・ 大容量機器導入の利点と欠点
- ・ 伝送電力
- ・ 電力系統の等価回路, 四端子定数
近距離, 中距離, 分布定数回路
- ・ フェランチ現象
- ・ Y-Δ変換

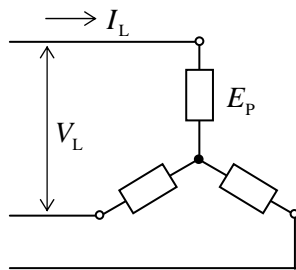
平衡三相負荷のY-Δ変換

インピーダンスが全て同じとすると



3相電力

Y 結線

相電圧 E_P , 線路電流 I_L 負荷全体の電力 $W = 3E_P I_L \cos \varphi$ 線間電圧 $V_L = \sqrt{3}E_P$ より $W = \sqrt{3}V_L I_L \cos \varphi$

2.5 単位法(または PU 法)

定格の異なる機器の, 電圧, 電流, 有効・無効電力, インピーダンス, アドミタンスの値を, 系統に適した基準値 (_B: ベースの添え字をつける) に対する比として無次元化する方法のこと。

2.5.1 基準値および pu 値

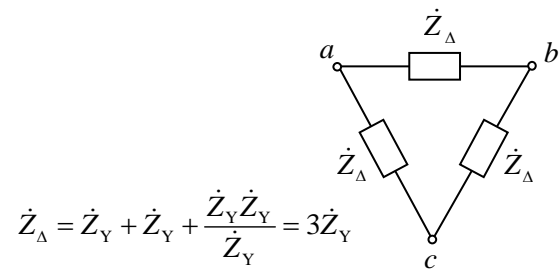
電圧

線間電圧: $V_{pu} = \frac{V}{V_B}$, V_B, E_B : 基準値(定格値)相電圧: $E_{pu} = \frac{E}{E_B}$,

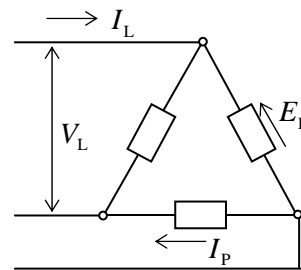
第4回の内容

- ・ 単位法
- ・ 基準値と pu 値
- ・ 基準値の変換
- ・ 3相短絡電流

Blackout



Δ 結線

相電流 I_P , 線路電流 $I_L = \sqrt{3}I_P$ 負荷全体の電力 $W = 3V_L I_P \cos \varphi$ $W = \sqrt{3}V_L I_L \cos \varphi$

単位法は複雑な電力回路の解析に便利である。

(ただし求められる値は全て「比」なので,)

基準量をかけて元の単位に戻す必要がある。

線間電圧と相電圧: $V = \sqrt{3}E$

$$E_{pu} = \frac{E}{E_B} = \frac{\sqrt{3}V}{\sqrt{3}V_B} = V_{pu}$$

単位法では線間電圧と相電圧は等しい

例) $V_B = 275 \text{ kV}$ で, 電圧 285 kV は

$$285/275 = 1.036 \text{ pu}$$

単相回路または平衡 3 相回路の 1 相分

基準値を相電圧と 1 相分容量とすると、基準電流、基準インピーダンスを次のように定義する。

基準電圧: 相電圧 E_B [V]

基準容量: 1 相分容量 S_B [VA]

基準電流: $I_B = \frac{S_B}{E_B}$ [A]

基準インピーダンス: $Z_B = \frac{E_B}{I_B} = \frac{E_B^2}{S_B}$ [Ω]

基準値を用いると \dot{Z} の pu インピーダンス表示は

$$Z_{pu} = \frac{\dot{Z}}{Z_B} = \frac{I_B}{E_B} \dot{Z} = \frac{S_B}{E_B^2} \dot{Z}$$

$$Y_{pu} = \frac{1}{Z_{pu}} = \frac{E_B^2}{S_B} \dot{Y}。同様に$$

$$S_{pu} = \frac{S}{S_B}, E_{pu} = \frac{\dot{E}}{E_B}, I_{pu} = \frac{\dot{I}}{I_B}$$

3 相回路 (3 相容量にはダッシュをつける)

基準値を線間電圧と 3 相分容量とすると、基準電流、基準インピーダンスの定義は次の通り。

基準電圧: 線間電圧 V_B [V]

基準容量: 3 相分容量 $S'_B = 3S_B$ [VA]

基準電流: $I_B = \frac{S_B}{E_B} = \frac{S'_B/3}{V_B/\sqrt{3}} = \frac{S'_B}{\sqrt{3}V_B}$ [A]

基準インピーダンス: $Z_B = \frac{E_B}{I_B} = \frac{E_B^2}{S_B} = \frac{V_B^2}{S'_B}$ [Ω]

$Z_B = \frac{V_B^2}{S'_B}$ と $S'_B = \sqrt{3}V_B I_B$ より、4 つの基準値のうち

2 つがわかると他の 2 つが求まる。

基準値を用いると \dot{Z} の pu インピーダンス表示は

$$Z_{pu} = \frac{\dot{Z}}{Z_B} = \frac{S_B}{E_B^2} \dot{Z} = \frac{S'_B}{V_B^2} \dot{Z}$$

3 相回路では、線間電圧と 3 相分容量を用いると

Z_{pu} の表示は単相分と同じ。

電力

基準三相容量を $S'_B = 3S_B$ とすれば、

三相電力 P [W] は: $P_{pu} = \frac{P}{S'_B}$

三相無効電力 Q [var] は: $Q_{pu} = \frac{Q}{S'_B}$

三相皮相電力 Q [VA] は: $S_{pu} = \frac{S}{S'_B}$

パーセント法: pu 値を 100 倍した値

%法は [W][V] の単位無しに計算できることが特徴。ただし電圧 \times 電流を求める場合は右のように、10000 倍となり 10^2 の係数が必要となるので、電力計算では単位法を用いる。

単位法: $E_{pu} I_{pu} = \frac{E}{E_B} \frac{I}{I_B} = \frac{S}{S_B} = S_{pu}$

%法:

$$E_{\%} \cdot I_{\%} = E_{pu} \times 100 \cdot I_{pu} \times 100$$

$$= \left(\frac{E}{E_B} \times 100 \right) \left(\frac{I}{I_B} \times 100 \right)$$

$$= \frac{S}{S_B} \times 10^4 = S_{pu} \times 100 \times 10^2 = S_{\%} \times 10^2$$

2.5.2 %インピーダンスの準値の変換

インピーダンスは % 表示して、% (パーセント) インピーダンスと呼ぶ。発電機や変圧器などの電力機器銘板には、定格電圧、定格容量を基準とした % インピーダンスが表示されている。

実際のインピーダンスが \dot{Z} [Ω] の電力機器について、定格電圧 E_R [kV]、定格容量 S_R [MVA]

この機器を基準電圧 E_B [kV]、基準容量 S_B [MVA] の系統で使った場合の % インピーダ

ンスは $Z_{B\%} = \frac{S_B}{E_B^2} \dot{Z} \times 100$ だから、 $Z_{R\%}$ を使って

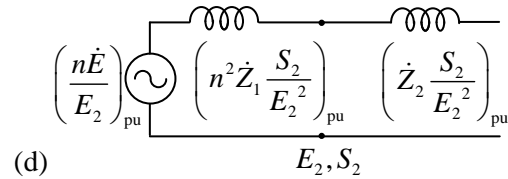
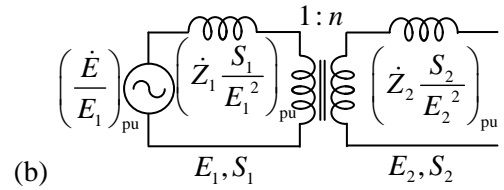
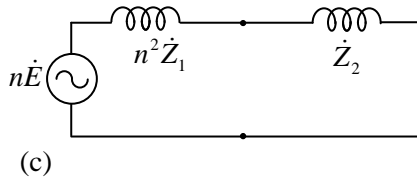
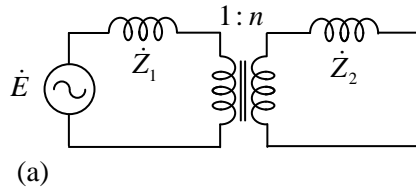
$$\dot{Z} \text{ を消去すると, } Z_{B\%} = Z_{R\%} \frac{S_B}{S_R} \left(\frac{E_R}{E_B} \right)^2。$$

に対する%インピーダンスが $Z_{R\%}$ とすると：

$$Z_{R\%} = Z_{Rpu} \times 100 = \frac{S_R}{E_R^2} \dot{Z} \times 100 \quad \text{となる。}$$

同じ系統電圧ならば容量比のみで求めることができる。

2.5.3 変圧器を含む回路での基準値の選び方



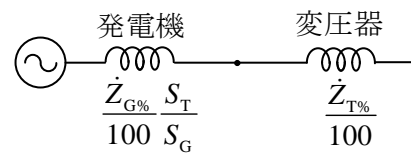
(a)を1次, 2次それぞれの電圧, 容量で pu 表示すると(b)になる。また, (a)を2次側換算すると(c)となり, これを pu 表示すると(d)になる。

$$\frac{E_2}{E_1} = n, S_1 = S_2 \text{ とおけば, (b)と(d)は等しい。}$$

つまり1次2次毎の pu インピーダンス図を直接接続すればよい。

2.5.4 送電端部での pu インピーダンス図

発電機 ($S_G, Z_{G\%}$)と変圧器 ($S_T, Z_{T\%}$)を接続した送電端部の pu インピーダンス図を, S_T 基準で書くと右図となる。



2.5.3 3相短絡電流

右上図で発電機と変圧器のインピーダンスの合計値を Z_A とする。基準インピーダンスとして変圧

器2次側の値 $Z_R = \frac{E_R}{I_R}$ をつかうと, Z_A の pu 表示

$$\text{の逆数は } \frac{1}{Z_{Apu}} = \frac{Z_R}{Z_A} = \frac{E_R}{Z_A I_R} \text{。ここで } \frac{E_R}{Z_A} \text{ は変圧}$$

器2次側の3相短絡電流をあらわすことから,

$$\frac{1}{\text{puインピーダンスの合計}} = \frac{\text{短絡電流}}{\text{基準電流}} \text{となる。}$$

単位法の利点

(a) 容量, 電圧の無次元化, 計算が容易

(b) 変圧器の1次2次変換が不要

(c) pu インピーダンス図は1相, 3相同じ

(d) %インピーダンスは容量が異なってもほぼ同じ値, 設計が容易*

(e) (3相)短絡電流が求められる。

*変圧器の%リアクタンス

kV	22	33	66	110	154	275
%	5	5.5	7.5	9	11	12