

VD 4 による交流回路解析

(Exchange circuit analysis by VD4)

2003. 12/15 Ver 1.0



Electro Systems Engineering

ESE SERVICE

..... 目 次 (Table of contents)

1 VD4開発の目的 (The purpose of VD4 development)

2 インピーダンス合成 (Composition of impedance)

$$\left(\dot{Z}\right)^n = \left(\dot{Z}_1\right)^n + \left(\dot{Z}_2\right)^n$$

2-1 直列回路 (Series circuit) $n = 1$

2-2 並列回路 (Parallel circuit) $n = -1$

2-3 直列回路の簡易計算による誤差 (The error by simple calculation of a series circuit)

$$\varepsilon = (1 / \cos \phi) - 1$$

3 計算用回路図 (The circuit diagram for calculation)

3-1 回路図 (The circuit diagram)

3-2 計算手順 (Calculation procedure)

3-3 インピーダンス合成による計算 (Calculation by impedance composition)

4 VD4による計算 (Calculation by VD4)

4-1 VD4計算シート (VD4 Work sheet)

4-2 VD4データ・シート (VD4 Data sheet)

5 電気機器負荷表 (Electric apparatus load list)

5-1 電気機器負荷集計表 (Electric apparatus load list summary sheet)

5-2 電気機器負荷表 (Electric apparatus load list)

5-3 電気機器負荷データ・シート (Electric apparatus load list data sheet)

6 VD4による交流回路解析 (Exchange circuit analysis by VD4)

6-1 短絡電流計算 (Short-circuit current calculation)

6-2 力率改善について (About a power factor improvement)

6-3 直列リアクトルについて (About a series reactor)

6-4 電気機器負荷表の信頼度 (Reliability of load list)

7 電気設備の計画 (The plan of electric equipment)

8 電気設備の保守管理 (Maintenance management of electric equipment)

1 VD4開発の目的 (The purpose of VD4 development)

1-1 電気設備の機能把握の現状 (The present condition of functional grasp of electric equipment)

電気設備の機能（電力供給能力、機器・配線の余裕度、適正電圧の維持、瞬時電圧降下による影響、力率調整）を正しく把握することは、この電気設備の計画、施工、維持管理いずれの場合にも重要なことであり、電気設備の安全性、経済性、負荷変動への対応等に連動する必要不可欠なことである。

しかし、電気設備の現状を見ると、正確に把握できているところは少なく、負荷に対して過大または過小設備あるいは、適正電圧の維持が保たれていないと思われる設備が見受けられる。

適正電圧の維持に関しては、供給側の電力会社『電気供給約款取扱細則』によるもので、電気事業法施行規則第四四条（供給電圧の適正維持）（低圧回路の供給電圧を定めたもの）とそもそも矛盾しているのが日本の現状である。上記、第四四条を高圧および特別高圧の需要家が遵守しようとするれば自動電圧調整タップ切替変圧器等の設備が必要となろう。

1-2 VD4の必要性 (The necessity for VD4)

上記、電気設備の機能把握の方法として、交流回路解析が必要になる。そのために受電電圧の変動、配電用変圧器の容量、力率改善用電力コンデンサの設置の有無、電気方式、配線方法、変動する負荷の特質等を検討し、受変電設備以降、各負荷に至る配電網 (Power distribution network) を全体系 (Whole system) として捉え、これを解析しなければならない。

この具体的手段としてオーム法 (The Ohm method) によるインピーダンス合成計算を行い、各部位における電圧値、電流値、力率、変圧器負荷率、変圧器電圧変動率、短絡電流等を正確に求めることとした。

このオーム法による解析の特徴は、公式 " $E = IZ$ " のみによる簡単な作業である反面、インピーダンス合成の煩雑な作業が伴うので、手計算では実用的ではないことは周知の通りです。そこで現在汎用性の高い、米国マイクロソフト社の数表計算ソフト "Excel" を採用することにより、最小入力手間と短時間での計算処理が実現できた次第です。

1-3 著作権登録 (Copyright registration)

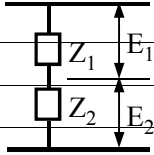
西暦2000年を迎えるにあたり、**VD2** (高圧回路解析)、**VD3** (誘導電動機回路解析) とあわせて、この交流回路解析 **VD4** を著作権登録しました。VDシリーズのVDとは、電圧降下 (Voltage drop) の頭文字からつけた愛称ですが、単に線路電圧降下の計算のみに止まらず、交流回路全般にわたる多様性にとんだ実務用計算ソフトとして発展し続けることを期待します。

登録番号 : P 第6556号-1 平成11年(1999)11月26日 財団法人ソフトウェア情報センター



2 インピーダンス合成 (Composition of impedance)

2-1 直列回路 (Series circuit)

合成インピーダンスを Z とすると、 $E = IZ$ 、 $E = E_1 + E_2$ より

$$IZ = E_1 + E_2 = IZ_1 + IZ_2 \text{ であるから } \dot{Z} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2$$

$$Z = (R_1 + R_2) + j(X_1 + X_2)$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1, \quad Z_2 = R_2 + jX_2 \text{ のとき } \quad Z = (R_1 + R_2) + j(X_1 + X_2) \quad \text{F-11}$$

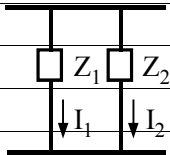
$$Z_1 = R_1 + jX_1, \quad Z_2 = 1/jX_c \text{ のとき } \quad Z = R_1 + j\{X_1 - (1/X_c)\} \quad \text{F-12}$$

$$\text{ただし、} X = \omega L = 2\pi fL, \quad X_c = \omega C = 2\pi fC$$

$$\cos \phi = (R_1 + R_2) / Z, \quad \cos \phi = R_1 / Z \quad \text{F-13}$$

$$\cos \phi = R_1 / Z \quad \text{F-14}$$

2-2 並列回路 (Parallel circuit)

合成インピーダンスを Z とすると、 $E = IZ$ より $I = I_1 + I_2$ 

$$IZ = (I_1 + I_2)Z, \quad I_1 = E/Z_1, \quad I_2 = E/Z_2 \text{ より}$$

$$E = \{(E/Z_1) + (E/Z_2)\}Z \text{ であるから } \left(\frac{1}{Z}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{Z_1}\right)^{-1} + \left(\frac{1}{Z_2}\right)^{-1} \text{ 又は } \frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1, \quad Z_2 = R_2 + jX_2 \text{ のとき}$$

$$\frac{1}{Z} = \left(\frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} + \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2} \right) - j \left(\frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2} + \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2} \right) \quad \text{F-21}$$

$$Z = \frac{R_1(R_2^2 + X_2^2) + R_2(R_1^2 + X_1^2)}{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2} + j \frac{X_1(R_2^2 + X_2^2) + X_2(R_1^2 + X_1^2)}{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2} \quad \text{F-22}$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1, \quad Z_2 = 1/jX_c \text{ のとき}$$

$$\frac{1}{Z} = \left(\frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} \right) - j \left(\frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2} + \frac{1}{X_c} \right) \quad \text{F-23}$$

$$Z = \frac{R_1}{(R_1 X_c)^2 + (X_c X_1 - 1)^2} + j \frac{X_1 - X_c(R_1^2 + X_1^2)}{(R_1 X_c)^2 + (X_1 X_c - 1)^2} \quad \text{F-24}$$

$$\text{ただし、} X = \omega L = 2\pi fL, \quad X_c = \omega C = 2\pi fC$$

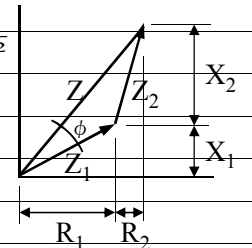
$$\cos \phi = [\{R_1(R_2^2 + X_2^2) + R_2(R_1^2 + X_1^2)\} / \{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2\}] / Z \quad \text{F-25}$$

$$\cos \phi = [R_1 / \{(R_1 X_c)^2 + (X_c X_1 - 1)^2\}] / Z \quad \text{F-26}$$

2-3 直列回路の簡易計算による誤差 (The error by simple calculation of a series circuit)

 $\dot{Z} = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2$ を $Z = |Z_1| + |Z_2|$ として簡略計算する場合の誤差 ϵ について計算すると、

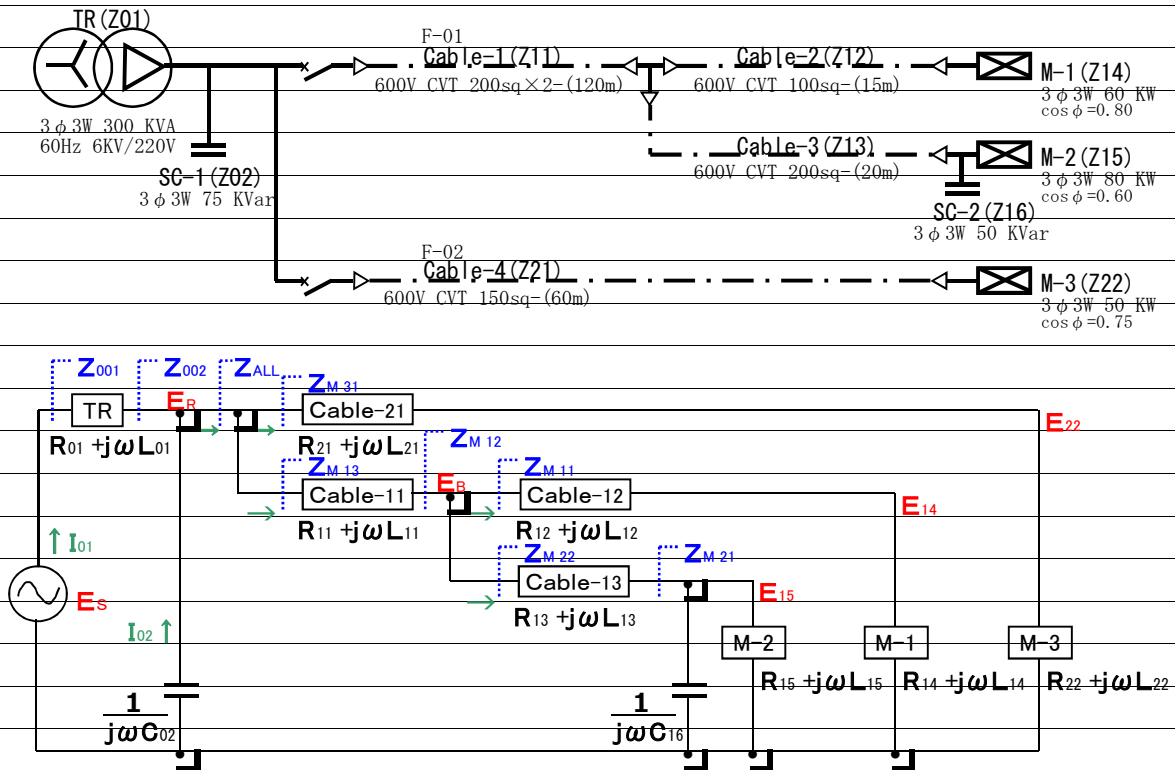
$$\epsilon = \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 - |Z_1| - |Z_2| = \sqrt{(R_1 + R_2)^2 + (X_1 + X_2)^2} - \sqrt{R_1^2 + X_1^2} - \sqrt{R_2^2 + X_2^2}$$

となり、 $\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 \leq |Z_1| + |Z_2|$ が成り立ちます。ここで Z 、 Z_1 、 Z_2 の $\cos \phi$ がすべて同一値の場合のみ誤差は生じないが、各 $\cos \phi$ が同一値でない場合には、簡易計算値は実際より大きくなります。[$\epsilon = (1/\cos \phi) - 1$] Z に対して Z_1 、 Z_2 の $\cos \phi$ が ± 0.5 の場合、その誤差は + 5.26 % になります。 Z に対して Z_1 、 Z_2 の $\cos \phi$ が ± 0.3 の場合、その誤差は + 17.64 % になります。

3 計算用回路図 (The circuit diagram for calculation)

3-1 回路図 (The circuit diagram)

VD4による交流回路解析の実証を行うために下記の回路を想定する。 計算温度は、50[°C]とする。



3-2 計算手順 (Calculation procedure) []内記号は、前ページのインピーダンス合成式を表す。

インピーダンス合成計算

各部の電流値、電圧値計算

$$01 : Z_{15}, Z_{16} \Rightarrow Z_{M21} \text{ [F-24]}$$

$$11 : I_{01} = E_S / Z_{001} \text{ (変圧器電流)}$$

$$02 : Z_{M21}, Z_{13} \Rightarrow Z_{M22} \text{ [F-11]}$$

$$12 : E_R = I_{01} \times Z_{002} \text{ (配電側電圧)}$$

$$13 : I_{ALL} = E_R / Z_{ALL} \text{ (全負荷電流)}$$

$$03 : Z_{14}, Z_{12} \Rightarrow Z_{M11} \text{ [F-11]}$$

$$14 : I_{21} = E_R / Z_{M31} \text{ (負荷電流 : M-3)}$$

$$04 : Z_{M11}, Z_{M22} \Rightarrow Z_{M12} \text{ [F-22]}$$

$$15 : E_{22} = I_{21} \times Z_{22} \text{ (盤1次側端子電圧 : M-3)}$$

$$05 : Z_{M12}, Z_{11} \Rightarrow Z_{M13} \text{ [F-11]}$$

$$06 : Z_{22}, Z_{21} \Rightarrow Z_{M31} \text{ [F-11]}$$

$$16 : I_{11} = E_R / Z_{M13} \text{ (負荷電流 : M-1, -2)}$$

$$07 : Z_{M13}, Z_{M31} \Rightarrow Z_{ALL} \text{ [F-22]}$$

$$17 : E_B = I_{11} \times Z_{M12} \text{ (分岐部電圧)}$$

$$18 : I_{12} = E_B / Z_{M11} \text{ (負荷電流 : M-1)}$$

$$08 : Z_{ALL}, Z_{02} \Rightarrow Z_{002} \text{ [F-24]}$$

$$19 : E_{14} = I_{12} \times Z_{14} \text{ (盤1次側端子電圧 : M-1)}$$

$$09 : Z_{002}, Z_{01} \Rightarrow Z_{001} \text{ [F-11]}$$

$$20 : I_{13} = E_B / Z_{M22} \text{ (負荷電流 : M-2)}$$

$$10 : Z_{15}, Z_{16} \Rightarrow \cos \phi \text{ [F-26]}$$

$$21 : E_{15} = I_{13} \times Z_{M21} \text{ (盤1次側端子電圧 : M-2)}$$

平均力率:M-2



3-3 インピーダンス合成による計算 (Calculation by impedance composition)

01 : Z_{15} , $Z_{16} \Rightarrow Z_{M21}$ [F-24]KW= 80 $\cos \phi = 0.6000$ $E_s[V] = 220$ SC[KVA]= 50 入力完了 $Z_{15} = 80[KW] / \cos \phi = 80 \times 10^3 / = 133333.3 [\Omega]$ $Z = E^2 / [KVA] = 0.363 [\Omega]$ $R_{15} = \sqrt{3} \cdot Z \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 0.363 [\Omega] \cdot 0.6 = 0.377241 [\Omega]$, $X_{14} = \sqrt{3} \cdot 0.363 [\Omega] \sqrt{(1-0.6^2)} = 0.502988 [\Omega]$ $Z_{16} : Z = E^2 / [KVar] = 220^2 / (50 \cdot 10^3) = 0.968000 [\Omega]$, $1/X_{16} = \sqrt{3} \cdot 0.968 \rightarrow X_{16} = 0.596436 [\Omega]$ $Z_{M21} = R_{M21} + jX_{M21}$ とすると、 $R_{15} = 0.377241$ $X_{15} = 0.502988$ $X_{16} = 0.596436$ $Z_{M21} = 0.697786 + j 0.494265 [\Omega]$ 02 : Z_{M21} , $Z_{13} \Rightarrow Z_{M22}$ [F-11] $R [\Omega/Km] = 0.121$ $X [\Omega/Km] = 0.0845$ 計算温度[℃]= 50 ケーブル直長[m]= 20 入力完了 $Z_{13} : R_{13} = \sqrt{3} \cdot 0.121 \{1 + 0.00393 \cdot (50-20)\} / \{1 + 0.00393 \cdot (90-20)\} \cdot (20m/1000m) = 3.674808 [m\Omega]$ $X_{13} = \sqrt{3} \cdot 0.0845 (60/50) \cdot (20m/1000m) = 3.512599 [m\Omega]$ $Z_{M22} = R_{M22} + jX_{M22}$ とすると、 $R_{M21} = 0.697786$ $X_{M21} = 0.494265$ $R_{13} = 0.003675$ $X_{13} = 0.003513$ より、 $Z_{M22} = 0.701461 + j 0.497778 [\Omega]$ 03 : Z_{14} , $Z_{12} \Rightarrow Z_{M11}$ [F-11]KW= 60 $\cos \phi = 0.8000$ $E_s[V] = 220$ 入力完了 $Z_{14} = 60[KW] / \cos \phi = 60 \times 10^3 / = 75000 [\Omega]$ $Z = E^2 / [KVA] = 0.645333 [\Omega]$ $R_{14} = \sqrt{3} \cdot Z \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 0.645 [\Omega] \cdot 0.8 = 0.8942 [\Omega]$, $X_{14} = \sqrt{3} \cdot 0.645 [\Omega] \sqrt{(1-0.8^2)} = 0.67065 [\Omega]$ $R [\Omega/Km] = 0.24$ $X [\Omega/Km] = 0.0883$ 計算温度[℃]= 50 ケーブル直長[m]= 15 入力完了 $Z_{12} : R_{12} = \sqrt{3} \cdot 0.24 \{1 + 0.00393 \cdot (50-20)\} / \{1 + 0.00393 \cdot (90-20)\} \cdot (15m/1000m) = 5.466657 [m\Omega]$ $X_{12} = \sqrt{3} \cdot 0.0883 (60/50) \cdot (15m/1000m) = 2.752922 [m\Omega]$ $Z_{M11} = R_{M11} + jX_{M11}$ とすると、 $R_{14} = 0.8942$ $X_{14} = 0.67065$ $R_{12} = 0.005467$ $X_{12} = 0.002753$ より、 $Z_{M11} = 0.899667 + j 0.673403 [\Omega]$ 04 : Z_{M11} , $Z_{M22} \Rightarrow Z_{M12}$ [F-22] $Z_{M12} = R_{M12} + jX_{M12}$ とすると、 $R_{M11} = 0.899667$ $X_{M11} = 0.673403$ $R_{M22} = 0.701461$ $X_{M22} = 0.497778$ より、 $Z_{M12} = 0.394243 + j 0.286342 [\Omega]$ 05 : Z_{M12} , $Z_{11} \Rightarrow Z_{M13}$ [F-11] $R [\Omega/Km] = 0.121$ $X [\Omega/Km] = 0.0845$ 計算温度[℃]= 50 ケーブル直長[m]= 120 入力完了 $Z_{11} : R_{13} = \sqrt{3} \cdot 0.121 \{1 + 0.00393 \cdot (50-20)\} / \{1 + 0.00393 \cdot (90-20)\} \cdot (120/1000) \cdot (1/2) = 11.02443 [m\Omega]$ $X_{11} = \sqrt{3} \cdot 0.0845 (60/50) \cdot (120/1000) \cdot (1/2) = 10.5378 [m\Omega]$ $Z_{M13} = R_{M13} + jX_{M13}$ とすると、 $R_{11} = 0.011024$ $X_{11} = 0.010538$ $R_{M12} = 0.394243$ $X_{M12} = 0.286342$ より、 $Z_{M13} = 0.405268 + j 0.29688 [\Omega]$



1

06 : Z_{22} , $Z_{21} \Rightarrow Z_{M31}$ [F-11]KW= 50 $\cos \phi = 0.7500$ $E_s[V] = 220$

入力完了

 $Z_{22} = 50[KW] / \cos \phi = 50 \times 10^3 / = 66666.67 [\Omega]$ $Z = E^2 / [KVA] = 0.726 [\Omega]$ $R_{22} = \sqrt{3} \cdot Z \cdot \cos \phi = \sqrt{3} \cdot 0.726 [\Omega] \cdot 0.75 = 0.943102 [\Omega]$, $X_{22} = \sqrt{3} \cdot 0.726 [\Omega] \sqrt{(1-0.75^2)} = 0.831737 [\Omega]$ $R [\Omega/Km] = 0.159$ $X [\Omega/Km] = 0.0839$ 計算温度[°C]= 50 ケーブル互長[m]= 60 入力完了 $Z_{21} : R_{21} = \sqrt{3} \cdot 0.159 \{1 + 0.00393 \cdot (50-20)\} / \{1 + 0.00393 \cdot (90-20)\} \cdot (60m/1000m) = 14.48664 [m\Omega]$ $X_{21} = \sqrt{3} \cdot 0.0839 (60/50) \cdot (60m/1000m) = 10.46297 [m\Omega]$ $Z_{M31} = R_{M31} + jX_{M31}$ とすると、 $R_{22} = 0.943102$ $X_{22} = 0.831737$ $R_{21} = 0.014487$ $X_{21} = 0.010463$ より、 $Z_{M31} = 0.957588 + j 0.8422 [\Omega]$

12

07 : Z_{M13} , $Z_{M31} \Rightarrow Z_{ALL}$ [F-22] $Z_{ALL} = R_{ALL} + jX_{ALL}$ とすると、 $R_{M13} = 0.405268$ $X_{M13} = 0.29688$ $R_{M31} = 0.957588$ $X_{M31} = 0.8422$ より、 $Z_{ALL} = 0.285511 + j 0.220409 [\Omega]$

17

08 : Z_{ALL} , $Z_{02} \Rightarrow Z_{002}$ [F-24] $E_s[V] = 220$

SC[KVA]= 75

入力完了

 $Z_{02} : Z = E^2 / [KVar] = 220^2 / (75 \cdot 10^3) = 0.645333 [\Omega]$, $1/X_{02} = \sqrt{3} \cdot 0.645 \rightarrow X_{02} = 0.894654 [\Omega]$ $Z_{002} = R_{002} + jX_{002}$ とすると、 $R_{ALL} = 0.285511$ $X_{ALL} = 0.220409$ $X_{02} = 0.894654$ $Z_{002} = 0.402269 + j 0.146554 [\Omega]$

23

09 : Z_{002} , $Z_{01} \Rightarrow Z_{001}$ [F-11]

TR[KVA]= 300

IR[%R]= 1.4100

IR[%X]= 3.26

 $E_s[V] = 220$

入力完了

 $Z_{01} : Z = E^2 / [KVar] = 220^2 / (300 \cdot 10^3) = 0.161333 [\Omega]$ $R_{01} = \sqrt{3} \cdot 0.1613 \cdot (1.41/100) = 0.00394 [\Omega]$, $X_{01} = \sqrt{3} \cdot 0.1613 \cdot (3.26/100) = 0.00911 [\Omega]$ $R_{002} = 0.402269$ $X_{002} = 0.146554$ $R_{01} = 0.00394$ $X_{01} = 0.00911$ より、 $Z_{001} = 0.406209 + j 0.155664 [\Omega]$

30

10 : Z_{15} , $Z_{16} \Rightarrow \cos \phi$ [F-26] $R_{15} = 0.377241$ $X_{15} = 0.502988$ $X_{16} = 0.596436$ $Z_{M21} = 0.697786 + j 0.494265 [\Omega]$ より $\cos \phi = 0.81602$

35

11 : $I_{01} = E_s / Z_{001}$ (変圧器電流) $Z_{001} = 0.406209 + j 0.155664 [\Omega]$ $E_s[V] = 220$

入力完了

 $I_{01} = 505.7306 [A]$

40

12 : $E_R = I_{01} \times Z_{002}$ (配電側電圧) $Z_{002} = 0.402269 + j 0.146554 [\Omega]$ $I_{01}[A] = 505.7306 [A]$ $E_R = 216.5205 [V]$

44

45



1

13 : $I_{ALL} = E_R / Z_{ALL}$ (全負荷電流)

$$Z_{ALL} = 0.285511 + j 0.220409 \text{ } [\Omega] \quad E_R = 216.5205 \text{ } [V]$$

$$I_{ALL} = 600.297 \text{ } [A]$$

5

6

14 : $I_{21} = E_R / Z_{M31}$ (負荷電流 : M-3)

$$Z_{M31} = 0.957588 + j 0.8422 \text{ } [\Omega] \quad E_R = 216.5205 \text{ } [V]$$

$$I_{21} = 169.786 \text{ } [A]$$

10

15 : $E_{22} = I_{21} \times Z_{22}$ (盤 1 次側端子電圧 : M-3)

$$Z_{22} = 0.943102 + j 0.831737 \text{ } [\Omega] \quad I_{21} = 169.786 \text{ } [A]$$

$$E_{22} = 213.5006 \text{ } [V]$$

14

15

16 : $I_{11} = E_R / Z_{M13}$ (負荷電流 : M-1, -2)

$$Z_{M13} = 0.405268 + j 0.29688 \text{ } [\Omega] \quad E_R = 216.5205 \text{ } [V]$$

$$I_{11} = 430.9948 \text{ } [A]$$

19

17 : $E_B = I_{11} \times Z_{M12}$ (分岐部電圧)

$$Z_{M12} = 0.394243 + j 0.286342 \text{ } [\Omega] \quad I_{11} = 430.9948 \text{ } [A]$$

$$E_B = 210.0053 \text{ } [V]$$

23

18 : $I_{12} = E_B / Z_{M11}$ (負荷電流 : M-1)

$$Z_{M11} = 0.899667 + j 0.673403 \text{ } [\Omega] \quad E_B = 210.0053 \text{ } [V]$$

$$I_{12} = 186.8747 \text{ } [A]$$

27

19 : $E_{14} = I_{12} \times Z_{14}$ (盤 1 次側端子電圧 : M-1)

$$Z_{14} = 0.8942 + j 0.67065 \text{ } [\Omega] \quad I_{12} = 186.8747 \text{ } [A]$$

$$E_{14} = 208.8792 \text{ } [V]$$

31

32

20 : $I_{13} = E_B / Z_{M22}$ (負荷電流 : M-2)

$$Z_{M22} = 0.701461 + j 0.497778 \text{ } [\Omega] \quad E_B = 210.0053 \text{ } [V]$$

$$I_{13} = 244.1542 \text{ } [A]$$

36

21 : $E_{15} = I_{13} \times Z_{M21}$ (盤 1 次側端子電圧 : M-2)

$$Z_{M21} = 0.697786 + j 0.494265 \text{ } [\Omega] \quad I_{13} = 244.1542 \text{ } [A]$$

$$E_{15} = 208.7773 \text{ } [V]$$

40

41

42

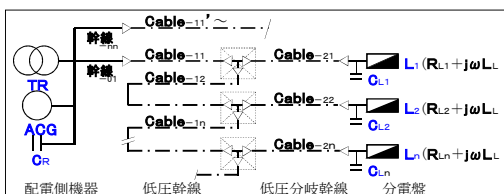
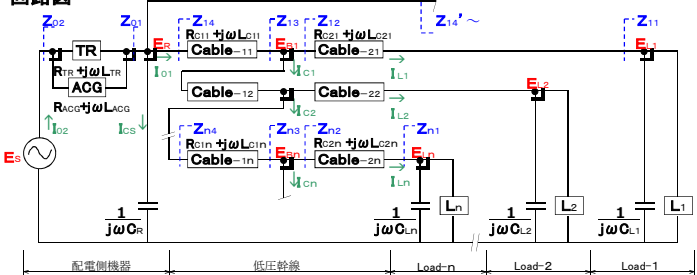
43 上記、1~21の手計算結果が次ページ 4-1 VD4計算シートの各値と一致していることを確認した。

44 手計算に必要な各データは、VD4 データ・シートの値を採用した。

45

系 統 番 号	適 用 区 間	電 気 方 式	配 電 側 機 器	負 荷 側 機 器										選 定 電 線 -1		選 定 電 線 -2		配 電 側	負 荷 側		配 電 側	備 考							
		電 源 電 圧 E_s	電 力 変 圧 器	SC _{容 量} [Kvar]	負 荷 設 備 容 量										SC _{容 量} [Kvar]	公 称 断 面	布 設 方 法	公 称 断 面	布 設 方 法	電 圧 E_R [V]	電 圧 E_L [V]			電 流 I_L [A]	主 幹 開 閉 器				
		ϕ V	形 式		台 数	負 荷 種 別	出 力 [KW]	効 率 η	力 率 $\cos \phi$	入 力 [KVA]	需 要 率 Df	負 荷 電 流 [A]	Z_L [Ω]	許 容 電 流 [A]		Z_{c1} (低 圧 幹 線)	Z_{c2} (低 圧 分 岐 幹 線)	分 岐 部 電 圧 [V]	$Z_L (L_{L1} + C_{L1})$	累 計	名 称								
		周 波 数 [Hz]	% Z		R_L [Ω]								X_L [Ω]	平 均 力 率		公 称 条 数	互 長 [m]	許 容 電 流 [A]	公 称 条 数	互 長 [m]	許 容 電 流 [A]			電 流 I_s [A]	電 流 I_e [A]	電 流 I_c [A]	電 流 I_e [A]	電 流 I_s [A]	電 流 I_e [A]
		計 算 温 度	容 量 / 定 格 電 流		負 荷 電 流 [A]								公 称 断 面	布 設 方 法		公 称 断 面	布 設 方 法	電 流 I_s [A]	電 流 I_e [A]	電 流 I_c [A]	電 流 I_e [A]			電 流 I_s [A]	電 流 I_e [A]	電 流 I_c [A]	電 流 I_e [A]	電 流 I_s [A]	電 流 I_e [A]
F-01	屋外形CB 動力配電盤 (TR-1) ～M-1動力盤	3 ϕ 3 W 220 V	油入自冷	1	M-1	60.0	1.000	0.800	75.00	1.00	196.8	1.1178		600V CV-T	ケーブル ラック	600V CV-T	気中配管	216.52 [V]	208.88 [V]	186.87 [A]	600.30 [A]	94.9451 [%]	600.30 [A]	MCCB-3P	600	500	Load factor of TR-1 64.23 %		
		60.0 [Hz]	300.0 [KVA]		空調動力							0.8942	0.8000	200.0 [2]	120.0 [m]	100.0 [1]	15.0 [m]	505.73 [A]	5.0549 [%]						TR-1 voltage rate of change 3.47 [V] 1.58%				
		50.0 [°C]	787.3 [A]									0.6707		11.0244 + j 10.5378 [m Ω]		5.4667 + j 2.7529 [m Ω]				0.8942 + j 0.6707 [Ω]									
F-01	F-01幹線分岐P-Box ～M-2動力盤				M-2	80.0	1.000	0.600	133.33	1.00	349.9	0.6287	50.0			600V CV-T	気中配管		208.78 [V]	244.15 [A]									
					生産動力								0.3772	0.8160			200.0 [1]	20.0 [m]		94.8988 [%]	244.15 [A]								
													0.5030				3.6748 + j 3.5126 [m Ω]				0.6978 + j 0.4943 [Ω]								
		50.0 [°C]																											
F-02	屋外形CB 動力配電盤 (TR-1) ～M-3動力盤				M-3	50.0	1.000	0.750	66.67	1.00	175.0	1.2575		600V CV-T	ケーブル ラック			216.52 [V]	213.50 [V]	169.79 [A]	97.0457 [%]			MCCB-3P	225	225			
					生産動力								0.9431	0.7500	150.0 [1]	60.0 [m]				2.9543 [%]									
													0.8317		14.4866 + j 10.4630 [m Ω]					0.9431 + j 0.8317 [Ω]									
		50.0 [°C]																											
F-01	屋外形CB 動力配電盤 (TR-1) ～M-1動力盤	3 ϕ 3 W 220 V	油入自冷	1	M-1	60.0	1.000	0.800	75.00	1.00	196.8	1.1178		600V CV-T	ケーブル ラック	600V CV-T	気中配管	217.10 [V]	209.43 [V]	187.37 [A]	601.89 [A]	95.1977 [%]	601.89 [A]	MCCB-3P	600	500	Load factor of TR-1 62.07 %		
		60.0 [Hz]	300.0 [KVA]		空調動力							0.8942	0.8000	200.0 [2]	120.0 [m]	100.0 [1]	15.0 [m]	488.71 [A]	4.8023 [%]						TR-1 voltage rate of change 2.9 [V] 1.31%				
		50.0 [°C]	787.3 [A]									0.6707		11.0244 + j 10.5378 [m Ω]		5.4667 + j 2.7529 [m Ω]				0.8942 + j 0.6707 [Ω]									
F-01	F-01幹線分岐P-Box ～M-2動力盤				M-2	80.0	1.000	0.600	133.33	1.00	349.9	0.6287	50.0			600V CV-T	気中配管		209.33 [V]	244.80 [A]									
					生産動力								0.3772	0.8160			200.0 [1]	20.0 [m]		95.1513 [%]	244.80 [A]								
													0.5030				3.6748 + j 3.5126 [m Ω]				0.6978 + j 0.4943 [Ω]								
		50.0 [°C]																											
F-02	屋外形CB 動力配電盤 (TR-1) ～M-3動力盤				M-3	50.0	1.000	0.750	66.67	1.00	175.0	1.2575		600V CV-T	ケーブル ラック			217.10 [V]	214.07 [V]	170.24 [A]	97.3039 [%]			MCCB-3P	225	225			
					生産動力								0.9431	0.7500	150.0 [1]	60.0 [m]				2.6961 [%]									
													0.8317		14.4866 + j 10.4630 [m Ω]					0.9431 + j 0.8317 [Ω]									
		50.0 [°C]																											
F-01	屋外形CB 動力配電盤 (TR-1) ～M-1動力盤	3 ϕ 3 W 220 V	油入自冷	1	M-1	60.0	1.000	0.800	75.00	1.00	196.8	1.1178		600V CV-T	ケーブル ラック	600V CV-T	気中配管	145.32 [V]	140.19 [V]	125.43 [A]	8393.15 [A]	63.7249 [%]	8393.15 [A]	MCCB-3P	600	500	Load factor of TR-1 1056.48 %		
		60.0 [Hz]	300.0 [KVA]		空調動力							0.8942	0.8000	200.0 [2]	120.0 [m]	100.0 [1]	15.0 [m]	8317.63 [A]	36.2751 [%]						TR-1 voltage rate of change 74.67 [V] 33.94%				
		50.0 [°C]	787.3 [A]									0.6707		11.0244 + j 10.5378 [m Ω]		5.4667 + j 2.7529 [m Ω]				0.8942 + j 0.6707 [Ω]									
F-01	F-01幹線分岐P-Box ～M-2動力盤				M-2	80.0	1.000	0.600	133.33	1.00	349.9	0.6287	50.0			600V CV-T	気中配管		140.13 [V]	163.87 [A]									
					生産動力								0.3772	0.8160			200.0 [1]	20.0 [m]		63.6938 [%]	163.87 [A]								
													0.5030				3.6748 + j 3.5126 [m Ω]				0.6978 + j 0.4943 [Ω]								
		50.0 [°C]																											
F-02	屋外形CB 動力配電盤 (TR-1) ～M-3動力盤				M-3	1000000	1.000	0.750	133333.33	1.00	3499092.5	0.0001		600V CV-T	ケーブル ラック			145.32 [V]	.51 [V]	8103.88 [A]				MCCB-3P	225	225	Short current of M-3 8.1038 [KA]		
					生産動力								0.0000	0.7500	150.0 [1]	60.0 [m]				0.2316 [%]									
													0.0000		14.4866 + j 10.4630 [m Ω]					99.7684 [%]									
		50.0 [°C]																			0.0 + j 0.0000 [Ω]								

回路図



配電側電圧 $E_R = I_{02} \cdot Z_{01}$ [V] 全負荷電流 $I_{01} = E_R / Z_{14}$ [A]
 分岐部電圧 $E_{B1} = (Z_{01} \cdot Z_{13}) \cdot E_s / (Z_{02} \cdot Z_{14})$ [V]
 負荷側電圧 $E_{L1} = (Z_{01} \cdot Z_{13} \cdot Z_{11}) \cdot E_s / (Z_{02} \cdot Z_{14} \cdot Z_{12})$ [V]
 負荷電流 $I_{L1} = (Z_{01} \cdot Z_{13}) \cdot E_s / (Z_{02} \cdot Z_{14} \cdot Z_{12})$ [A]

(注)計算は、オーム法による。

メモ。

物件名称	4-1 VD4計算シート(Calculation by VD4)	ESE-VD4 交 流 回 路 解 析 計 算	Electro Systems Engineering SERVICE	検印	担当 K, Sakai	No Terminal voltage -01
------	------------------------------------	----------------------------	-------------------------------------	----	----------------	----------------------------

[illegible]

注-1) 誘導電動機の平均負荷率は、必要軸馬力[KW]×(1+余裕度[%])より直上位を選定したものとして算出した。
 注-2) 誘導電動機の負荷率に対する効率および力率は、負荷率50%, 75%, 100%の各値より直線比例計算で求めた。

設計余裕度[%]→ 10

50Hz-200V			
出力 KW	負荷率	効率(%)	力率(%)
0.15			
0.20	79.55	71.95	65.02
0.40	68.18	75.98	65.83
0.75	69.70	80.49	65.41
1.50	68.18	82.37	63.59
2.20	76.45	86.67	72.20
3.70	72.48	87.04	72.49
5.50	76.03	89.28	75.88
7.50	78.79	89.42	78.39
11.00	76.45	91.88	76.46
15.00	78.79	92.27	78.38
18.50	82.31	92.80	78.13
22.00	83.68	93.06	81.60
30.00	78.79	92.92	80.01
37.00	82.31	94.00	85.59
45.00	82.83	92.84	82.28
55.00	82.64	94.01	80.87

誘導電動機の効率・力率 (50Hz-200V)					
50% 負荷時		75% 負荷時		100% 負荷時	
効率(%)	力率(%)	効率(%)	力率(%)	効率(%)	力率(%)
68.1	50.8	71.9	63.4	72.2	72.3
74.6	57.1	76.5	69.1	76.0	77.8
78.6	55.4	81.0	68.1	80.5	76.0
80.7	54.5	83.0	67.0	83.1	75.1
85.4	59.6	86.7	71.8	86.1	78.7
86.5	61.7	87.1	73.7	86.3	80.4
88.3	63.4	89.3	75.6	88.9	82.4
88.8	65.3	89.5	77.5	89.0	83.4
91.3	64.7	91.9	76.1	91.5	82.3
91.6	66.3	92.3	77.5	92.1	83.3
91.9	64.5	92.8	76.4	92.8	82.3
92.7	69.1	93.2	80.0	92.8	84.6
92.7	68.1	93.0	79.3	92.5	84.0
93.9	77.1	94.2	84.8	93.5	87.5
92.4	70.7	92.9	81.0	92.7	85.1
93.9	68.4	94.1	79.0	93.8	85.1

60Hz-220V			
出力 KW	負荷率	効率(%)	力率(%)
0.15			
0.20	79.55	75.09	64.63
0.40	68.18	78.60	66.51
0.75	69.70	83.21	66.27
1.50	68.18	85.18	57.21
2.20	76.45	88.59	73.18
3.70	72.48	88.41	73.02
5.50	76.03	90.20	77.63
7.50	78.79	90.45	79.37
11.00	76.45	92.59	77.73
15.00	78.79	92.68	80.11
18.50	82.31	93.23	80.08
22.00	83.68	93.53	82.65
30.00	78.79	93.28	82.24
37.00	82.31	93.65	86.52
45.00	82.83	93.71	84.86
55.00	82.64	94.54	83.58

誘導電動機の効率・力率 (60Hz-200V)					
50% 負荷時		75% 負荷時		100% 負荷時	
効率(%)	力率(%)	効率(%)	力率(%)	効率(%)	力率(%)
71.1	51.2	75.0	63.1	75.5	71.5
77.0	58.0	79.2	69.7	78.8	77.2
81.4	56.5	83.7	68.9	83.3	76.2
83.8	55.1	85.7	58.0	85.8	75.9
87.4	61.0	88.6	72.8	88.5	79.4
87.6	62.5	88.5	74.2	88.1	80.6
89.0	66.1	90.2	77.4	90.1	83.0
89.6	67.5	90.5	78.6	90.2	83.7
92.0	67.4	92.6	77.4	92.4	83.1
91.8	68.4	92.7	79.4	92.6	84.1
92.3	67.7	93.2	78.5	93.3	83.9
92.9	71.8	93.6	81.3	93.4	85.2
92.6	72.1	93.3	81.6	93.2	85.8
93.1	79.1	93.8	85.7	93.3	88.5
93.2	75.5	93.8	83.8	93.5	87.2
94.1	73.0	94.6	82.2	94.4	86.7

5-3 データ・シート

6 VD4による交流回路解析 (Exchange circuit analysis by VD4)

下記 6-1, 6-2 の記述は、**VD4** 計算シートで各入力値を修正すれば実行できます。変更したい項目を修正して計算結果の出力値と計算速度を実感して下さい。

6-1 短絡電流計算 (Short-circuit current calculation)

4-1 **VD4** 計算シートの負荷側機器—出力KW(セル番号[P58])の“50”[KW]を“1000000”[KW]とすると、現場盤(M-3)の一次側における短絡電流(対称値) **8.1038**[KA]が求められます。また、出力KWを“100000”[KW]とすると、**7.9375**[KA]となり、このときの短絡事故による接触抵抗は、 $0.0005 + j0.0004$ [Ω] になります。

次に、変圧器二次側における短絡電流(対称値)を求めるには、F-02 幹線ケーブルの亘長を“0”[m]とすると、**22.0374**[KA]が備考欄に出力されます。(セル番号: Z60, AL59 参照)

6-2 力率改善について (About a power factor improvement)

4-1 **VD4** 計算シートの配電側機器 **SC_R** (セル番号[N18])の“75”[Kvar]を“DEL”とすると、次の値が変化します。

- ① 全負荷電流[A] : 600.30 → 595.55 (減) ② 配電側電圧[V] : 216.52 → 214.81 (減)
- ③ 変圧器電流[A] : **505.73** → **595.55** (増)
- ④ 変 圧 器 負荷率 (Load factor of TR) [%] : **64.23** → **75.67** (増)
- ⑤ 変圧器電圧変動率 (Voltage rate of change) [%] : **1.58** (3.47[V]) → **2.35** (5.19[V]) (増)
- ⑥ M-1負荷側一次電圧[V] : **208.88** → **207.23** 負荷電流[A] : **186.87** → **185.40** (減)
- M-2負荷側一次電圧[V] : **208.78** → **207.13** 負荷電流[A] : **244.15** → **242.22** (減)
- M-3負荷側一次電圧[V] : **213.50** → **211.81** 負荷電流[A] : **169.79** → **168.44** (減)

次に、この **SC_R** を“100”[Kvar]にすると、上記の値は逆に増減変化します。Column (行) No. 34~45 参照。

6-3 直列リアクトルについて (About a series reactor)

VD4 では、直列リアクトルの入力は不要です。直列リアクトルが設置されている場合、その電力コンデンサには、リアクトルに相当する容量が見込まれているため計算に考慮する必要はない。

6-4 電気機器負荷表の信頼度 (Reliability of load list)

電気機器負荷表は、負荷の特質を把握する目的で作成します。従って配線による線路インピーダンス降下は考慮されておりません。**VD4** の負荷側機器 “負荷電流” が配電用変圧器の電圧変動率を無視し、定格電圧に対する参考値として表示されているが、実際の負荷電流値は、これより小さい値になる。このことから電気機器負荷表 (**Load list**) の変圧器負荷率は、実際より大きめの値 (64.23% → 67.58%) となっている。

7 電気設備の計画 (The plan of electric equipment)

7-1 基本計画 (Master plan)

VD4、Road list により、次の基本計画書、検討書が作成できます。

- ① 電気機器負荷表による配電用変圧器の台数・定格容量の想定。
- ② 受電方式・受電電圧の決定、電気方式の想定。
- ③ 力率改善方式の想定。
- ④ 高低圧幹線の回路数・幹線サイズの想定。

7-2 実施計画 (Enforcement plan)

VD4、Road list により、次の実施設計のデータ・ベースが作成できます。

- ① 電気機器負荷表による配電用変圧器の台数・定格容量の決定。
- ② 電気方式の決定と各現場盤一次側の端子電圧・負荷電流の想定。
- ③ 力率改善方式の決定と改善力率の想定。
- ④ 高低圧幹線の回路数・幹線サイズの決定と幹線余裕度の想定。

8 電気設備の保守管理 (Maintenance management of electric equipment)

8-1 各種模擬工事 (Various imitation construction)

VD4により、次の模擬工事が行えます。

- ① 受電電圧変更に伴う配電用変圧器のタップ調整、電気方式の変更工事。
- ② 配電用変圧器・力率改善用電力コンデンサの新設、増設、撤去、取替工事。
- ③ 負荷容量変更に伴う幹線ケーブルのルート変更工事、布設替工事。
- ④ 必要個所における短絡試験(対称値)

8-2 各種診断テスト (Various diagnostic tests)

VD4により、次の診断テストが行えます。

- ① 負荷特性変更に伴う変圧器容量、配線容量チェック。
- ② 幹線ケーブルの余裕度と負荷容量増加に伴う対応策チェック。
- ③ 周囲温度の見直しによる端子電圧のチェック、力率改善用電力コンデンサ容量・最低力率チェック。
- ④ 不明になっている古い幹線ケーブルの亘長を計算することにより、そのルートを推察する等。

8-3 カルテ[データ・ベース]登録 (Karte [Data base] registration)

VD4 により、現状の電気設備をデータ・ベース化し、将来の増改築工事、機器更新工事等に素早く対応することこそ電気設備の安全かつ効率的運用(病気の予防)を図る観点から重要と想われます。さらにVD4の各負荷特性のベースとなる電気機器負荷表(Load list)も併せてデータ・ベース化すればより一層万全です。