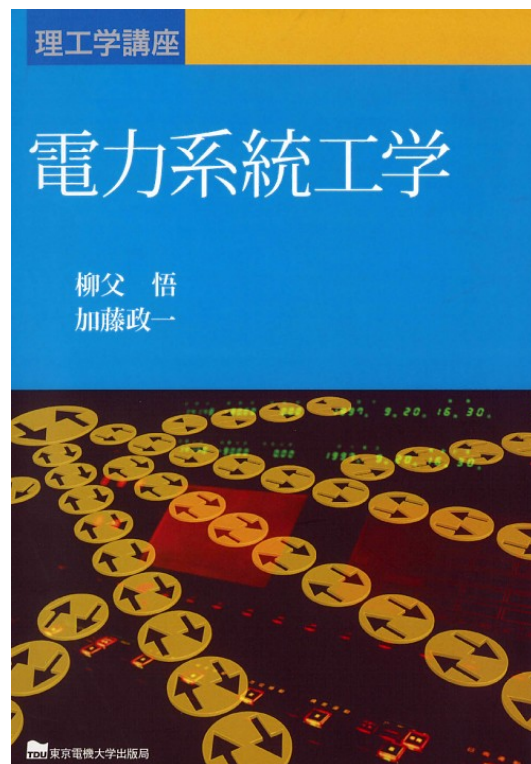

電力系統工学ゼミ

章末問題解答集



システム設計研究室 平成25年度4年一同

作成日：2013年5月28日

2 電力系統と三相回路の基礎

2.1 担当：稲福 大

時間を $t[\text{sec}]$ 、角周波数を $\omega[\text{deg/sec}]$ とするとき、単相回路の電源端子において、端子間電圧 $v = 14.1 \sin(\omega t)[\text{kV}]$ 、電流 $i = 28.2 \sin(\omega t + 15^\circ)[\text{A}]$ であった。有効電力および無効電力の実効値を求めよ。

[解答]

電圧の実効値 $|\dot{V}|$ 、電流の実効値 $|\dot{I}|$ は、

$$|\dot{V}| = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{14.1 \times 10^3}{1.42} = 10[\text{kV}] \quad (2.1)$$

$$|\dot{I}| = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{28.2 \times 10^3}{1.42} = 20[\text{A}] \quad (2.2)$$

となり、有効電力 P および無効電力 Q は、

$$\begin{aligned} P &= |\dot{V}| |\dot{I}| \cos \theta = 10 \times (20) \cos 15^\circ \\ &= 193[\text{kW}] \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} Q &= |\dot{V}| |\dot{I}| \sin \theta = 10 \times (20) \sin 15^\circ \\ &= 51.8[\text{kvar}] \end{aligned} \quad (2.4)$$

となる。

2.2 担当：シヨウ シサイ

インピーダンスが $5+j3\Omega$ の負荷の端子間に周波数 50Hz、実効値 35kV の電圧が加わっている。この抵抗に加えらるる複素電力および皮相電力を求めよ。

[解答]

複素電力 \dot{S} は

$$\begin{aligned} \dot{S} &= |\dot{V}|^2 |\dot{Y}|^* = |\dot{V}|^2 |1/\dot{Z}|^* \\ &= 35 \times 35 \times \left(\frac{1}{5+j3} \right)^* = 180 + j108[\text{M}] \end{aligned} \quad (2.5)$$

皮相電力 $|\dot{S}|$ は

$$|\dot{S}| = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{180^2 + 108^2} = 210[\text{MVA}] \quad (2.6)$$

となる。

2.3 担当：守 恒典

線間電圧 300kV の母線が受電している三相電力は有効電力 60MW, 遅れの無効電力 15Mvar である。母線の相電圧を基準として, 線電流を求めよ。

[解答]

相電圧の大きさ $|\dot{V}_a|$ は,

$$|\dot{V}_a| = \frac{|\dot{V}_{ab}|}{\sqrt{3}} \quad (2.7)$$

1 相あたりの複素電力 \dot{S}_1 は,

$$\dot{S}_1 = \frac{P + jQ}{3} \quad (2.8)$$

これより線電流 \dot{I}_a は,

$$\begin{aligned} \dot{I}_a &= \frac{\dot{S}_1^*}{|\dot{V}_a|} = \frac{(P - jQ)/3}{|\dot{V}_a|} \\ &= \frac{(60 \times 10^6 - j15 \times 10^6)/3}{300 \times 10^3/\sqrt{3}} \\ &= 115 - j29 \text{ [A]} \end{aligned} \quad (2.9)$$

となる。

2.4 担当：叶 開

ベース電圧 100kV, ベース容量 100MVA を選ぶとき, ベース電流, ベースインピーダンスの値を求めよ。

[解答]

ベース電圧 V_b は,

$$V_b = 100 \times 10^3 \text{ [V]} \quad (2.10)$$

ベース容量 S_b は,

$$S_b = 100 \times 10^6 \text{ [VA]} \quad (2.11)$$

ベース電流 I_b は,

$$I_b = \frac{S_b}{V_b} = \frac{100 \times 10^6}{100 \times 10^3} = 1000 \text{ [A]} \quad (2.12)$$

ベースインピーダンス Z_b は,

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{V_b^2}{S_b} = \frac{(100 \times 10^3)^2}{100 \times 10^6} = 100 \text{ [\Omega]} \quad (2.13)$$

となる。

2.5 担当：ENKHTUVSHIN MUNKHBAYASGALAN

ベース値として、問題 2.5 のベースを選ぶとき、線間電圧 $V=250[\text{kV}]$ 、線電流 $I=3.5[\text{kA}]$ 、1 相のインピーダンス $Z=1.25+j45.7 [\Omega]$ の pu 値を求めよ。

[解答]

既知のものとして、ベース電圧 $V_b=100 [\text{kV}]$ とベース容量 $S_b=100 [\text{MVA}]$ がある。すると、ベース電流 I_b とベースインピーダンス Z_b がすぐに分かる。

$$I_b = \frac{S_b}{V_b} = \frac{100 \times 10^6 [\text{VA}]}{100 \times 10^3 [\text{V}]} = 1 [\text{kA}] \quad (2.14)$$

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{100 \times 10^3 [\text{V}]}{1 \times 10^3 [\text{A}]} = 100 [\Omega] \quad (2.15)$$

相電圧の大きさ V_p は

$$V_p = \frac{250 [\text{kV}]}{\sqrt{3}} = \frac{250 [\text{kV}]}{1.732} = 144.34 [\text{kV}] \quad (2.16)$$

これらの値を使って、pu 値をそれぞれ求める。線間電圧 V_{pu} 、電流 I_{pu} 、インピーダンス Z_{pu} は

$$V_{pu} = \frac{V_p}{V_b} = \frac{144.34 [\text{kV}]}{100 [\text{kV}]} = 1.44 [\text{pu}] \quad (2.17)$$

$$I_{pu} = \frac{I}{I_b} = \frac{3.5 [\text{kA}]}{1 [\text{kA}]} = 3.5 [\text{pu}] \quad (2.18)$$

$$Z_{pu} = \frac{Z}{Z_b} = \frac{1.25 + j45.7 [\Omega]}{100 [\Omega]} = 0.0125 + j0.457 [\text{pu}] \quad (2.19)$$

となる。

2.6 担当：大野 正夫

線間電圧 60kV の負荷の 1 相のインピーダンスは

$$\dot{Z} = 30 + j10 [\Omega]$$

である。この負荷に供給される三相の有効電力、無効電力および皮相電力を求めよ。

[解答]

相電圧の大きさは、式 (2.30) (教科書 p.21) : $|\dot{V}_{ab}| = |\dot{V}_{bc}| = |\dot{V}_{ca}| = 2|V_p| \cos 30^\circ = \sqrt{3}|V_p|$ より、

$$|V_p| = \frac{60}{\sqrt{3}} = 34.6 [\text{kV}] \quad (2.20)$$

と求まる。

相電流の実効値は、式 (2.20) を用いて、

$$|I_p| = \frac{|V_p|}{|Z|} = \frac{34.6}{\sqrt{30^2 + 10^2}} = 1.10 [\text{kA}] \quad (2.21)$$

と求まる。

相電流の位相角は、

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\text{Im}(\dot{z})}{\text{Re}(\dot{z})} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{10}{30} \right) = 18.43^\circ \quad (2.22)$$

であり、相電圧より 18.43° 遅れている。

式 (2.20), (2.21), (2.22) を用いて、1 相の有効電力および無効電力を求めると、以下のようなになる。

$$\begin{aligned} P_{1\phi} &= |V_p| |I_p| \cos \phi = 34.6 \times 1.10 \times \cos 18.43^\circ \\ &= 36.0 [\text{MW}] \end{aligned} \quad (2.23)$$

$$\begin{aligned} Q_{1\phi} &= |V_p| |I_p| \sin \phi = 34.6 \times 1.10 \times \sin 18.43^\circ \\ &= 12.0 [\text{Mvar}] \end{aligned} \quad (2.24)$$

$$\begin{aligned} |S_{1\phi}| &= |V_p| |I_p| = 34.6 \times 1.10 \\ &= 38.1 [\text{MVA}] \end{aligned} \quad (2.25)$$

よって、負荷に供給される有効電力 $P_{3\phi} [\text{W}]$ 、無効電力 $Q_{3\phi} [\text{var}]$ および皮相電力 $|S_{3\phi}| [\text{VA}]$ はそれぞれ、

$$P_{3\phi} = 3P_{1\phi} = 108 [\text{MW}]$$

$$Q_{3\phi} = 3Q_{1\phi} = 36.0 [\text{Mvar}]$$

$$|S_{3\phi}| = 3|S_{1\phi}| = 114 [\text{MVA}]$$

と求まる。

2.7 担当：福原 拓弥

図 1 に与えられた回路の両端部の 2 個のアドミタンスを除いた部分を Δ 回路に変換することにより、全回路を 1 個の Δ 結線の回路に書き改めた場合のインピーダンス値と 2 個のアドミタンス値を求めよ。

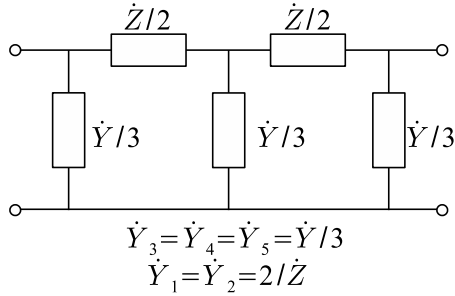


図 1: Y 結線を含む回路

[解答]

Y- Δ 変換はアドミタンスで考えた方が容易なので図のように各素子を置き、変換を行う。

$$\dot{Y}_{12} = \frac{\dot{Y}_2 \dot{Y}_1}{\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3} \quad (2.26)$$

$$\dot{Y}_{13} = \frac{\dot{Y}_2 \dot{Y}_1}{\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3} \quad (2.27)$$

$$\dot{Y}_{23} = \frac{\dot{Y}_2 \dot{Y}_1}{\dot{Y}_1 + \dot{Y}_2 + \dot{Y}_3} \quad (2.28)$$

と変換でき、 $\dot{Y}_1 = \dot{Y}_2 = \frac{2}{Z}$ なので $\dot{Y}_{13} = \dot{Y}_{23}$ となる。ここで

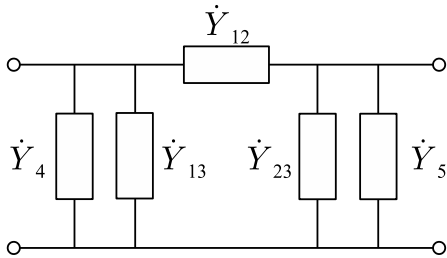


図 2: Δ 結線を含む回路

両端部の 2 個のアドミタンスを考える。並列接続においてアドミタンスは和になり、 $\dot{Y}_4 = \dot{Y}_5$, $\dot{Y}_{13} = \dot{Y}_{23}$ なので二つのアドミタンス値 Y_1, Y_2 は等しく、 Y と表せ、

$$\dot{Y} = \dot{Y}_{13} + \dot{Y}_4 \quad (2.29)$$

となる。

以上の式に値を代入して整理すると、インピーダンス値 Z は

$$\dot{Z} = \frac{1}{\dot{Y}_{12}} = \left(1 + \frac{\dot{Z}\dot{Y}}{12} \right) \dot{Z} \quad (2.30)$$

2 個のアドミタンス値 Y は

$$\dot{Y} = \frac{1}{2} \left(\frac{1 + \frac{\dot{Z}\dot{Y}}{18}}{1 + \frac{\dot{Z}\dot{Y}}{12}} \right) \dot{Y} \quad (2.31)$$

となる。なお単位が大きさが問題で設定されていないため、単位は省略する。

2.8 担当：市川 貴章

三相送電線の一相のインピーダンスは

$$\dot{Z}_p = 15 + j30 \text{ } [\Omega]$$

である。送電端の三相電力は、

$$\dot{S} = 120 + j30 \text{ } [-]$$

線間電圧は 150kV である。受電端の三相電力と線間電圧を求めよ。

[解答]

一相について考える。基準位相として送電端の相電圧を選ぶものとする。

$$\dot{V}_s = \frac{150}{\sqrt{3}} = 86.6 \angle 0^\circ \text{ } [\text{kV}] \quad (2.32)$$

送電端の一相あたりの電力は

$$\dot{S}_{1\phi} = \frac{120 + j30}{3} = 40 + j10 \text{ } [-] \quad (2.33)$$

となる。 $\dot{V}_s \dot{I}^* = \dot{S}_{1\phi}$ から、

$$\dot{V}_s \dot{I}^* = 40 + j10 \quad (2.34)$$

なので

$$\dot{I} = 0.46 - j0.12 \text{ } [\text{kA}] \quad (2.35)$$

となる。受電端の電圧は \dot{V}_s から電圧降下 $\Delta \dot{V}_{1\phi}$ を引いた値に等しいので、

$$\begin{aligned} \dot{V}_r &= \dot{V}_s - \dot{I} \dot{Z}_p \\ &= 86.6 - (0.46 - j0.12)(15 + j30) \\ &= 76.1 - j12.0 \\ &= 77.0 \angle -9.0^\circ \text{ } [\text{kV}] \end{aligned} \quad (2.36)$$

となり、受電端の線間電圧の大きさは

$$77.0\sqrt{3} = 133.4 \text{ } [\text{kV}] \quad (2.37)$$

となる。

また、受電端相の複素電力は

$$\begin{aligned} \dot{S}_r &= \dot{V}_r \dot{I}_r^* = (76.1 - j12.0)(0.46 + j0.12) \\ &= 36.4 + j3.6 \text{ } [-] \end{aligned} \quad (2.38)$$

なので、三相電力は

$$P = 109.2 \text{ } [\text{MW}] \quad Q = 10.8 \text{ } [\text{Mvar}] \quad (2.39)$$

となる。

2.9 担当：大関 濯

問題 (8) において、基準値として線間電圧 150kV、三相容量 100MVA を選び、受電端の三相電力と線間電圧の pu 値を求めよ。

[解答]

まず、与えられたベース値から基準インピーダンス Z_b を求める。

$$Z_b = \frac{V_b}{I_b} = \frac{V_{b,l-l}^2}{S_{b,3\phi}} = 225 \text{ } [\Omega] \quad (2.40)$$

ベース値を用いて送電端電圧、三相電力、一層分のインピーダンスを変換すると

$$\begin{cases} \dot{V}_{s,l-l} = \frac{150}{150} = 1.0 \angle 0^\circ \text{ } [\text{pu}] \\ \dot{S}_{3\phi} = \frac{120 + j30}{100} = 1.2 + j0.3 \text{ } [\text{pu}] \\ \dot{Z}_p = \frac{15 + j30}{225} = 0.067 + j0.133 \text{ } [\text{pu}] \end{cases} \quad (2.41)$$

求めたこれらの pu 値を用いて、問題 (8) 同様ある一相について解く。

$\dot{S} = \dot{V} \dot{I}^*$ から

$$\dot{I}^* = \frac{S_{1\phi}}{V_s} = \frac{S_{3\phi}}{\sqrt{3}V_{s,l-l}} = 0.693 + j0.173 \quad (2.42)$$

よって電流は、

$$\dot{I} = 0.693 - j0.173 \text{ } [\text{pu}] \quad (2.43)$$

となる。

受電端電圧は送電端の電圧から電圧降下を考慮した値であるから

$$\dot{V}_r = \dot{V}_s - \dot{I} \dot{Z}_p = 0.508 - j0.081 \quad (2.44)$$

となり、受電端側の線間電圧の大きさは

$$|\dot{V}_{r,l-l}| = |\dot{V}_r| \times \sqrt{3} = 0.891 \text{ } [\text{pu}] \quad (2.45)$$

となる。

次に、受電端側の一相分の電力は

$$\dot{S}_{r,1\phi} = \dot{V}_r \dot{I}^* = 0.366 + j0.032 \quad (2.46)$$

であるから、求める三相電力

$$\dot{S}_{r,3\phi} = 3 \times \dot{S}_{r,1\phi} = 1.098 + j0.096 \text{ } [\text{pu}] \quad (2.47)$$

を得る。

求めた受電端電力と電圧の pu 値にベース値を掛けるとそれぞれ

$$\begin{cases} \dot{V}_{r,l-l} = 0.891 \times 150 = 134 \text{ } [\text{kV}] \\ \dot{S}_{r,3\phi} = (1.098 + j0.096) \times 100 = 109.8 + j9.6 \text{ } [\text{MVA}] \end{cases} \quad (2.48)$$

これは、問題 (8) で求めた kV 値、MVA 値に一致する。

5 潮流計算

5.1 担当：河野 大器

①図 3 に示す 4 ノード系統のノードアドミタンス行列を求めよ。

②ノード 2 は浮遊ノードである。浮遊ノードの条件であるノード 2 の注入電流 $I_2 = 0$ を用いて、①のノードアドミタンス行列からノード 2 を消去せよ。

注：①のノードアドミタンス行列を \dot{Y}_1 、②のノードアドミタンス行列を \dot{Y}_2 とすれば、以下の関係式が成り立つ。

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \end{bmatrix} = \dot{Y}_1 \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \dot{V}_3 \\ \dot{V}_4 \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_3 \\ \dot{I}_4 \end{bmatrix} = \dot{Y}_2 \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_3 \\ \dot{V}_4 \end{bmatrix}$$

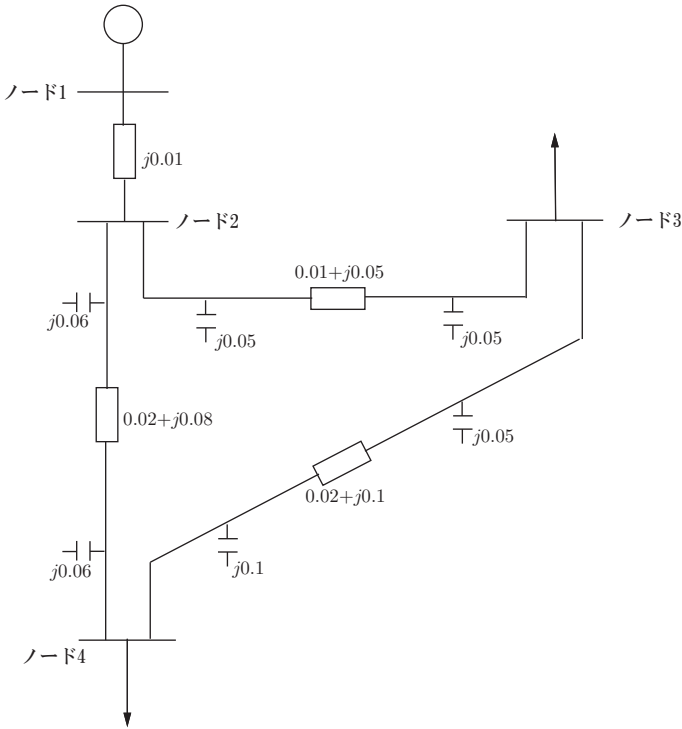


図 3: 4 ノード系統

[解答] ノード 1 とノード 2 の間の線路インピーダンス z_{12} が $j0.01, j0.1$ のそれぞれにおいて計算する。まず、 $z_{12}=j0.01$ の場合について計算する。

① ノードアドミタンス行列 \dot{Y} の各要素を計算すると次のようになる。

$$\dot{Y}_{11} = \frac{1}{j0.01} = -j100$$

$$\dot{Y}_{12} = -\frac{1}{j0.01} = j100$$

$$\dot{Y}_{13} = Y_{14} = Y_{31} = Y_{41} = 0$$

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{22} &= \frac{1}{j0.01} + \frac{1}{0.01 + j0.05} + \frac{1}{0.02 + j0.08} \\ &\quad + j0.05 + j0.05 = 6.79 - j130.9 \end{aligned}$$

$$\dot{Y}_{23} = Y_{32} = -\frac{1}{0.01 + j0.05} = -3.85 + j19.2$$

$$\dot{Y}_{24} = Y_{42} = -\frac{1}{0.02 + j0.08} = -2.94 + j11.8$$

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{33} &= \frac{1}{0.01 + j0.05} + \frac{1}{0.02 + j0.1} + j0.05 + j0.1 \\ &= 5.77 - j28.7 \end{aligned}$$

$$\dot{Y}_{34} = Y_{43} = -\frac{1}{0.02 + j0.1} = -1.92 + j9.62$$

$$\begin{aligned} \dot{Y}_{44} &= \frac{1}{0.02 + j0.08} + \frac{1}{0.02 + j0.1} + j0.05 + j0.1 \\ &= 4.86 - j21.2 \end{aligned}$$

よって

$$\dot{Y} = \begin{bmatrix} -j100 & j100 & 0 & 0 \\ j100 & 6.79 - j130.9 & -3.85 + j19.2 & -2.94 + j11.8 \\ 0 & -3.85 + j19.2 & 5.77 - j28.7 & -1.92 + j9.62 \\ 0 & j100 & -1.92 + j9.62 & 4.86 - j21.2 \end{bmatrix}$$

②

$$\dot{I}_2 = \dot{Y}_{21}\dot{V}_1 + \dot{Y}_{22}\dot{V}_2 + \dot{Y}_{23}\dot{V}_3 + \dot{Y}_{24}\dot{V}_4 = 0$$

より

$$\dot{V}_2 = -\frac{1}{\dot{Y}_{22}}(\dot{Y}_{21}\dot{V}_1 + \dot{Y}_{23}\dot{V}_3 + \dot{Y}_{24}\dot{V}_4)$$

これを代入すると

$$\dot{I}_1 = \left(\dot{Y}_{11} - \frac{\dot{Y}_{21}\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_1 + \left(\dot{Y}_{13} - \frac{\dot{Y}_{23}\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_2$$

$$+ \left(\dot{Y}_{14} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_4$$

$$\dot{I}_3 = \left(\dot{Y}_{31} - \frac{\dot{Y}_{21}\dot{Y}_{32}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_1 + \left(\dot{Y}_{33} - \frac{\dot{Y}_{23}\dot{Y}_{32}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_2$$

$$+ \left(\dot{Y}_{34} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{32}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_4$$

$$\dot{I}_4 = \left(\dot{Y}_{41} - \frac{\dot{Y}_{21}\dot{Y}_{42}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_1 + \left(\dot{Y}_{43} - \frac{\dot{Y}_{23}\dot{Y}_{42}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_2$$

$$+ \left(\dot{Y}_{44} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{42}}{\dot{Y}_{22}} \right) \dot{V}_4$$

よって

$$\dot{Y}_2 = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} - \frac{\dot{Y}_{21}\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{22}} & \dot{Y}_{13} - \frac{\dot{Y}_{23}\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{22}} & \dot{Y}_{14} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{12}}{\dot{Y}_{22}} \\ \dot{Y}_{31} - \frac{\dot{Y}_{21}\dot{Y}_{32}}{\dot{Y}_{22}} & \dot{Y}_{33} - \frac{\dot{Y}_{23}\dot{Y}_{32}}{\dot{Y}_{22}} & \dot{Y}_{34} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{32}}{\dot{Y}_{22}} \\ \dot{Y}_{41} - \frac{\dot{Y}_{21}\dot{Y}_{42}}{\dot{Y}_{22}} & \dot{Y}_{43} - \frac{\dot{Y}_{23}\dot{Y}_{42}}{\dot{Y}_{22}} & \dot{Y}_{44} - \frac{\dot{Y}_{24}\dot{Y}_{42}}{\dot{Y}_{22}} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 3.95 - j23.80 & -2.17 + j14.80 & -1.78 + j9.08 \\ -2.17 + j14.80 & 4.78 - j25.93 & -2.61 + j11.29 \\ -1.78 + j9.08 & -2.61 + j11.29 & 4.39 - j20.21 \end{bmatrix}$$

次に, $z_{12} = j0.1$ の場合を計算してみる.

①

$$\dot{Y} = \begin{bmatrix} -j10.0 & j10.0 & 0 & 0 \\ j10.0 & 6.8 - j40.9 & -3.85 + j19.2 & -2.94 + j11.8 \\ 0 & -3.85 + j19.2 & 5.77 - j28.7 & -1.92 + j9.62 \\ 0 & -2.94 + j11.8 & -1.92 + j9.62 & 4.86 - j21.2 \end{bmatrix}$$

②

$$\dot{Y}_2 = \begin{bmatrix} 0.395 - j7.62 & -0.156 + j4.73 & -0.235 + j2.92 \\ -0.156 + j4.73 & 3.65 - j19.7 & -3.50 + j15.1 \\ -0.235 + j2.92 & -3.50 + j15.1 & 3.73 - j17.9 \end{bmatrix}$$

以上の計算は MATLAB で行った.m ファイルの内容を以下に示す.

リスト 1

```

1 %各ブランチの線路インピーダンス
2 z12=0.01i;
3 z23=0.01+0.05i;
4 z24=0.02+0.08i;
5 z34=0.02+0.1i;
6
7 %各ブランチの対地容量アドミタンス
8 x23=0.05i;
9 x24=0.05i;
10 x34=0.1i;
11
12 %ノードアドミタンス行列の各要素
13 Y11=1/z12;
14 Y12=-1/z12;
15 Y13=0;
16 Y14=Y13;
17 Y21=Y12;
18 Y22=1/z12+1/z23+1/z24+x23+x24;
19 Y23=-1/z23;
20 Y24=-1/z24;
21 Y31=Y13;
22 Y32=Y23;
23 Y33=1/z23+1/z34+x23+x34;
24 Y34=-1/z34;
25 Y41=Y14;
26 Y42=Y24;
27 Y43=Y34;
28 Y44=1/z24+1/z34+x24+x34;
29
30 Y1=[Y11 Y12 Y13 Y14;
31     Y21 Y22 Y23 Y24;
32     Y31 Y32 Y33 Y34;
33     Y41 Y42 Y43 Y44;]
34
35 %□のノードアドミタンス行列
36 Y2=[(Y11-Y21*Y12/Y22) (Y13-Y23*Y12/Y22)
37     (Y14-Y24*Y12/Y22);
38     (Y31-Y21*Y32/Y22) (Y33-Y23*Y32/Y22)
39     (Y34-Y24*Y32/Y22);
40     (Y41-Y21*Y42/Y22) (Y43-Y23*Y42/Y22)
41     (Y44-Y24*Y42/Y22)]

```


5.2 担当：菅原 幸平

図3に示す4ノード系統のノード1には発電機が、ノード3とノード4には負荷がつながれている。発電機の出力を1.0 [pu]、ノード4の負荷を0.7 [pu]としたとき、各ブランチに流れる有効電力を直流法潮流計算により求めよ。なお、図には直流法潮流計算で考慮しないデータも含まれるので、それらについては無視すること。

[解答] 直流法潮流計算をするにあたって図3を図4のように考える。

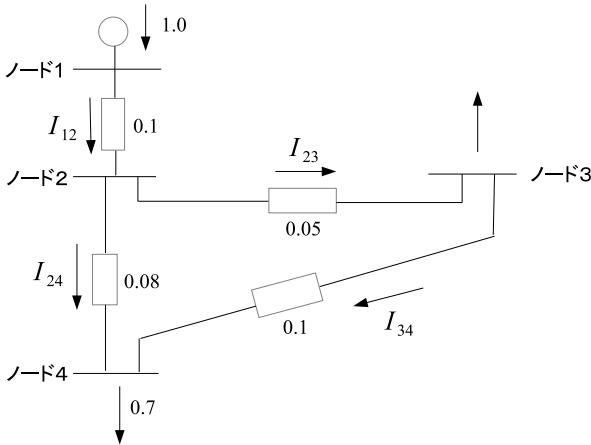


図 4: 直流法潮流計算

電圧を未知数として、ノード1、ノード2、ノード4でキルヒホッフの法則を用いて式を立てると以下のように表される。

- ノード1: $1.0 = \frac{0 - V_2}{0.1}$
- ノード2: $\frac{0 - V_2}{0.1} = \frac{V_2 - V_3}{0.05} + \frac{V_2 - V_4}{0.08}$
- ノード3: $0.7 = \frac{V_2 - V_4}{0.08} + \frac{V_3 - V_4}{0.1}$

この連立方程式を解くと V_2, V_3, V_4 は以下のように求まる。

$$\begin{cases} V_2 = -0.1 \text{ [pu]} \\ V_3 = -0.1239 \text{ [pu]} \\ V_4 = -0.1417 \text{ [pu]} \end{cases} \quad (5.1)$$

これらを用いて $I_{12}, I_{23}, I_{24}, I_{34}$ を求めると以下のように求まる。

$$I_{12} = \frac{0 - (-0.1)}{0.1} = 1 \text{ [pu]} \quad (5.2)$$

$$I_{23} = \frac{-0.1 - (-0.1239)}{0.05} = 0.478 \text{ [pu]} \quad (5.3)$$

$$I_{24} = \frac{-0.1 - (-0.1417)}{0.08} = 0.52125 \text{ [pu]} \quad (5.4)$$

$$I_{34} = \frac{-0.1239 - (-0.1417)}{0.1} = 0.178 \text{ [pu]} \quad (5.5)$$

ちなみに図3においてノード1、ノード2間のインピーダンスを $j0.01$ とした場合でも (5.2)~(5.5) 式の結果は等しくなる。