

サイクリックインピーダンスを入れた 3 相交流発電機が多導体はしご形回路理論による解法

Analysis of Three phase Genelater include cyclic Impedance by Multiconductor Ladder Type Theory

井戸川 功 雄

Isao Idogawa

1. はじめに

3 相交流発電機の内部インピーダンスとしては、自己インピーダンスのみで代表しての計算が従来行われているが、電気鉄道では不平衡負荷が寧ろ普通であるし、短絡、地絡など故障時の電圧電流変動を知るにはA、B、C相間の非対称相互誘導を無視しては、例えばA相地絡によるB相、C相の電圧降下は無視され解にならない。

正しい現象を把握するために、発電機のサイクリックインピーダンスを計算に取り入れ、更にその発電機に送電線や変圧器、負荷などを連結した全系の解を得るため多導体はしご形回路理論⁽¹⁾を用いての解の例を記す。

これらは、対称座標法で計算している「竹内寿太郎著：対称座標行列法解説」（以下解説書という）の数値例とよく合っている。

2. 定 数

上記解説書の例を用いる。

0.1kV、10kVA、50Hz、1500r.p.m の3相発電機で、零相インピーダンス $Z_{g0}=0.083\Omega$ (73°)

正相インピーダンス $Z_{g1}=1.23\Omega$ (89°)

逆相インピーダンス $Z_{g2}=0.11\Omega$ (70°)

のサイクリックインピーダンスS、T、Uは、

$$\begin{bmatrix} S \\ T \\ U \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{g0} \\ Z_{g1} \\ Z_{g2} \end{bmatrix}$$

ここで $a = 1/2 - j\sqrt{3}/2$
3行3列の発電機インピーダンスは

$$[Z]_{33} = \begin{bmatrix} S & T & U \\ U & S & T \\ T & U & S \end{bmatrix}$$

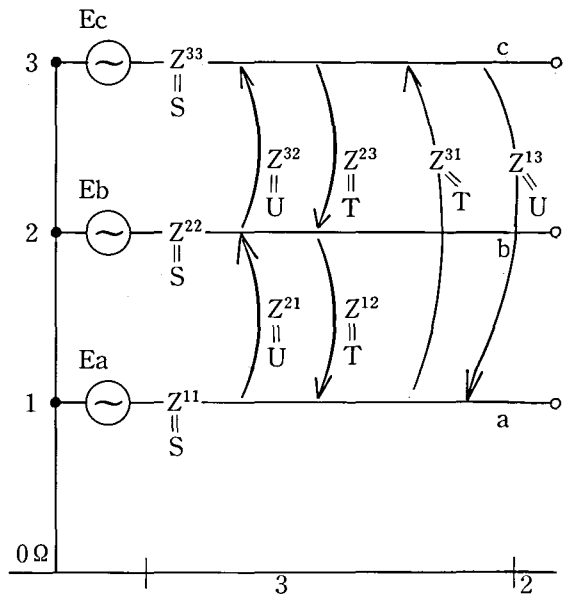
また、発電機の起電力は

a相は $E_a = 100V$ (0°)

b相は $E_b = 100V$ (-120°)

c相は $E_c = 100V$ (120°)

でありS、T、U入りの多導体はしご形3相発電機の図は、第1図である。



第1図 STU入り3相交流発電機

以下に上記の数値を用いた計算例を掲げるが、例えば東海道新幹線の綱島周波数変換機の Z_{g0} 、 Z_{g1} 、 Z_{g2} があればそれらを用い、これにき電系統 (ΔY 変圧器、コンデンサ、ケーブル、スッコ

ト変圧器、BT（ブースター）き電回路、電車などを連絡して不平衡変動負荷、故障計算等を行うことができる。すなわち従来対称座標を用いて計算していた発電機の解を、それに連結されている送電線、変圧器等内の電位電流をも一気に計算することが出来る手法が本論文である。

$$[Y_6]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & & & \\ 2 & & G1 & -G1 \\ 3 & & -G1 & G1 \end{matrix}$$

$$[Z_6]_{33} = [O]_{33}$$

$$G1 = 1.04$$

1.09では答合わない。
実物的な短絡にせねばならぬ例である。

参考文献

(1)電気鉄道新幹線き電回路の計算法に関する研究 1976. 7 博士論文(東京工大)

$$[Y_7]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & & & \\ 2 & & 2G & -G \\ 3 & & -G & 2G \end{matrix}$$

$$[Z_7]_{33} = [O]_{33}$$

インピーダンス行列 $[Z]_{33}$ とアドミタンス行列 $[Y]_{33}$ は以下の如し。

$$[Y_2]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 10^{-9} & & \\ 2 & & 2 \cdot 10^{-9} & \\ 3 & & & 3 \cdot 10^{-9} \end{matrix}$$

$$[Z_2]_{33} = [O]_{33}$$

$$[Y_8]_{33} = [O]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3G & -G & -G \\ 2 & -G & 3G & -G \\ 3 & -G & -G & 3G \end{matrix}$$

$$[Z_8]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & Z_{LA} & & \\ 2 & & Z_{LB} & \\ 3 & & & Z_{LC} \end{matrix}$$

$$[Y_3]_{33} = [O]_{33}$$

$$[Z_3]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & S & T & U \\ 2 & U & S & T \\ 3 & T & U & S \end{matrix}$$

$$Z_{LA} = 10/3 \{ \Omega \}$$

$$Z_{LB} = -10/3 \times a \{ \Omega \}$$

$$Z_{LC} = -10/3 \times a^2 \{ \Omega \}$$

$$a = \frac{-1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$[Y_4]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3G & -G & -G \\ 2 & -G & 3G & -G \\ 3 & -G & -G & 3G \end{matrix}$$

$$[Z_4]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & ZL & & \\ 2 & & ZL & \\ 3 & & & ZL \end{matrix}$$

$$[Y_9]_{33} = [O]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3G & -G & -G \\ 2 & -G & 3G & -G \\ 3 & -G & -G & 3G \end{matrix}$$

$$[Z_9]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & Z_{LA} & & \\ 2 & & Z_{LC} & \\ 3 & & & Z_{LB} \end{matrix}$$

$$[Y_5]$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & G & & \\ 2 & & & \\ 3 & & & \end{matrix} \quad G = 10^9 \{ S \}$$

$$[Z_5]_{33} = [O]_{33}$$

$$[Y_{10}]_{33}$$

$$\begin{matrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 4/10 & -1/10 & -3/10 \\ 2 & -1/10 & +3/10 & -1/5 \\ 3 & -3/10 & -1/5 & 5/10 \end{matrix}$$

$$[Z_{10}]_{33} = [O]_{33}$$

$$[Y_{11}]_{33}$$

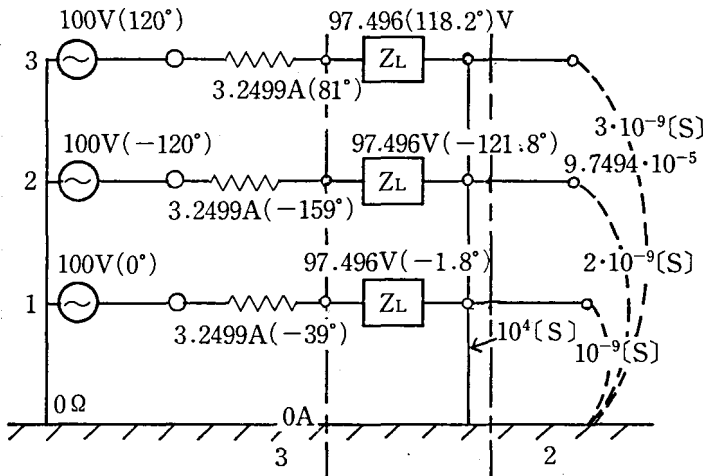
$$[Z_{11}]_{33} = [O]_{33}$$

	1	2	3
1	3G	-G	-G
2	-G	3G	-G
3	-G	-G	3G

3. 計算例

各種の計算例を説明を入れて下に記す。

3・1 平衡Y負荷 負荷インピーダンス： $Z_L = 24 + j18 \Omega$ □



Z_{g1} のみによる電圧降下：

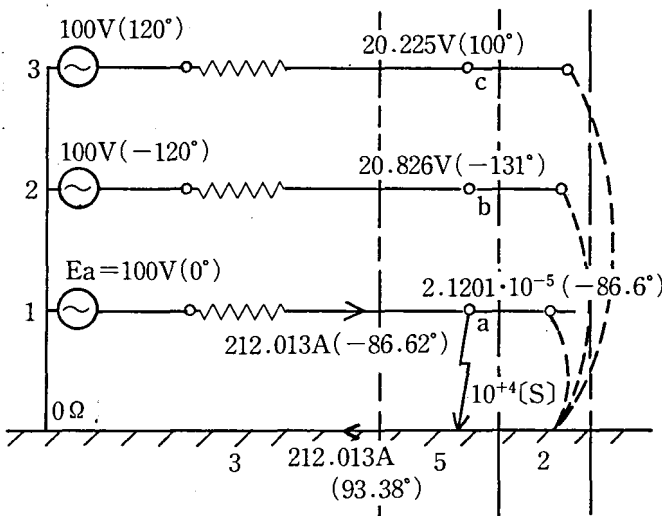
$$\begin{aligned} & 1.23 \Omega (89^\circ) \cdot 3.2499A (-39^\circ) \\ & = 100V (0^\circ) - 97.496V (-1.8^\circ) \\ & = 100V (0^\circ) - \\ & \quad (24 + j18) \Omega \cdot 3.2499A (-39^\circ) \end{aligned}$$

よく合っている。

No.500287A

第2図

3・2 a相地絡



E_a をa相起電力として

$$\begin{aligned} V_b &= 0.208 (-130.6^\circ) \cdot E_a \\ &= 0.208212 (-130.78^\circ) \cdot E_a \\ V_c &= 0.2025 (100.3^\circ) \cdot E_a \\ &= 0.202169 (99.98^\circ) \cdot E_a \\ I_a &= 2.12 (-86.7^\circ) \cdot E_a \\ &= 2.12013 (-86.62^\circ) E_a \end{aligned}$$

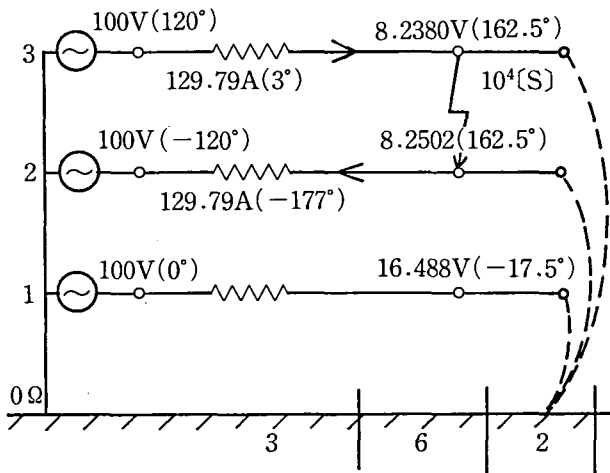
ただし、 V_b 、 V_c 、 I_a 共上段の数値は前記解説書中で対称座標法により計算された値であり、下段は本論文の手法を用いて数値計算した詳しい値である。以下の例でも同じである。

V_b 、 V_c 、 I_a 共よく合っている。

No.500928A

第3図

3・3 b、c相短絡 (短絡アドミタンスは物理現象に合わせて 10^4S とする。… 10^9 では大すぎる。)



$$I_b = -I_c = 1.30(-177.4^\circ) \cdot E_a$$

$$1.297914(-177.46^\circ) \cdot E_a$$

$$V_a = 0.165(-17.4^\circ)E_a$$

$$0.164857(-17.46^\circ)E_a$$

$$V_b = V_c = 0.0825(162.6^\circ)E_a$$

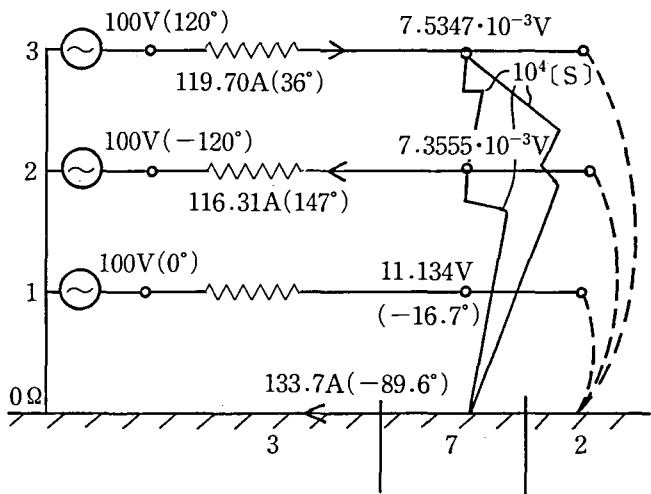
$$0.0824286(162.54^\circ)E_a$$

I_b, I_c, V_a, V_b, V_c 共よく合っている。

No.500993

第4図

3・4 b、C相短絡接地 (短絡、接地両アドミタンス各々 10^4S)



$$I_b = 1.123(145.6^\circ)E_a$$

$$1.16269(146.94^\circ)E_a$$

$$I_c = 1.159(37.7^\circ)E_a$$

$$1.19744(36.19^\circ)E_a$$

$$V_a = 0.116(-16.6^\circ)E_a$$

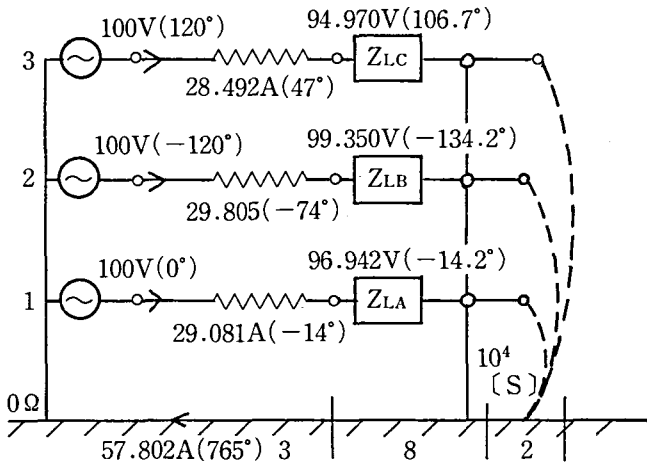
$$0.111322(-16.66^\circ)E_a$$

I_b, I_c, V_a 共よく合っている。

No.500935A

第5図

3・5 不平衡Y負荷



$$Z_{LA} = \frac{10}{3} [\Omega]$$

$$Z_{LB} = -\frac{10}{3} a [\Omega]$$

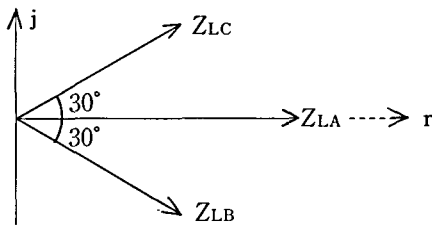
$$Z_{LC} = -\frac{10}{3} a^2 [\Omega]$$

ただし、

$$a = \frac{-1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

No.D01087A

第6図



第7図

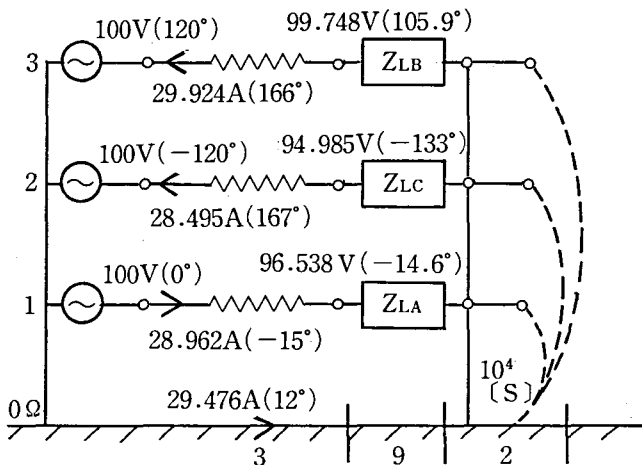
解説書 (p88) の値

$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.290(-14.2^\circ) \\ 0.298(-74^\circ) \\ 0.284(46.6^\circ) \end{bmatrix} E_a,$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.962(-14.2^\circ) \\ 0.992(-134^\circ) \\ 0.948(106.6^\circ) \end{bmatrix} E_a$$

3・6 不平衡Y負荷 (第6図の ZLB と ZLC を入れ換えたとき)

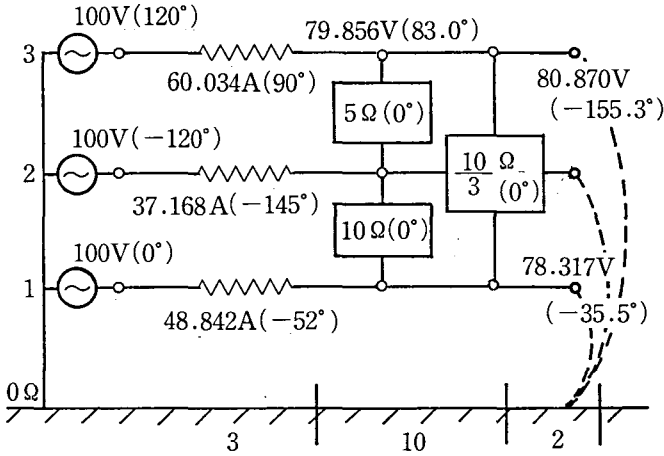
本論文手法で計算した上図中の値とよく合っている。



No.500281A

第8図

3・7 不平衡△負荷



No.700690A

第9図

解説書の値

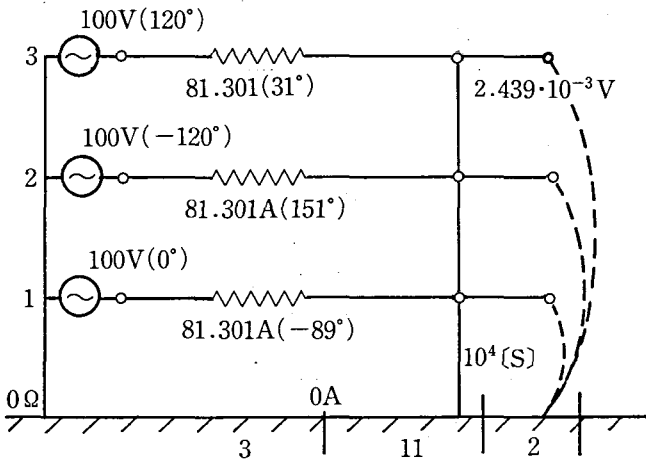
$$\begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.488(-52.1^\circ) \\ 0.369(-144.8^\circ) \\ 0.599(89.6^\circ) \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{アンペア} \\ \text{Ea} \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.782(-35.4^\circ) \\ 0.807(-155.3^\circ) \\ 0.796(83.1^\circ) \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{ボルト} \\ \text{Ea} \end{matrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_{ab} \\ I_{bc} \\ I_{ca} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.138(4.8^\circ) \\ 0.281(-122.3^\circ) \\ 0.406(113.5^\circ) \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{アンペア} \\ \text{Ea} \end{matrix}$$

とよく合っている。

3・8 3相短絡地絡



No.500908A

第10図

バランスがとれていて大地に電流は流れない。

a相地絡の約38.2%の相電流である。つまり3相短絡よりはa相地絡電流が大きい。

Zg1のみによる電圧降下：

$$1.23\Omega(89^\circ) \times 81.301A(-89^\circ) = 100V(0^\circ)$$

よく合っている。

4. プログラム STU.FOR

```

C 61.3.14, 61.3.24 SCOTT L,C IRI 1 PHASE LOAD 3-PHASE BALANSE
C S 61.3.26
C S 62.10.21
CCC SC
CALL MOTOSC
STOP
END
SUBROUTINE MOTOSC
C 60 CON. (TN IRI )
CCCC STU
PARAMETER(L1=7, L2=L1+1, K2=3)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
INTEGER PERM
COMPLEX*16 Z(L1,L2),Y(L1,L1),Y1(L1,L2)
1 ZL, EG(L1),EO(L1),D1(L1),D2(L1),E1(L1),E2(L1)
2, XX(L2),T2,ZG,S1(L1), YH( K2,L1,L1) ,S,T,U
3, ZM ,ZG1,ZG2,ZG0,A73,A89,A70,A,A2
DIMENSION EOA(L1),EOP(L1),D1A( K2,L1),D1P( K2,L1),D2A(
1 K2,L1),D2P( K2,L1),E1A( K2,L1),E1P( K2,L1),E2A( K2,L1),E2P( K2,
2 L1),S1A( K2,L1),S1P( K2,L1)
3,PERM(L1) ICOUNT( K2)
PI=3.1415926535897932D0 PI180=180.DO/PI

ICNYH=99
DS3=DSQRT(3.DO)
1000 READ(5,1005)NCASE,N ,ZE
1005 FORMAT(2I10,3D10.3)
WRITE (6,1007)
1007 FORMAT (1H0,'NCASE,N,ZE')
WRITE(6,1010)NCASE,N ,ZE
1010 FORMAT(1H , 2I5, 3D10.3)
IF(NCASE.EQ.0) STOP
READ(5,1015) ZG, ZL
1015 FORMAT(8D10.3)
WRITE(6,1016)ZG,ZL
1016 FORMAT(1H 'ZG=',2D13.6,' ZL=',2D13.6)
1150 READ(5,1030)NZYM,(ICOUNT(I),I=1,NZYM)
1030 FORMAT(20I4)
WRITE (6,1032)
1032 FORMAT (1H ,NZYM,ICOUNT(I)')
WRITE(6,1031)NZYM,(ICOUNT(I),I=1,NZYM)
1031 FORMAT(1H ,20I4)
PI=3.1415926535897932D0
PI73= PI/180.DO*73.DO
PI89= PI/180.DO*89.DO
PI70= PI/180.DO*70.DO
A73=DCMPLX(DCOS(PI73),DSIN(PI73))
A89=DCMPLX(DCOS(PI89),DSIN(PI89))
A70=DCMPLX(DCOS(PI70),DSIN(PI70))
ZG0=0.083D0*A73
ZG1=1.23D0*A89
ZG2=0.11D0*A70
A=DCMPLX(-0.5D0,DS3*0.5D0)
A2=DCMPLX(-0.5D0,-DS3*0.5D0)
S=(ZG0+ZG1+ZG2)/3.DO
T=(ZG0+A*ZG1+A2*ZG2)/3.DO
U=(ZG0+A2*ZG1+A *ZG2)/3.DO
WRITE(6,2207) S,T,U,ZG1,ZG2,ZG0, A73,A89,A70,PI73,PI89,PI70
2207 FORMAT(1H ,10D13.5)
NN=NZYM+1 K1=N

CCCC
CCCC
2000 CONTINUE DO 1050 J=1,L2 DO 1050 I=1,L1
1050 Y1(I,J)=(0.DO,0.DO)
1130 NN=NN-1
IC=ICOUNT(NN) IF(IC.GT.ICNYH) GO TO 1001
CCCC
CALL ZYME(N,IC,ZL,Z,Y,IZM,ZM,L1,L2,S,T,U,A)
CALL YZGOSE (Y1,Y,Z,PERM,XX, K1,IZM,L1,L2)
1001 CONTINUE
DO 1003 J=1,L1 DO 1003 I=1,L1
1003 YH(NN, I,J)= Y1(I,J)
1111 IF(NN.NE.1) GO TO 1130
1120 DO 35 J=1,K1 DO 35 I=1,K1
35 Z(I,J)= Y1 (I,J)
CALL DCINV( Z,K1,0,L1,L2,1.D-14,XX,PERM, NSTOP)
EG(1)= 0.1D0
EG(2)= DCMPLX(-0.5D0,-DS3*0.5D0) *EG(1)
EG(3)= DCMPLX(-0.5D0, DS3*0.5D0) *EG(1)

```

```

DO 39 I=1,L1
D1(I)=(0.DO,0.DO)
DO 39 J=1,L1
39 Y(I,J)=(0.DO,0.DO)
DO 38 I=1,3
38 Y(I,4)=EG(I)
Y(1,1)=ZG+ZE+Z(1,1)
Y(1,2)=ZE+Z(1,2)
Y(1,3)=ZE+Z(1,3)
Y(2,1)=ZE+Z(2,1)
Y(2,2)=ZG+ZE+Z(2,2)
Y(2,3)=ZE+Z(2,3)
Y(3,1)=ZE+Z(3,1)
Y(3,2)=ZE+Z(3,2)
Y(3,3)=ZG+ZE+Z(3,3)
CALL DCINV(Y,3,1,L1,L2,1.D-14,XX,PERM,NSTOP)
D1(1)=Y(1,4)
D1(2)=Y(2,4)
D1(3)=Y(3,4)
DO 50 I=1,K1
50 EO(I)=(0.DO,0.DO)
C C DO 36 I=1,N
C C DO 36 J=1,N
C 36 WRITE(6,37) I,J,Z(I,J)
C 37 FORMAT(1H,2I5,'Z='2D15.7)
DO 55 I=1,K1
55 EO(I)=EO(I)+ Z(I,J)*D1(J)
DO 80 I=1,3
D1A(1,I)=CDABS(D1(I))
IF(D1A(1,I).EQ.0.DO) GO TO 81
D1P(1,I)=PI180*DATAN2(DIMAG(D1(I)),DREAL(D1(I)))
GO TO 80
81 D1P(1,I)=0.DO
80 CONTINUE
C C DO 84 I=1,K1
C C WRITE(6,85) I,D1(I),D1A(1,I),D1P(1,I)
C 85 FORMAT(1H,15,3X,3H1R=,1P4E15.7)
C 84 CONTINUE
DO 87 I=1,K1
EOA(I)=CDABS(EO(I))
IF(EO(I).EQ.0.DO) GO TO 88
EOP(I)=PI180*DATAN2(DIMAG(EO(I)),DREAL(EO(I)))
GO TO 87
88 EOP(I)=0.DO
87 CONTINUE
DO 90 I=1,K1
WRITE(6,95) I,EO(I),EOA(I),EOP(I)
95 FORMAT(1H,15,3X,3HEO=,1P4E15.7)
90 CONTINUE
TZ=EG(1)/D1(1)
92 TZ A=CDABS(TZ)
TZ P=PI180*DATAN2(DIMAG(TZ),DREAL(TZ))
WRITE(6,9182)TZ,TZA,TZP
9182 FORMAT(1H,3HTZ=,1P2E13.6,5X,4HTZA=,E13.6,5X,4HTZP=,E13.6)
NN=0
DO 619 I=1,L1
619 D1(I)=(0.DO,0.DO)
620 NN=NN+1
IC=ICOUNT(NN)
CCCC
CALL ZYME(N,IC,ZL,Z,Y,IZM,ZM,L1,L2,S,T,U,A)
DO 502 I=1,K1
D1(I)=(0.DO,0.DO)
DO 502 J=1,K1
502 D1(I)=D1(I)+YH(NN,I,J)*EO(J)
DO 506 I=1,K1
E1(I)=(0.DO,0.DO)
DO 506 J=1,K1
506 E1(I)=E1(I)+Z(I,J)*D1(J)
DO 550 I=1,K1
550 E2(I)=EO(I)-E1(I)
8560 DO 508 I=1,K1
D2(I)=(0.DO,0.DO)
DO 508 J=1,K1
508 D2(I)=D2(I)+ Y(I,J)*E2(J)
DO 4301 I=1,K1
4301 S1(I)=(0.DO,0.DO)
DO 10 I=1,N
10 S1(1)=S1(1)-D1(I)
2325 DO 1200 I=1,K1
D1A(NN,I)=CDABS(D1(I))
D2A(NN,I)=CDABS(D2(I))
E1A(NN,I)=CDABS(E1(I))
E2A(NN,I)=CDABS(E2(I))
IF(D1A(NN,I).EQ.0.DO) GO TO 415
D1P(NN,I)=PI180*DATAN2(DIMAG(D1(I)),DREAL(D1(I)))
GO TO 1506
415 D1P(NN,I)=0.DO

```



```

1506 IF(E1A(NN,I).EQ.0.DO) GO TO 420
      E1P(NN,I)=PI180*DATAN2(DIMAG(E1(I)),DREAL(E1(I)))
      GO TO 507
420 E1P(NN,I)=0.0DO
507 E2P(NN,I)=PI180*DATAN2(DIMAG(E2(I)),DREAL(E2(I)))
      IF(D2A(NN,I).EQ.0.DO) GO TO 425
      D2P(NN,I)=PI180*DATAN2(DIMAG(D2(I)),DREAL(D2(I)))
      GO TO 607
425 D2P(NN,I)=0.0DO
607 E0(I)=E2(I)
1200 CONTINUE
      DO 1201 I=1,K1
      S1A(NN,I)=CDABS(S1(I))
      IF(S1A(NN,I).EQ.0.DO) GO TO 552
      S1P(NN,I)=PI180*DATAN2(DIMAG(S1(I)),DREAL(S1(I)))
      GO TO 1201
552 S1P(NN,I)=0.DO
1201 CONTINUE
      9 IF(NN.NE.NZYM) GO TO 620
      DO 1253 I=1,N
      1251 FORMAT(1H,2H) WRITE(6,1251)
      DO 1253 NN=1,NZYM
      NP=2*NN-1
1253 WRITE(6,1254)ICOUNT(NN), NP,I,D1A(NN,I),D1P(NN,I),S1A(NN,I),S1P(NN
      1,I),E1A(NN,I),E1P(NN,I),
      2,ICOUNT(NN),E2A(NN,I),E2P(NN,I),D2A(NN,I),D2P(NN,I)
1254 FORMAT(1H,13,2H I,14,13, E13.6,F8.3,1X,2H S1, E13.6,F8.3,1X,1HE
      1, E13.6,F8.3,3H I1, E13.6,F8.3,I4,1X,2HEE, E13.6,F8.3)
CCCC
      GO TO 1000
      END
CCCC
SUBROUTINE ZYME(N,IC,ZL,Z,Y,IZM,ZM,L1,L2,S,T,U,A)
      UE NI IRETA
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      COMPLEX*16 Z(L1,L2),Y(L1,L1),ZL
      1,ZU,ZT,ZUT,ZV,ZW,ZM,ZVM,ZWM,ZVW
      2,ZO,ZMORE,S,T,U,A
      3,ZUM,ZUW,ZVT
      DO 9000 J=1,N+1
      DO 9000 I=1,N
9000 Z(I,J)=(0.DO,0.0DO)
      DO 9003 J=1,N
      DO 9003 I=1,N
9003 Y(I,J)=(0.DO,0.0DO)
      IZM=1
      G=1.D9
      GO TO (100,200,300,400,500,600,700,800,900,10,11,12,13,14,15),IC
100 RETURN
200 IZM=0
      DO 207 I=1,N
207 Y(I,I)= 1.D-9 * FLOAT(I)
      RETURN
300 Z(1,1)=S
      Z(2,2)=S
      Z(3,3)=S
      Z(1,2)=T
      Z(2,3)=T
      Z(3,1)=T
      Z(2,1)=U
      Z(1,3)=U
      Z(3,2)=U
      RETURN
400 Y(1,2)=-G
      Y(1,3)=-G
      Y(2,3)=-G
      Y(1,1)=G*2.DO + G
      Y(2,2)=G*2.DO + G
      Y(3,3)=G*2.DO + G
      Z(1,1)=ZL
      Z(2,2)=ZL
      Z(3,3)=ZL
      DO 220 I=1,N
      DO 220 J=1,N
220 Y(J,I)=Y(I,J)
      RETURN
500 IZM=0
      Y(1,1)=G
      RETURN
600 IZM=0
      Y(2,3)=-1.D4
      Y(3,2)=Y(2,3)
      Y(2,2)=-Y(2,3)
      Y(3,3)=-Y(2,3)
      RETURN
700 IZM=0
      Y(2,3)=-G
      Y(3,2)=-G
      Y(2,2)=G+G

```

```

      Y(3,3)=G+G
800  Y(1,2)=-G
      Y(1,3)=-G
      Y(2,3)=-G
      Y(1,1)=G*2.DO + G
      Y(2,2)=G*2.DO + G
      Y(3,3)=G*2.DO + G
      Z(1,1)=10.DO/3.DO
      Z(2,2)=-10.DO/3.DO*A
      Z(3,3)=-10.DO/3.DO*A*A
      RETURN
900  Y(1,2)=-G
      Y(1,3)=-G
      Y(2,3)=-G
      Y(1,1)=G*2.DO + G
      Y(2,2)=G*2.DO + G
      Y(3,3)=G*2.DO + G
      Z(1,1)=10.DO/3.DO
      Z(3,3)=-10.DO/3.DO*A
      Z(2,2)=-10.DO/3.DO*A*A
      RETURN
10  IZM=0
      Y(1,1)= 4.DO/10.DO
      Y(1,2)=-1.DO/10.DO
      Y(1,3)=-3.DO/10.DO
      Y(2,1)=Y(1,2)
      Y(3,1)=Y(1,3)
      Y(2,3)=-1.DO/5.DO
      Y(3,2)=Y(2,3)
      Y(2,2)= 3.DO/10.DO
      Y(3,3)= 5.DO/10.DO
      RETURN
11  IZM=0
      Y(1,1)= 3.DO*G
      Y(1,2)=-G
      Y(1,3)=-G
      Y(2,1)=Y(1,2)
      Y(3,1)=Y(1,3)
      Y(2,3)=-G
      Y(3,2)=Y(2,3)
      Y(2,2)= 3.DO*G
      Y(3,3)=Y(2,2)
      RETURN
12  RETURN
13  RETURN
14  RETURN
15  RETURN
      END
      SUBROUTINE  YZGOSE (Y1,Y,Z,PERM,XX,K1,IZM,L1,L2)
      COMPLEX*16 Y1(L1,L2),Y(L1,L1),Z(L1,L2),XX(L2)
      INTEGER PERM(L1)
      DO 1070 I=1,K1
          Y1(I,K1+1)=(1.DO,0.DO)
1070  Y1(I,J)=Y(I,J)+Y1(I,J)
          IF(IZM.EQ.0) RETURN
          CALL  DCINV(Y1,K1,0,L1,L2,1.D-14,    XX,PERM,NSTOP)
          DO 1080 I=1,K1
              Y1(I,K1+1)=(1.DO,0.DO)
1080  Y1(I,J)=Z(I,J)+Y1(I,J)
          CALL  DCINV(Y1,K1,0,L1,L2,1.D-14,    XX,PERM,NSTOP)
          RETURN
      END
      SUBROUTINE DCINV(A,N,M,N1,M1,EPS,    W,IP,NSTOP)
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
      COMPLEX*16 A,    PIVOT,W,AWK, PIVI
      REAL*8 MAX
      DIMENSION A(N1,M1), IP(N1), W(M1)
      NM = N+M
      IF ( N ) 1000,1000,100
100  CONTINUE
      IF ( N-N1 ) 110,110,1000
110  CONTINUE
      IF ( M ) 1000,120,120
120  CONTINUE
      IF ( NM-M1 ) 130,130,1000
130  CONTINUE
      IF ( EPS ) 140,150,150
140  CONTINUE
      EPS = 1.0D-14
150  CONTINUE
      EPSS = 1.0D-2*EPS
      DO 160 I=1,N
          IP(I) = 0
160  CONTINUE
      DO 270 K=1,N
          MAX = -1.0D0
          DO 190 I=1,N

```

```

IF ( IP(I) ) 170,170,190
170 CONTINUE
ABSS = CDABS(A(I,K))
IF ( MAX-ABSS ) 180,190,190
180 CONTINUE
MAX = ABSS
L = I
190 CONTINUE
IF ( MAX-EPS ) 1010,1010,200
200 CONTINUE
PIVOT = A(L,K)
IP(L) = K
PIVI = -1.0D+0/PIVOT
DO 250 J=1,NM
IF ( J-K ) 210,250,210
210 CONTINUE
AWK = A(L,J) * PIVI
IF ( CDABS(AWK)-EPSS ) 240,240,220
220 CONTINUE
DO 230 I=1,N
A(I,J) = A(I,J) + A(I,K)*AWK
230 CONTINUE
240 CONTINUE
A(L,J) = -AWK
250 CONTINUE
DO 260 I=1,N
A(I,K) = A(I,K) * PIVI
260 CONTINUE
A(L,K) = -PIVI
270 CONTINUE
DO 290 J=1,NM
DO 280 I=1,N
W(I) = A(I,J)
280 CONTINUE
DO 290 I=1,N
A( IP(I), J ) = W(I)
290 CONTINUE
IF ( N-1 ) 350,350,300
300 CONTINUE
DO 320 I=1,N
DO 310 J=1,N
W(J) = A(I,J)
310 CONTINUE
DO 320 J=1,N
A(I,J) = W( IP(J) )
320 CONTINUE
350 CONTINUE
NSTOP = 0
RETURN
1000 CONTINUE
NSTOP = 3
WRITE(6,10) N,M,N1,M1
RETURN
1010 CONTINUE
IF ( MAX ) 1011,1020,1011
1011 CONTINUE
NSTOP = 2
WRITE(6,20) K
RETURN
1020 CONTINUE
NSTOP = 1
WRITE(6,30)
10 FORMAT(1H0,'(SUBR.DCINV) INVALID ARGUMENT. N,M,N1,M1 =' ,4I5)
20 FORMAT(1H0,'(SUBR.DCINV) MATRIX IS SINGULAR AT STEP #',I5)
30 FORMAT(1H0,'(SUBR.DCINV) MATRIX IS SINGULAR.')
RETURN
END

```

5. データ STU. DAT

	1	3			24.DO	18.DO
3	3	4	2	3	24.DO	18.DO
3	3	5	2	3	24.DO	18.DO
3	3	6	2	3	24.DO	18.DO
3	3	7	2	3	24.DO	18.DO
3	3	8	2	3	24.DO	18.DO
3	3	9	2	3	24.DO	18.DO
3	3	10	2	3	24.DO	18.DO
3	3	11	2	3	24.DO	18.DO
2	3	2			24.DO	18.DO

6. STU. FOR、STU. DAT を用いた答

```

NCASE,N,ZE
1 3 .000D+00
ZG=.000000D+00 .000000D+00 ZL=.240000D+02 .180000D+02
NZYM,ICOUNT(I)
3 3 4 2
.27785D-01 .47085D+00 -.32694D+00 -.20040D+00 .32342D+00 -.19107D+00 .21466D-01 .12298D+01 .37622D-01 .10337D+00
.24267D-01 .79373D-01 .29237D+00 .95630D+00 .17452D-01 .99985D+00 .34202D+00 .93969D+00 .12741D+01 .15533D+01
.12217D+01
1 EO= 1.0000000E-01 -1.8431437E-18 1.0000000E-01 -1.0560435E-15
2 EO= -5.0000000E-02 -8.6602540E-02 1.0000000E-01 -1.2000000E+02
3 EO= -5.0000000E-02 8.6602540E-02 1.0000000E-01 1.2000000E+02
TZ= 2.402147E+01 1.922981E+01 TZA= 3.077038E+01 TZP= 3.867819E+01

3 I 1 1 .324988E-02 -38.678 SI .542101E-18 126.870 E .399735E-02 50.322 II .000000E+00 .000 3 EE .974963E-01 -1.808
4 I 3 1 .324988E-02 -38.678 SI .613317E-18 135.000 E .974963E-01 -1.808 II .324981E-02 -38.678 4 EE .812455E-12 -38.678
2 I 5 1 .812455E-21 -38.678 SI .140719E-20 -68.678 E .000000E+00 .000 II .812455E-21 -38.678 2 EE .812455E-12 -38.678

3 I 1 2 .324988E-02 -158.678 SI .000000E+00 .000 E .399735E-02 -69.678 II .000000E+00 .000 3 EE .974963E-01 -121.808
4 I 3 2 .324988E-02 -158.678 SI .000000E+00 .000 E .974963E-01 -121.808 II .324983E-02 -158.678 4 EE .812457E-12 -158.678
2 I 5 2 .162491E-20 -158.678 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .162491E-20 -158.678 2 EE .812457E-12 -158.678

3 I 1 3 .324988E-02 81.322 SI .000000E+00 .000 E .399735E-02 170.322 II .000000E+00 .000 3 EE .974963E-01 118.192
4 I 3 3 .324988E-02 81.322 SI .000000E+00 .000 E .974963E-01 118.192 II .324981E-02 81.322 4 EE .812451E-12 81.322
2 I 5 3 .243735E-20 81.322 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .243735E-20 81.322 2 EE .812451E-12 81.322
    
```

```

NCASE,N,ZE
2 3 .000D+00
ZG=.000000D+00 .000000D+00 ZL=.240000D+02 .180000D+02
NZYM,ICOUNT(I)
3 3 5 2
.27785D-01 .47085D+00 -.32694D+00 -.20040D+00 .32342D+00 -.19107D+00 .21466D-01 .12298D+01 .37622D-01 .10337D+00
.24267D-01 .79373D-01 .29237D+00 .95630D+00 .17452D-01 .99985D+00 .34202D+00 .93969D+00 .12741D+01 .15533D+01
.12217D+01
1 EO= 1.0000000E-01 -3.7035476E-19 1.0000000E-01 -2.1219765E-16
2 EO= -5.0000000E-02 -8.6602540E-02 1.0000000E-01 -1.2000000E+02
3 EO= -5.0000000E-02 8.6602540E-02 1.0000000E-01 1.2000000E+02
TZ= 2.778518E-02 4.708507E-01 TZA= 4.716698E-01 TZP= 8.662286E+01

3 I 1 1 .212013E+00 -86.623 SI .212013E+00 93.377 E .100000E+00 .000 II .000000E+00 .000 3 EE .212013E-09 -86.623
5 I 3 1 .212013E+00 -86.623 SI .212013E+00 93.377 E .000000E+00 .000 II .212013E+00 -86.623 5 EE .212013E-09 -86.623
2 I 5 1 .212013E-18 -86.623 SI .470857E-10 -36.792 E .000000E+00 .000 II .212013E-18 -86.623 2 EE .212013E-09 -86.623

3 I 1 2 .416425E-10 -130.779 SI .000000E+00 .000 E .796414E-01 -117.197 II .000000E+00 .000 3 EE .208212E-01 -130.779
5 I 3 2 .416425E-10 -130.779 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .000000E+00 .000 5 EE .208212E-01 -130.779
2 I 5 2 .416425E-10 -130.779 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .416425E-10 -130.779 2 EE .208212E-01 -130.779

3 I 1 3 .606507E-10 99.977 SI .000000E+00 .000 E .813003E-01 124.884 II .000000E+00 .000 3 EE .202169E-01 99.977
5 I 3 3 .606507E-10 99.977 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .000000E+00 .000 5 EE .202169E-01 99.977
2 I 5 3 .606507E-10 99.977 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .606507E-10 99.977 2 EE .202169E-01 99.977
    
```

```

NCASE,N,ZE
3 3 .000D+00
ZG=.000000D+00 .000000D+00 ZL=.240000D+02 .180000D+02
NZYM,ICOUNT(I)
3 3 6 2
.27785D-01 .47085D+00 -.32694D+00 -.20040D+00 .32342D+00 -.19107D+00 .21466D-01 .12298D+01 .37622D-01 .10337D+00
.24267D-01 .79373D-01 .29237D+00 .95630D+00 .17452D-01 .99985D+00 .34202D+00 .93969D+00 .12741D+01 .15533D+01
.12217D+01
    
```

1 EO= 1.0000000E-01 3.4694470E-18 1.0000000E-01 1.9878467E-15
 2 EO= -4.9999997E-02 -8.6602540E-02 9.9999998E-02 -1.2000000E+02
 3 EO= -4.9999997E-02 8.6602540E-02 9.9999998E-02 1.2000000E+02
 TZ= 5.784786E+09 1.821982E+09 TZA= 6.064930E+09 TZP= 1.748240E+01

3 I	1	1	.164882E-10	-17.482	SI	.247296E-10	-17.488	E	.844188E-01	3.364	II	.000000E+00	.000	3	EE	.164882E-01	-17.482
6 I	3	1	.164882E-10	-17.482	SI	.247239E-10	-17.492	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	6	EE	.164882E-01	-17.482
2 I	5	1	.164882E-10	-17.482	SI	.247262E-10	-17.488	E	.000000E+00	.000	II	.164882E-10	-17.482	2	EE	.164882E-01	-17.482
3 I	1	2	.129791E+00	-177.458	SI	.000000E+00	.000	E	.985393E-01	-115.312	II	.000000E+00	.000	3	EE	.825021E-02	162.533
6 I	3	2	.129778E+00	-177.458	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.129778E+00	-177.458	6	EE	.825021E-02	162.533
2 I	5	2	.165004E-10	162.533	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.165004E-10	162.533	2	EE	.825021E-02	162.533
3 I	1	3	.129791E+00	2.542	SI	.000000E+00	.000	E	.940913E-01	116.609	II	.000000E+00	.000	3	EE	.823802E-02	162.502
6 I	3	3	.129778E+00	2.542	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.129778E+00	2.542	6	EE	.823802E-02	162.502
2 I	5	3	.247141E-10	162.502	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.247141E-10	162.502	2	EE	.823802E-02	162.502

NCASE,N,ZE

4 3 .000D+00
 ZG= .000000D+00 .000000D+00 ZL= .240000D+02 .180000D+02
 NZYM,ICOUNT(I)

3	3	7	2														
.27785D-01	.47085D+00	-.32694D+00	-.20040D+00	.32342D+00	-.19107D+00	.21466D-01	.12298D+01	.37622D-01	.10337D+00								
.24267D-01	.79373D-01	.29237D+00	.95630D+00	.17452D-01	.99985D+00	.34202D+00	.93969D+00	.12741D+01	.15533D+01								
.12217D+01																	

1 EO= 1.0000000E-01 -1.4636729E-18 1.0000000E-01 -8.3862282E-16
 2 EO= -5.0000000E-02 -8.6602540E-02 1.0000000E-01 -1.2000000E+02
 3 EO= -5.0000000E-02 8.6602540E-02 1.0000000E-01 1.2000000E+02
 TZ= 2.146646E-02 1.229813E+00 TZA= 1.230000E+00 TZP= 8.900000E+01

3 I	1	1	.813008E-01	-89.000	SI	.326509E-09	18.000	E	.100000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.135501E-10	-89.000
7 I	3	1	.813008E-01	-89.000	SI	.213147E-07	-167.590	E	.271003E+00	-89.000	II	.135501E+10	91.000	7	EE	.271003E+00	91.000
2 I	5	1	.271003E-09	91.000	SI	.108401E-08	91.000	E	.000000E+00	.000	II	.271003E-09	91.000	2	EE	.271003E+00	91.000
3 I	1	2	.813008E-01	151.000	SI	.000000E+00	.000	E	.100000E+00	-120.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.268877E-10	131.893
7 I	3	2	.813009E-01	151.000	SI	.000000E+00	.000	E	.271003E+00	91.000	II	.542006E+09	-89.000	7	EE	.271003E+00	-89.000
2 I	5	2	.542006E-09	-89.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.542006E-09	-89.000	2	EE	.271003E+00	-89.000
3 I	1	3	.813008E-01	31.000	SI	.000000E+00	.000	E	.100000E+00	120.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.268877E-10	50.107
7 I	3	3	.813008E-01	31.000	SI	.000000E+00	.000	E	.271003E+00	91.000	II	.542005E+09	-89.000	7	EE	.271003E+00	-89.000
2 I	5	3	.813008E-09	-89.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.813008E-09	-89.000	2	EE	.271003E+00	-89.000

NCASE,N,ZE

5 3 .000D+00
 ZG= .000000D+00 .000000D+00 ZL= .240000D+02 .180000D+02
 NZYM,ICOUNT(I)

3	3	8	2														
.27785D-01	.47085D+00	-.32694D+00	-.20040D+00	.32342D+00	-.19107D+00	.21466D-01	.12298D+01	.37622D-01	.10337D+00								
.24267D-01	.79373D-01	.29237D+00	.95630D+00	.17452D-01	.99985D+00	.34202D+00	.93969D+00	.12741D+01	.15533D+01								
.12217D+01																	

1 EO= 1.0000000E-01 -2.6020852E-18 1.0000000E-01 -1.4908850E-15
 2 EO= -5.0000000E-02 -8.6602540E-02 1.0000000E-01 -1.2000000E+02
 3 EO= -5.0000000E-02 8.6602540E-02 1.0000000E-01 1.2000000E+02
 TZ= 3.333298E+00 8.440251E-01 TZA= 3.438496E+00 TZP= 1.420922E+01

3 I	1	1	.290825E-01	-14.209	SI	.578567E-01	164.889	E	.245463E-01	75.793	II	.000000E+00	.000	3	EE	.969416E-01	-14.209
8 I	3	1	.290825E-01	-14.209	SI	.578567E-01	164.889	E	.969416E-01	-14.209	II	.290825E-01	-14.209	8	EE	.134288E-10	-10.705
2 I	5	1	.134288E-19	-10.705	SI	.426572E-19	-174.987	E	.000000E+00	.000	II	.134288E-19	-10.705	2	EE	.134288E-10	-10.705
3 I	1	2	.298049E-01	-74.188	SI	.000000E+00	.000	E	.246276E-01	-38.595	II	.000000E+00	.000	3	EE	.993497E-01	-134.188
8 I	3	2	.298049E-01	-74.188	SI	.000000E+00	.000	E	.993497E-01	-134.188	II	.298049E-01	-74.188	8	EE	.874299E-11	-56.084
2 I	5	2	.174860E-19	-56.084	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.174860E-19	-56.084	2	EE	.874299E-11	-56.084

```

3 I 1 3 .284910E-01 46.693 SI .000000E+00 .000 E .231353E-01-169.125 II .000000E+00 .000 3 EE .949700E-01 106.693
8 I 3 3 .284910E-01 46.693 SI .000000E+00 .000 E .949700E-01 106.693 II .284910E-01 46.693 8 EE .949701E-11 46.693
2 I 5 3 .284910E-19 46.693 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .284910E-19 46.693 2 EE .949701E-11 46.693

```

```

NCASE,N,ZE
6 3 .000D+00
ZG=.000000D+00 .000000D+00 ZL=.240000D+02 .180000D+02
NZYM,ICOUNT(I)
3 3 9 2
.27785D-01 .47085D+00 -.32694D+00 -.20040D+00 .32342D+00 -.19107D+00 .21466D-01 .12298D+01 .37622D-01 .10337D+00
.24267D-01 .79373D-01 .29237D+00 .95630D+00 .17452D-01 .99985D+00 .34202D+00 .93969D+00 .12741D+01 .15533D+01
.12217D+01
1 EO= 1.000000E-01 -1.7347235E-18 1.000000E-01 -9.9392334E-16
2 EO= -5.000000E-02 -8.6602540E-02 1.000000E-01 -1.200000E+02
3 EO= -5.000000E-02 8.6602540E-02 1.000000E-01 1.200000E+02
TZ= 3.341182E+00 8.710289E-01 TZA= 3.452852E+00 TZP= 1.461150E+01

```

```

3 I 1 1 .289616E-01 -14.611 SI .294659E-01 -12.524 E .252274E-01 74.872 II .000000E+00 .000 3 EE .965385E-01 -14.611
9 I 3 1 .289616E-01 -14.611 SI .294659E-01 -12.524 E .965385E-01 -14.611 II .289616E-01 -14.611 9 EE .205992E-11 -18.227
2 I 5 1 .205992E-20 -18.227 SI .535162E-19 -13.535 E .000000E+00 .000 II .205992E-20 -18.227 2 EE .205992E-11 -18.227

3 I 1 2 .284956E-01 166.968 SI .000000E+00 .000 E .226805E-01 -49.206 II .000000E+00 .000 3 EE .949854E-01-133.032
9 I 3 2 .284956E-01 166.968 SI .000000E+00 .000 E .949854E-01-133.032 II .284957E-01 166.968 9 EE .128231E-10 166.702
2 I 5 2 .256462E-19 166.702 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .256462E-19 166.702 2 EE .128231E-10 166.702

3 I 1 3 .299245E-01 165.939 SI .000000E+00 .000 E .244494E-01-157.615 II .000000E+00 .000 3 EE .997484E-01 105.939
9 I 3 3 .299245E-01 165.939 SI .000000E+00 .000 E .997484E-01 105.939 II .299245E-01 165.939 9 EE .997484E-11 165.939
2 I 5 3 .299245E-19 165.939 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .299245E-19 165.939 2 EE .997484E-11 165.939

```

```

NCASE,N,ZE
7 3 .000D+00
ZG=.000000D+00 .000000D+00 ZL=.240000D+02 .180000D+02
NZYM,ICOUNT(I)
3 3 10 2
.27785D-01 .47085D+00 -.32694D+00 -.20040D+00 .32342D+00 -.19107D+00 .21466D-01 .12298D+01 .37622D-01 .10337D+00
.24267D-01 .79373D-01 .29237D+00 .95630D+00 .17452D-01 .99985D+00 .34202D+00 .93969D+00 .12741D+01 .15533D+01
.12217D+01
1 EO= 1.000000E-01 -1.8626451E-09 1.000000E-01 -1.0672171E-06
2 EO= -5.000000E-02 -8.6602539E-02 9.9999999E-02 -1.200000E+02
3 EO= -5.000000E-02 8.6602543E-02 1.000000E-01 1.200000E+02
TZ= 1.255355E+00 1.617400E+00 TZA= 2.047413E+00 TZP= 5.218296E+01

```

```

3 I 1 1 .488421E-01 -52.183 SI .135946E-09 -66.560 E .581312E-01 51.449 II .000000E+00 .000 3 EE .783173E-01 -35.484
10 I 3 1 .488421E-01 -52.183 SI .135946E-09 -66.560 E .000000E+00 .000 II .488421E-01 -52.183 10 EE .783173E-01 -35.484
2 I 5 1 .783173E-10 -35.484 SI .135946E-09 -66.560 E .000000E+00 .000 II .783173E-10 -35.484 2 EE .783173E-01 -35.484

3 I 1 2 .371684E-01-144.756 SI .000000E+00 .000 E .577780E-01 -66.038 II .000000E+00 .000 3 EE .808697E-01-155.291
10 I 3 2 .371684E-01-144.756 SI .000000E+00 .000 E .371684E-01-144.756 10 EE .808697E-01-155.291
2 I 5 2 .161739E-09-155.291 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .161739E-09-155.291 2 EE .808697E-01-155.291

3 I 1 3 .600336E-01 89.610 SI .000000E+00 .000 E .601429E-01 172.993 II .000000E+00 .000 3 EE .798563E-01 83.028
10 I 3 3 .600336E-01 89.610 SI .000000E+00 .000 E .600336E-01 89.610 10 EE .798563E-01 83.028
2 I 5 3 .239569E-09 83.028 SI .000000E+00 .000 E .000000E+00 .000 II .239569E-09 83.028 2 EE .798563E-01 83.028

```

```

NCASE,N,ZE
8 3 .000D+00
ZG=.000000D+00 .000000D+00 ZL=.240000D+02 .180000D+02
NZYM,ICOUNT(I)
3 3 11 2
.27785D-01 .47085D+00 -.32694D+00 -.20040D+00 .32342D+00 -.19107D+00 .21466D-01 .12298D+01 .37622D-01 .10337D+00
.24267D-01 .79373D-01 .29237D+00 .95630D+00 .17452D-01 .99985D+00 .34202D+00 .93969D+00 .12741D+01 .15533D+01
.12217D+01

```

1 EO= 1.0000000E-01 -3.3339217E-18 1.0000000E-01 -1.9101964E-15
 2 EO= -5.0000000E-02 -8.6602540E-02 1.0000000E-01 -1.2000000E+02
 3 EO= -5.0000000E-02 8.6602540E-02 1.0000000E-01 1.2000000E+02
 TZ= 2.146646E-02 1.229813E+00 TZA= 1.230000E+00 TZP= 8.900000E+01

3 I	1 1	.813008E-01	-89.000	SI	.368285E-15	-132.709	E	.100000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3 EE	.203252E-10	-89.000
11 I	3 1	.813008E-01	-89.000	SI	.241134E-07	106.724	E	.000000E+00	.000	II	.813008E-01	-89.000	11 EE	.203252E-10	-89.000
2 I	5 1	.203252E-19	-89.000	SI	.352042E-19	-119.000	E	.000000E+00	.000	II	.203252E-19	-89.000	2 EE	.203252E-10	-89.000
3 I	1 2	.813008E-01	151.000	SI	.000000E+00	.000	E	.100000E+00	-120.000	II	.000000E+00	.000	3 EE	.203252E-10	151.000
11 I	3 2	.813008E-01	151.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.813008E-01	151.000	11 EE	.203252E-10	151.000
2 I	5 2	.406504E-19	151.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.406504E-19	151.000	2 EE	.203252E-10	151.000
3 I	1 3	.813008E-01	31.000	SI	.000000E+00	.000	E	.100000E+00	120.000	II	.000000E+00	.000	3 EE	.203252E-10	31.000
11 I	3 3	.813008E-01	31.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.813008E-01	31.000	11 EE	.203252E-10	31.000
2 I	5 3	.609756E-19	31.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.609756E-19	31.000	2 EE	.203252E-10	31.000

NCASE,N,ZE

9 3 .000D+00
 ZG= .000000D+00 .000000D+00 ZL= .240000D+02 .180000D+02
 NZYM,ICOUNT(I)

2	3	2	.27785D-01	.47085D+00	-.32694D+00	-.20040D+00	.32342D+00	-.19107D+00	.21466D-01	.12298D+01	.37622D-01	.10337D+00
2	3	2	.24267D-01	.79373D-01	.29237D+00	.95630D+00	.17452D-01	.99985D+00	.34202D+00	.93969D+00	.12741D+01	.15533D+01
2	3	2	.12217D+01									

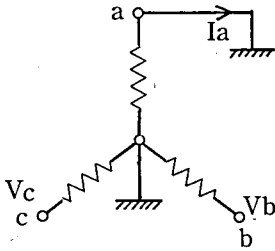
1 EO= 1.0000000E-01 -3.8774091E-26 1.0000000E-01 -2.2215918E-23
 2 EO= -5.0000000E-02 -8.6602540E-02 1.0000000E-01 -1.2000000E+02
 3 EO= -5.0000000E-02 8.6602540E-02 1.0000000E-01 1.2000000E+02
 TZ= 1.000000E+09 2.364400E+00 TZA= 1.000000E+09 TZP= 1.354702E-07

3 I	1 1	.100000E-09	.000	SI	.173205E-09	-30.000	E	.236448E-09	89.542	II	.000000E+00	.000	3 EE	.100000E+00	.000
2 I	3 1	.100000E-09	.000	SI	.173205E-09	-30.000	E	.000000E+00	.000	II	.100000E-09	.000	2 EE	.100000E+00	.000
3 I	1 2	.200000E-09	-120.000	SI	.000000E+00	.000	E	.246751E-09	-30.675	II	.000000E+00	.000	3 EE	.100000E+00	-120.000
2 I	3 2	.200000E-09	-120.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.200000E-09	-120.000	2 EE	.100000E+00	-120.000
3 I	1 3	.300000E-09	120.000	SI	.000000E+00	.000	E	.254842E-09	-151.817	II	.000000E+00	.000	3 EE	.100000E+00	120.000
2 I	3 3	.300000E-09	120.000	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.300000E-09	120.000	2 EE	.100000E+00	120.000

NCASE,N,ZE
0 0 .000D+00

(参考)

3相発電機の基本式は次の(1)式のように書ける。
〔東京都立科学技術大学での電気回路論講義(井戸川)〕



$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_a \\ a^2 E_a \\ a E_a \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} STU \\ UST \\ TUS \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで V_a, V_b, V_c はそれぞれ発電機の a 相、b 相、c 相の端子電圧、 I_a, I_b, I_c は、それぞれ a 相、b 相、c 相の電流、他の文字は前述してある。

a 相地絡の場合は $V_a=0, I_b=I_c=0$ であるから、これを(1)式に代入して

$$0 = E_a - S I_a \quad (2)$$

$$V_b = a^2 E_a - U I_a \quad (3)$$

$$V_c = a E_a - T I_a \quad (4)$$

(2)式より
$$I_a = \frac{E_a}{S} = \frac{3E_a}{Z_{g0} + Z_{g1} + Z_{g2}}$$

(3)式に代入して
$$V_b = a^2 E_a - \frac{U}{S} E_a = \frac{(a^2 - 1)Z_{g0} + (a^2 - a)Z_{g2}}{Z_{g0} + Z_{g1} + Z_{g2}} E_a$$

(4)式に代入して
$$V_c = a E_a - \frac{T}{S} E_a = \frac{(a - 1)Z_{g0} + (a - a^2)Z_{g2}}{Z_{g0} + Z_{g1} + Z_{g2}} E_a$$

数値例：0.1kV、10kVA の 3 相発電機で $Z_{g0}=0.083 \Omega / 73^\circ$ 、 $Z_{g1}=1.23 \Omega / 89^\circ$ 、 $Z_{g2}=0.11 \Omega / 70^\circ$ の場合、b 相の電圧 V_b は初めの $a^2 E_a$ よりも $\frac{U}{S} E_a$ だけ降下する。

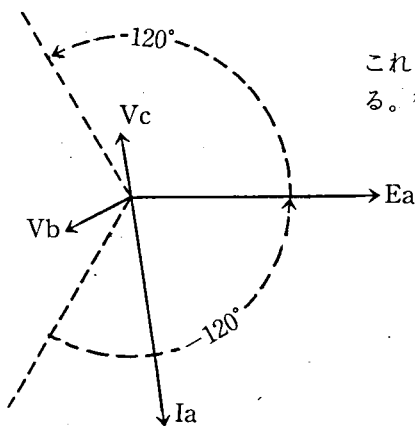
$$V_b = 0.208 \sqrt{130.6^\circ} E_a, V_c = 0.2025 \sqrt{100.3^\circ} E_a, I_a = 2.12 \sqrt{86.5^\circ} E_a, \text{ 定格電圧 } |E_a| = 0.1 \text{ kV} / \sqrt{3}$$

$$\therefore |I_a| = 2.12 \frac{0.1 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = \frac{212}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

$$3|E_a||I_a'| = 10 \text{ kVA}, \text{ 定格電流 } |I_a'| = \frac{10 \text{ kVA}}{3 \cdot \frac{0.1}{\sqrt{3}} \text{ kV}} = \frac{100}{\sqrt{3}} \text{ [A]}$$

故に a 相電流 $|I_a|$ は定格 $|I_a'|$ の 2.12 倍流れる。

a 相地絡では V_c の方が V_b より低くなり、位相も多く遅れる。



これらは第3図の高導体はしご形回路理論を用いた答と合致している。従って以後、本論文の手法を用いることが便利である。

(いどがわ いさお 教授)
(1993. 2. 15 受付)