

# 簡潔な相変換変圧器の多導体はしご形回路理論による解法

## Analysis of Simple Phase Transpose Transformer by Multi Conductor Ladder Type Circuit Theory

井戸川 功 雄

Isao Idogawa

キーワード：

相変換、変圧器、SPTT、はしご形、  
多導体、SCOTT、中性点、接地、簡潔

### 1. はじめに

機器類は目的を達成出来るなら簡潔な程良い。  
3相電圧を互いに直角な位相を持つ2相電圧に変換し、2相の各相にインピーダンスの同じ負荷をつなげば3相が平衡を保つことは知られていて、そのための簡潔な装置としてスコット変圧器 (SCOTT) が発明されている。しかし、文献<sup>1)</sup>で指摘したようにスコット変圧器の1次側中性点は接地することは出来ない。接地すると、平衡であった3相が不平衡となり、接地大電流が流れるからである。結局、接地の必要な超高压系統などでの電圧低減には向かない。そこで、3相電源と変圧器の1次側は、3相平衡も保ちやすい普通のY-Y接続として、変圧器の1次中性点も接地出来るようにし、2次側は以下のように設計すれば、この難点を解消出来て大層簡潔な相変換変圧器となる。

本論文で多導体はしご形回路理論<sup>2)</sup>によるその設計法を丁寧に述べる。

以後、この簡潔な相変換変圧器を記述の簡潔化のためにSPTTとする。

### 2. 設計法

3相の平衡を保ったままの2相を作る簡素な考えとして、変圧器の1次側スター結線に対し出来るだけ同形を保つように2次側もスターの形を保って負荷をつなぎたいが、負荷は3つでなく2つ

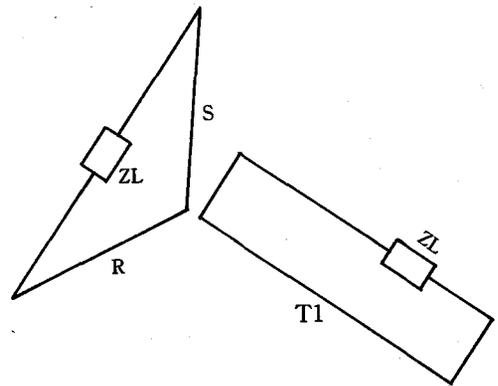


図1 2次側

2つの負荷は同一で、同じ大きさの電流が流れねばならぬのでそれに合せてT相の電圧はR相やS相の大きさの $\sqrt{3}$ 倍である必要がある。従ってT1と書いた。ZLは負荷。

なので図1のようにすれば互いに直角な位相をもつ2相は作り得る。ここで、両負荷電流および電圧の大きさは等しくしなければならないので、T相電圧をR相とS相間電圧と同じ大きさ、つまりR相電圧の $\sqrt{3}$ 倍にする必要がある。しかしこれでは、1次側の3相が大きく不平衡になることが計算して分かる。これは、以下に述べるdの追求の際の $d=0$ のときに当たる(表5、図7参照)。従って、次に単純な形として上の図1を改良してT相にR相、S相の成分を相互誘導により取り込んでみる。変圧器は静止器で、回転機のサイクリック・インピーダンスのように相互誘導が非対称ではないので同じ大きさで取り込むべきで、しかもその合成終点はT相の延長上にあるべきなので図2が作られる。

ここで、T相に取り込むR相、S相分の割合dが0から1までのどんな値かを定める必要がある。

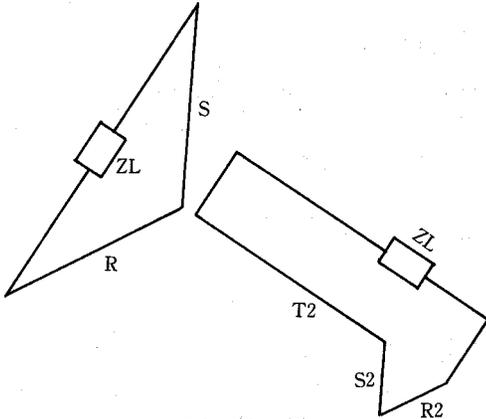


図2 2次側

図1の2次側T相分にR相、S相成分を取り込んだ図。

T2、S2、R2はT、S、R相電圧のそれぞれ何パーセントかである。

従って図3のようにdとhとを導入する。ここでhは、負荷電圧と1次電圧との比に近い値である。つまりhは初めに負荷電圧と1次電圧との比にしておき、それをを用いて図3を多導体はしご形にな

おした図4を使い、3相が平衡するようにdを変化させて行き平衡したときの負荷電流で先のhを除し、その値を新しいhとして再計算し、負荷電流が望みの値でなければその負荷電流でhを除し、と繰り返して、負荷電流が望みの値になれば、設計完了とする。

### 3. 多導体はしご形回路の形に画くときの手順

図3の線上の矢印は電流方向を表すが、その方向は初めに任意に決定すればよいのであるから、次のように進める。

(1) まず、1次側R、S、T相つまり導体番号1、2、3は、発電機から電流を受取るとみて、図3の向きとする。

(2) 多導体はしご形回路では、各導体電流は右向きに統一して書き、図4で両負荷共に右側に来るように、つまり図4で第4、第5導体の電流矢印の先の間に負荷アドミタンス  $YLA=1/ZLLA$

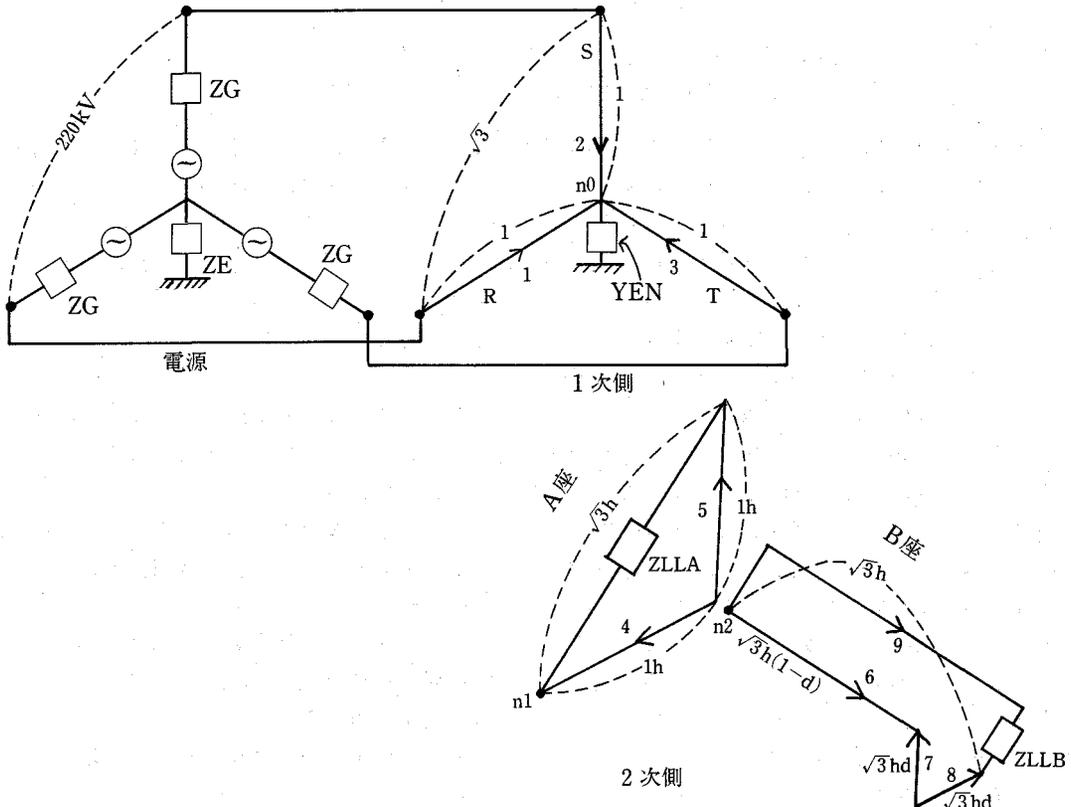


図3 簡潔な相変換変圧器 (SPTT)

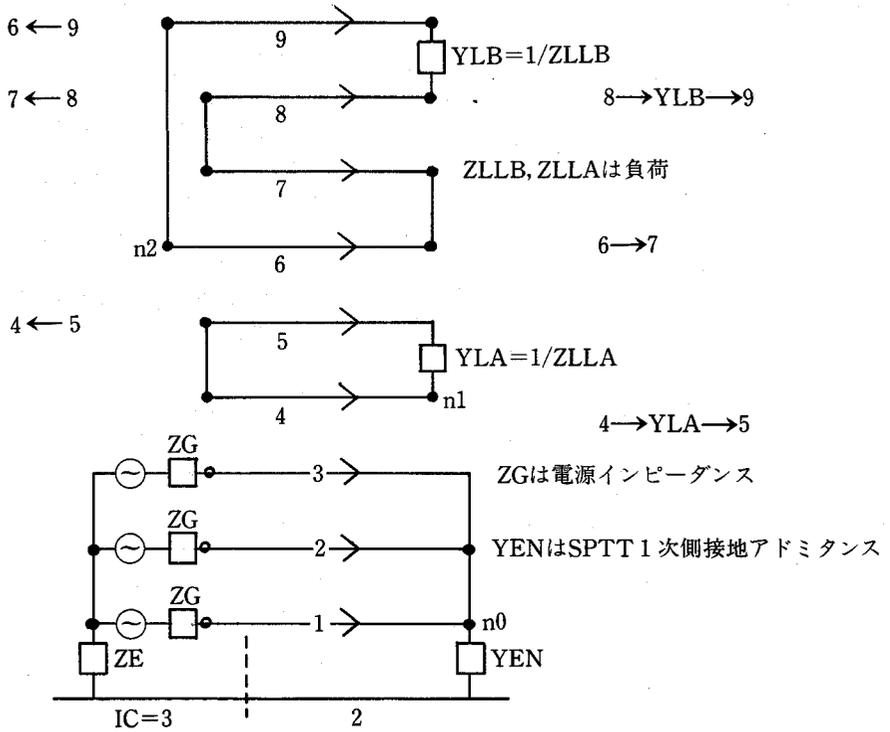


図4 SPTTを多導体はしご形で画いた図

図4の電流矢印のどれかは計算結果の電流位相をみて実際の電流の流れを見やすく逆向きにつけることになる。

が、第8、第9導体の矢印の先の間に  $YLB=1/ZLLB$  が来るようにする。何故なら、いずれ他の回路が繋がれるときは、その回路の右端から合成されて来たアドミタンスを負荷  $YLA, YLB$  の在る点に連結することになるからである。

(3)すると、図3に戻って第4、第5、第8、第9導体の矢印の向きが決まり、その他の節点の電流は図4の多導体はしご形回路でそれぞれを接続させるために必要になるインピーダンス零の新導体の数が最少になるように  $IC=2$  なる横に分割された区分の右端または  $IC=3$  なる区分の端に、しかも出来るだけ近い点同志に横に（多導体での横とは導体が左右にのびている方向と直角方向のことを言う）接続線（無限大のかわりの大きなアドミタンス）が画き得るように図3の各節点には電流は入は入、出は出の向きに画く。すると図3のような第7、第6、第9の電流の向きとなる。これは多導体回路で画くと図4となる。

(4) 具体的結線の図5を描くにはまず第1、2、

3導体であるR、S、T相の電流向きを図6のような磁束と電流右ねじ関係とし、相互誘導のある第1、4、8を第1の鉄芯に、第2、5、7を第2の鉄芯へ、第3、6を第3の鉄芯に巻いた後、図3の矢印の向きは磁束の向きをも表わすとして、それに応じて図5のように各コイルの電流に矢印をつける。

(5) 図3をつないで行けば図5の結線ができる。例えば第4の電流の出口と第5の電流の出口とを結ぶなどである。

(6) 図5を多導体回路に画くと図4となる。

(7) 図4のアドミタンス行列、インピーダンス行列を書くと表1、表2となる。

インピーダンス行列  $Z_{ij} (i=1,9, j=1,9)$  と電圧行列  $E_i, E_j$  とは  $E_{ij} \propto E_i \cdot E_j$  であることを用いると簡単に求まる。

(8) これを用いてプログラムを作ると、表3となる。

(9) 接地したいときは、その点  $(i, i)$  の  $Y_{ii}$  に

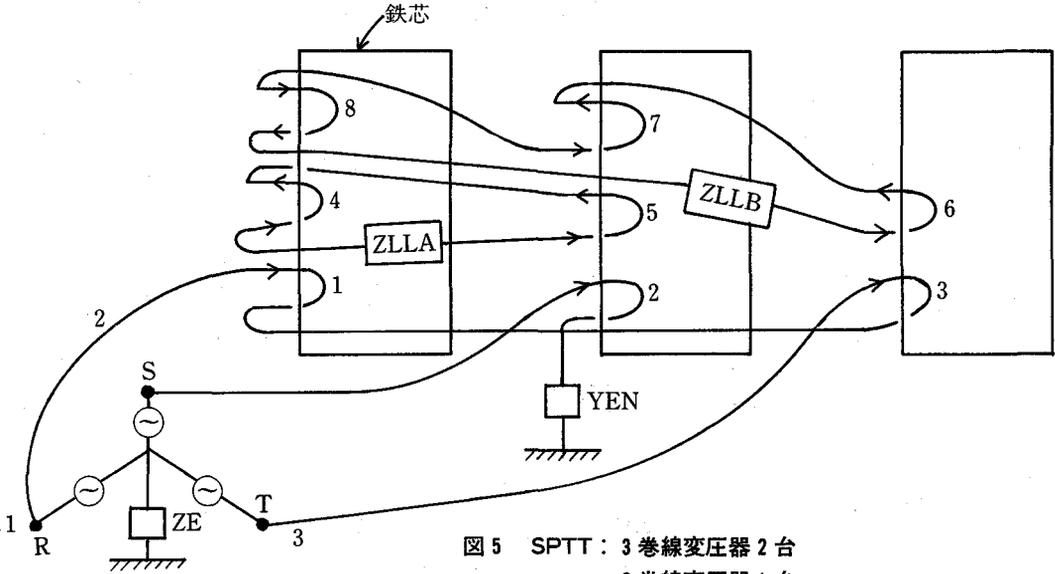


図5 SPTT：3巻線変圧器2台  
2巻線変圧器1台  
の各コイルの結線

コイル4は1に比べ図3から逆磁界つまり逆巻き。  
同じく5と2、7と2、6と3も逆巻き。8と1とは  
同方向磁界。

そのように図5にコイルの巻き向きを明記し、図3  
に従って結線すると図5となる。

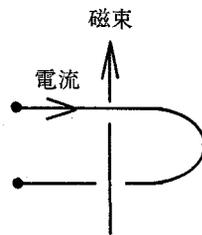


図6 磁束の向きと電流の向きの右ネジ関係

表1 IC=2 部分のインピーダンス行列  $(Z_2)_{9,9}$

	1	2	3	$\bar{4}$	$\bar{5}$	$\bar{6}$	$\bar{7}$	8	9
1	ZM			$-Z_0 \cdot h$				$\sqrt{3} Z_0 \cdot d \cdot h$	
2		ZM			$-Z_0 \cdot h$		$-\sqrt{3} Z_0 \cdot d \cdot h$		
3			ZM			$-\sqrt{3} Z_0(1-d) \cdot h$			
-4				$ZM \cdot h^2$				$-\sqrt{3} Z_0 \cdot d \cdot h^2$	
-5					$ZM \cdot h^2$		$\sqrt{3} Z_0 \cdot d \cdot h^2$		
-6						$3ZM(1-d)^2 \cdot h^2$			
-7							$3ZM \cdot d^2 \cdot h^2$		
8								$3ZM \cdot d^2 \cdot h^2$	
9									0

Z<sub>0</sub>: 相互インピーダンス  
= 励磁インピーダンス

ZM: 自己インピーダンス  
= もれインピーダンス + Z<sub>0</sub>

表2 IC=2 部分のアドミタンス行列  $\{Y_2\}_{9,9}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\frac{2G+}{YEN/3}$	$-G$	$-G$						
2	$-G$	$\frac{2G+}{YEN/3}$	$-G$						
3	$-G$	$-G$	$\frac{2G+}{YEN/3}$						
4				$\frac{1}{ZLLA}$	$\frac{-1}{ZLLA}$				
5				$\frac{-1}{ZLLA}$	$\frac{1}{ZLLA}$				
6						$G$	$-G$		
7						$-G$	$G$		
8								$\frac{1}{ZLLB}$	$\frac{-1}{ZLLB}$
9								$\frac{-1}{ZLLB}$	$\frac{1}{ZLLB}$

$\{Y_3\}_{9,9}$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2									
3									
4				$G$	$-G$				
5				$-G$	$G$				
6						$G$			$-G$
7							$G$	$-G$	
8							$-G$	$G$	
9						$-G$			$G$

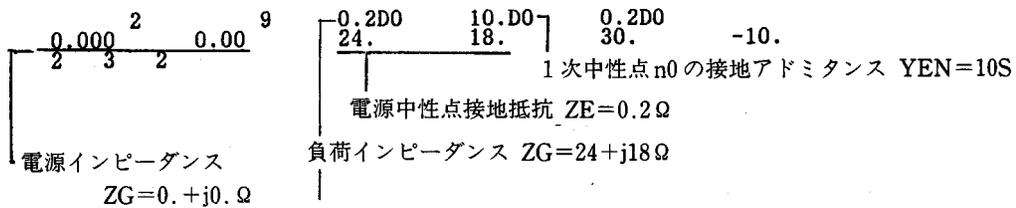
表3 プログラム SPTT.FOR

```

C SIMPLE PHASE TRANSFORM TRANSFORMER 1992.12 BY IDOGAWA
CALL MOTOSC
STOP
END
CCC*****
SUBROUTINE ZYME(N,IC,ZL,Z,Y,IZM,ZLL,ZLLL,YEN,YTM,ZM,L1,L2,P)
IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
COMPLEX*16 Z(L1,L2),Y(L1,L1),ZL,ZM,ZO,ZMORE,ZLLL
DO 9000 J=1,N+1
DO 9000 I=1,N
9000 Z(I,J)=(0.D0,0.0D0)
DO 9003 J=1,N
DO 9003 I=1,N
9003 Y(I,J)=(0.D0,0.0D0)
IZM=1
G=1.D9
GO TO (100,200,300),IC
100 RETURN
200 ZMORE=(0.1D0,0.6D0)
PI=3.1415926535897932D0
THETA=PI/180.D0*88.D0
DS3=DSQRT(3.D0)
ZO=7000.D0*DCMPLX (DCOS(THETA), DSIN(THETA))
ZM=ZMORE+ZO
C H12=30./220. H12修正あり。n0,n1,n2点を10(S)で接地。
C H12=30./220./0.999697
C DDD=0.
C DDD=0.5/3.
C DDD=1.0/3.
C DDD=1.5/3.
C DDD=2.0/3.
C DDD=2.5/3.
C DDD=3.0/3.
    
```

プログラムは以下省略

表4 データ SPTT.DAT



接地アドミタンスを加えておけばすむ。

多導体はしご形手法では、物体が存在すれば必ず物体間は勿論、対地にアドミタンスが生じていることを取り入れてあるので、普通の回路計算では困難な接地問題を手軽に扱うことができる。

この簡潔相変換器図3のどの1点を接地しても危険はない。しかし、3相電源の中性点と変圧器1次Yの中性点とは同時に接地してもさしつかえないが、変圧器コイルの両端接地などは短絡接地となり、大電流が生じて危険であることは言うまでもない。

#### 4. dの決定

プログラム表3、データ表4を用いdを0から1まで変化してR相、S相、T相の電流が平衡するdの値を求めて行くと表5を得る。

これをグラフに画くと図7となり、R相、S相、T相の曲線の交点が  $d=1./3.$  で、それぞれの電流は互いに  $120^\circ$  の位相差をもち159. アンペアと求まる。

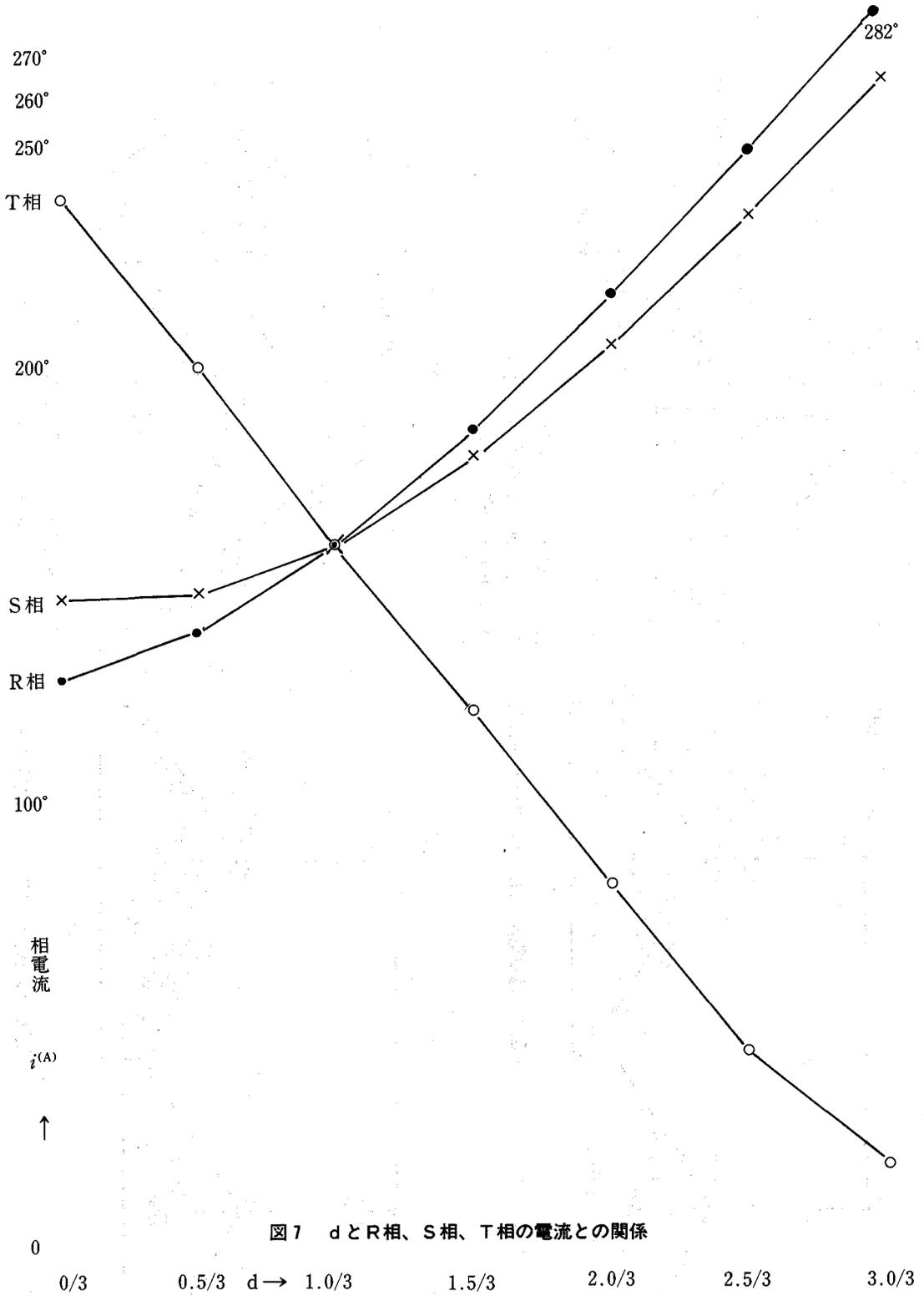
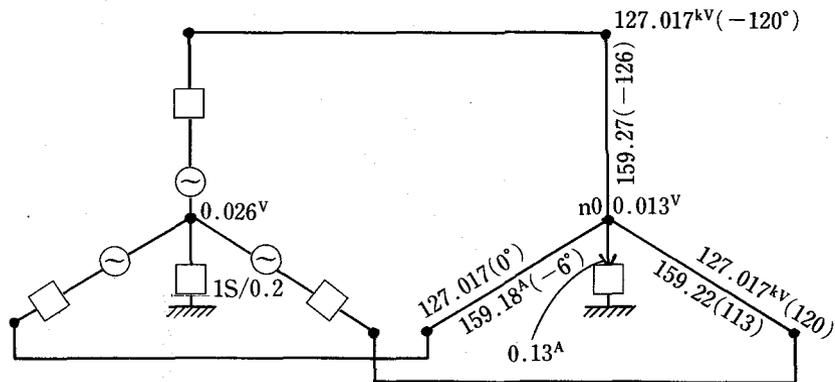
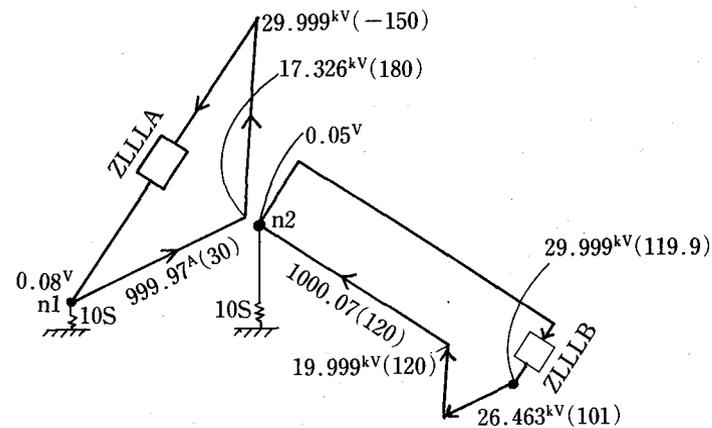


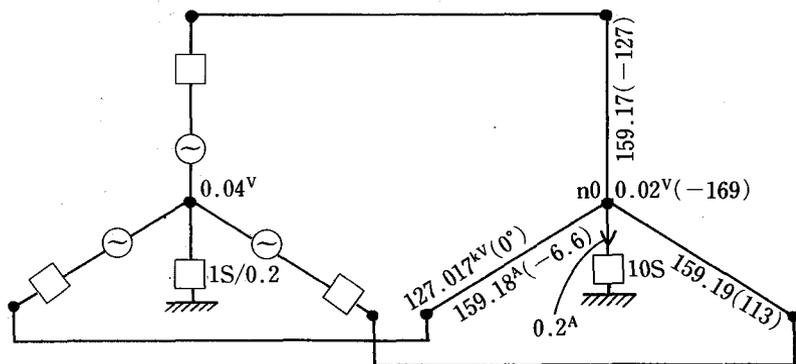
図7 dとR相、S相、T相の電流との関係



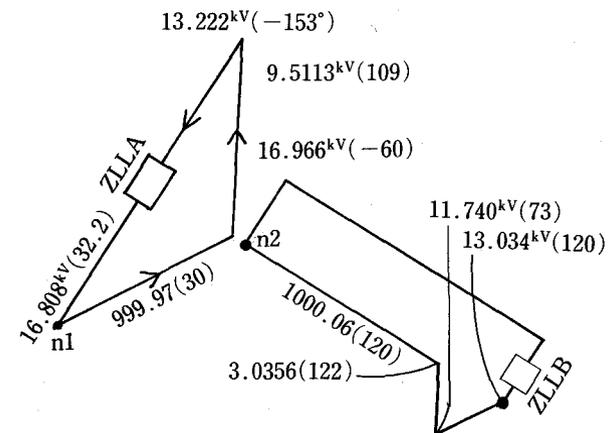
・図9 電位電流  $H_{12}=30/220/0.999697$



n0, n1, n2 点 10[S] で接地  
1次中性点 n0 の接地電流は 0.13A  
電位は 0.013V と微少である



・図10 電位電流  $H_{12}=30/220/0.999697$



n0 点 10S で接地、n1、n2 点は接地せず  
1次中性点 n0 の接地電流は 0.2A  
電位は 0.02V と微少である。

表 5  $h=30^{\text{kV}}/220^{\text{kV}}$  のとき  
d を変化したときの R 相、S 相、T 相の電流変化

SPTT・FOR  
SPTT・DAT

相	d	0/3	0.5/3	1.0/3	1.5/3	2.0/3	2.5/3	3.0/3
R相		128.806 <sup>A</sup> (22.766°)	139.273 (6.610)	159.094 (-6.637)	185.209 (-16.436)	215.293 (-23.688)	247.795 (-29.177)	281.791 (-33.266)
S相		146.763 (-156.096)	147.867 (-140.759)	159.128 (-126.624)	178.358 (-114.970)	203.781 (-106.058)	232.864 (-99.014)	264.447 (-93.757)
T相		237.309 (115.494)	198.135 (114.721)	159.152 (113.354)	119.999 (111.243)	43.279 (106.806)	43.925 (95.401)	18.164 (32.000)

## 5. 計算例

前節で求めた d と 2 節で求めた h とを用い表 3 のプログラム、表 4 のデータを使用して n0 点は 10[S] で接地し、例えば図 3 での第 4 コイルの電流の出口 n1 と第 6 コイルの電流の入口 n2 を 10[S] で接地した正常負荷時の各部の電位電流例が表 6 で、それを多導体はしご形図中に書き入れたのが図 8、それを SPTT: 図 3 に記入したのが図 9 であり n1、n2 点接地を取り止めたときの電位電流値が表 7 で図にしたのが図 10 であり、n1、n2 点接地で ZLLA 負荷が短絡した case を表 8、ZLLB 負荷が短絡した case を表 9 に示す。これをみると SPTT は短絡故障しても 1 次中性点接地電流は殆ど流れず、また、A 座と B 座とは互いにほとんど影響を受けない性格であることが分かる。文献<sup>4)</sup>ではその導出法や、文献<sup>5)</sup>でシミュレータを作って究明した諸性格が知られているかは明らかでないが、この SPTT では前者の 2 次側半分と 3 次側全部を撤去したことに当たり、最も簡潔な変圧器として、スコット変圧器等のかわりに役立つものと思われる。

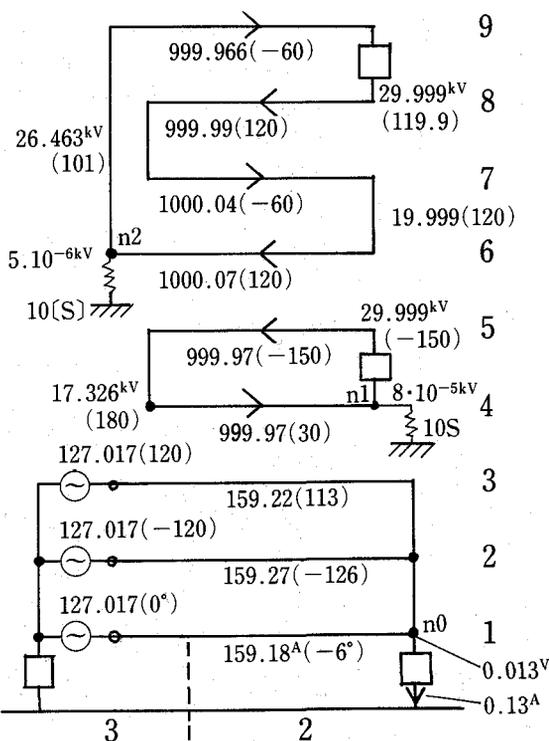


図 8 多導体形に記入した電位電流  
H12=30/220/0.999697  
n0, n1, n2点10[S]で接地

表6 正常負荷時の電圧電流

NCASE, N, ZE, YEN, YTM  
 2 9 .200D+00 .100D+02 .200D+00  
 ZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= -10.00000 H12修正した  
 NZYM, ICOUNT(I)  
 2 3 2  
 ZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= .00000 H12=30/220/0.999697  
 ZLL= .30000D+02 .00000D+00 COSPHI= .10000D+01 n0, n1, n2 点10(S)で接地

1	EO=	1.2701706E+02	-5.6000917E-07	1.2701706E+02	-2.5261301E-07															
2	EO=	-6.3508529E+01	-1.1000000E+02	1.2701706E+02	-1.2000000E+02															
3	EO=	-6.3508529E+01	1.1000000E+02	1.2701706E+02	1.2000000E+02															
4	EO=	-1.7326067E+01	2.3382582E-02	1.7326083E+01	1.7992268E+02															
5	EO=	-1.7326067E+01	2.3382582E-02	1.7326083E+01	1.7992268E+02															
6	EO=	2.5625409E-06	-4.5517413E-06	5.2235012E-06	-6.0621343E+01															
7	EO=	-4.9637871E+00	2.5993344E+01	2.6463052E+01	1.0081125E+02															
8	EO=	-4.9637871E+00	2.5993344E+01	2.6463052E+01	1.0081125E+02															
9	EO=	2.5620422E-06	-4.5508745E-06	5.2225013E-06	-6.0621446E+01															
TZ=		7.925882E+02	9.205725E+01	TZA= 7.979164E+02	TZP= 6.625084E+00															

3 I	1	1	.159186E+00	-6.625 SI	.434122E-05	-40.165 E	.000000E+00	.000 II	.000000E+00	.000	3 EE	.127017E+03	.000								
2 I	3	1	.159175E+00	-6.584 SI	.928744E-03	-96.143 E	.127017E+03	.000 II	.153090E+00	48.211	2 EE	.130889E-04	22.837								
3 I	1	2	.159186E+00	-126.624 SI	.000000E+00	.000 E	.000000E+00	.000 II	.000000E+00	.000	3 EE	.127017E+03	-120.000								
2 I	3	2	.159207E+00	-126.674 SI	.000000E+00	.000 E	.127017E+03	-120.000 II	.481776E+00	124.048	2 EE	.130888E-04	22.838								
3 I	1	3	.159192E+00	113.376 SI	.000000E+00	.000 E	.000000E+00	.000 II	.000000E+00	.000	3 EE	.127017E+03	120.000								
2 I	3	3	.158974E+00	113.314 SI	.000000E+00	.000 E	.127017E+03	120.000 II	.540024E+00	-71.892	2 EE	.130888E-04	22.836								
3 I	1	4	.690199E-17	-29.115 SI	.797916E+03	6.625 E	.690199E-14	-29.115 II	.999988E+00	-150.086	3 EE	.173261E+02	179.923								
2 I	3	4	.100040E+01	29.956 SI	.797973E+03	6.584 E	.173261E+02	179.923 II	.100040E+01	29.956	2 EE	.836729E-04	88.850								
3 I	1	5	.228890E-16	-23.723 SI	.797916E+03	6.624 E	.228890E-13	-23.723 II	.999988E+00	29.914	3 EE	.173261E+02	179.923								
2 I	3	5	.999983E+00	-150.085 SI	.797812E+03	6.674 E	.173149E+02	59.929 II	.999983E+00	-150.085	2 EE	.299990E+02	-150.085								
3 I	1	6	.265271E-20	61.472 SI	.797886E+03	6.624 E	.265271E-17	61.472 II	.100002E+01	-60.085	3 EE	.522350E-05	-60.621								
2 I	3	6	.998519E+00	119.862 SI	.798979E+03	6.686 E	.199993E+02	-60.084 II	.104656E+01	119.338	2 EE	.199993E+02	119.916								
3 I	1	7	.123683E-16	-164.603 SI	.434122E-05	139.835 E	.123683E-13	-164.603 II	.999997E+00	119.915	3 EE	.264631E+02	100.811								
2 I	3	7	.998493E+00	-60.138 SI	.130889E-03	22.837 E	.100038E+02	59.944 II	.104654E+01	-60.662	2 EE	.199993E+02	119.916								
3 I	1	8	.134058E-16	-148.573 SI	.999990E-09	29.914 E	.134058E-13	-148.573 II	.999997E+00	-60.085	3 EE	.264631E+02	100.811								
2 I	3	8	.999991E+00	119.916 SI	.299990E+02	-150.085 E	.999739E+01	-.050 II	.999991E+00	119.916	2 EE	.299990E+02	119.916								
3 I	1	9	.261664E-20	-33.610 SI	.264631E+02	-79.189 E	.261664E-17	-33.610 II	.999971E+00	119.915	3 EE	.522250E-05	-60.621								
2 I	3	9	.999967E+00	-60.084 SI	.299990E+02	-60.084 E	.000000E+00	.000 II	.999967E+00	-60.084	2 EE	.522250E-05	-60.621								

n0点電位 = 0.013V (22.8°)  
 n1点電位 = 0.083V (88.8°)  
 n2点電位 = 0.005V (-60.6°)

n0点接地電流 = 0.13A(22.8°)と微小

ZLLBの電流 (正常1kA)  
 ZLLAの電流 (正常1kA)  
 R,S,T相の電流 (よく平衡している)

表7 正常負荷時の電圧電流

NCASE,N,ZE,YEN,YTM  
 2 9 .200D+00 .100D+02 .200D+00  
 ZG=.00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= -10.00000 H12=30/220/0.999697  
 NZYM,ICOUNT(I)  
 2 3 2  
 n0点10S接地, n1, n2点接地せず。

ZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= .00000  
 ZLLL= .300000D+02 .000000D+00 COSPHI= .100000D+01  
 1 EO= 1.2701706E+02 -2.5450666E-07 1.2701706E+02 -1.1480472E-07  
 2 EO= -6.3508530E+01 -1.1000000E+02 1.2701706E+02 -1.2000000E+02  
 3 EO= -6.3508530E+01 1.1000000E+02 1.2701706E+02 1.2000000E+02  
 4 EO= -3.1084220E+00 8.9890454E+00 9.5113209E+00 1.0907544E+02  
 5 EO= -3.1084220E+00 8.9890454E+00 9.5113209E+00 1.0907544E+02  
 6 EO= 8.3686560E+00 -1.4758320E+01 1.6965919E+01 -6.0444740E+01  
 7 EO= 3.4049065E+00 1.1235091E+01 1.1739704E+01 7.3140044E+01  
 8 EO= 3.4049065E+00 1.1235091E+01 1.1739704E+01 7.3140044E+01  
 9 EO= 8.3686560E+00 -1.4758320E+01 1.6965919E+01 -6.0444740E+01  
 TZ= 7.925938E+02 9.204917E+01 TZA= 7.979210E+02 TZF= 6.624462E+00

3 I	1	1	.159185E+00	-6.624	SI	.132200E-05	-74.277	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.127017E+03	.000
2 I	3	1	.159185E+00	-6.624	SI	.200500E-04	11.678	E	.127017E+03	.000	II	.477156E+00	-72.695	2	EE	.199355E-05-169.193	.000
3 I	1	2	.159185E+00	-126.624	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.127017E+03-120.000	120.000
2 I	3	2	.159170E+00	-126.620	SI	.000000E+00	.000	E	.127017E+03-120.000	.000	II	.595286E+00	-85.691	2	EE	.199359E-05-169.192	.000
3 I	1	3	.159187E+00	113.376	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.127017E+03 120.000	120.000
2 I	3	3	.159194E+00	113.390	SI	.000000E+00	.000	E	.127017E+03 120.000	.000	II	.106564E+01	100.089	2	EE	.199356E-05-169.208	.000
3 I	1	4	.124056E-16	-63.660	SI	.797921E+03	6.624	E	.124056E-13	-63.660	II	.999974E+00	-150.085	3	EE	.951132E+01 109.075	109.075
2 I	3	4	.999974E+00	29.915	SI	.797919E+03	6.624	E	.173261E+02	179.923	II	.999974E+00	29.915	2	EE	.168085E+02 32.236	32.236
3 I	1	5	.119190E-16	117.330	SI	.797919E+03	6.624	E	.119190E-13	117.330	II	.999974E+00	29.915	3	EE	.951132E+01 109.075	109.075
2 I	3	5	.999974E+00	-150.085	SI	.797994E+03	6.620	E	.173149E+02	59.929	II	.999974E+00	-150.085	2	EE	.132218E+02-153.035	-153.035
3 I	1	6	.117974E-16	-72.897	SI	.797910E+03	6.624	E	.117974E-13	-72.897	II	.999991E+00	-60.085	3	EE	.169659E+02 -60.445	-60.445
2 I	3	6	.100006E+01	119.929	SI	.797877E+03	6.610	E	.199994E+02	-60.085	II	.910367E+00	121.629	2	EE	.303565E+01 121.928	121.928
3 I	1	7	.990845E-17	66.801	SI	.132200E-05	105.723	E	.990845E-14	66.801	II	.999975E+00	119.915	3	EE	.117397E+02 73.140	73.140
2 I	3	7	.100005E+01	-60.071	SI	.199360E-04	-169.193	E	.100038E+02	59.944	II	.910363E+00	-58.371	2	EE	.303565E+01 121.928	121.928
3 I	1	8	.867362E-17	90.000	SI	.999975E-09	29.915	E	.867362E-14	90.000	II	.999975E+00	-60.085	3	EE	.117397E+02 73.140	73.140
2 I	3	8	.999978E+00	119.915	SI	.299990E+02	-150.085	E	.999739E+01	-.050	II	.999978E+00	119.915	2	EE	.130339E+02 120.384	120.384
3 I	1	9	.715245E-17	-75.964	SI	.264631E+02	-79.189	E	.715245E-14	-75.964	II	.999991E+00	119.915	3	EE	.169659E+02 -60.445	-60.445
2 I	3	9	.999983E+00	-60.085	SI	.299990E+02	-60.085	E	.000000E+00	.000	II	.999983E+00	-60.085	2	EE	.169659E+02 -60.445	-60.445

n0点電位  
 ≒0.002V  
 (-169.2°)  
 n1点電位  
 =16.808kV  
 (32.3°)  
 n2点電位  
 =16.966kV  
 (-60.4°)

n0点接地電流≒0.02A(-169.2°)と微少

表 8

NCASE,N,ZE,YEN,YTM  
 2 9 200D+00 .100D+02 .200D+00  
 OZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= -10.00000 n0, n1, n2 点 10S で接地  
 NZYM,ICOUNT(I) 2 3 2 ZLLB 負荷短絡の case  
 OZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= .00000 ZLLA 側には影響出ない。  
 ZLL= .300000D+02 .000000D+00 COSPHI= 100000D+01  
 1 EO= 1.2701706E+02 2.1653250E-08 1.2701706E+02 9.7675055E-09  
 2 EO= -6.3508530E+01 -1.1000000E+02 1.2701706E+02 -1.2000000E+02  
 3 EO= -6.3508530E+01 1.1000000E+02 1.2701706E+02 1.2000000E+02  
 4 EO= -1.5166666E+01 -3.7296019E+00 1.5618504E+01 -1.6618464E+02  
 5 EO= -1.5166666E+01 -3.7296019E+00 1.5618504E+01 -1.6618464E+02  
 6 EO= -7.7846620E-08 4.7368348E-09 7.7990601E-08 1.7651794E+02  
 7 EO= 7.5038578E+00 4.3250294E+00 8.6610485E+00 2.9958035E+01  
 8 EO= 7.5038573E+00 4.3250290E+00 8.6610479E+00 2.9958035E+01  
 9 EO= 4.3389657E-07 4.2602606E-07 6.0808259E-07 4.4475611E+01  
 TZ=-1.882027E+00 1.551648E+00 TZA= 2.439188E+00 TZP= 1.404959E+02

3 I	1	1	.520735E+02-140.496	SI	.213897E-06	30.410 E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3 EE	.127017E+03	.000
2 I	3	1	.520735E+02-140.496	SI	.481996E-04	112.016 E	.127017E+03	.000	II	.518300E+02-140.240	2 EE	.516472E-05	-67.367	
3 I	1	2	.523384E+02-140.580	SI	.000000E+00	.000 E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3 EE	.127017E+03-120.000	} n0点電位 =0.005V (-67.3°)
2 I	3	2	.523384E+02-140.580	SI	.000000E+00	.000 E	.127017E+03-120.000	.000	II	.526270E+02-140.835	2 EE	.516462E-05	-67.370	
3 I	1	3	.104412E+03 39.462	SI	.000000E+00	.000 E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3 EE	.127017E+03 120.000	
2 I	3	3	.104412E+03 39.462	SI	.000000E+00	.000 E	.127017E+03 120.000	.000	II	.104456E+03 39.460	2 EE	.514979E-05	-66.812	
3 I	1	4	.673945E-14 107.779	SI	.243919E+01 140.496 E	.673945E-11 107.779	II	.101329E+01-170.299	3 EE	.156185E+02-166.185				
2 I	3	4	.999982E+00 29.916	SI	.243919E+01 140.496 E	.156185E+02-166.185	II	.999982E+00 29.916	2 EE	.151521E-05 43.108				
3 I	1	5	.779885E-14 121.345	SI	.242684E+01 20.580 E	.779885E-11 121.345	II	.101329E+01 9.701	3 EE	.156185E+02-166.185				
2 I	3	5	.999983E+00-150.085	SI	.242684E+01 20.580 E	.156062E+02 46.028	II	.999983E+00-150.085	2 EE	.299990E+02-150.085				
3 I	1	6	.139130E-17 135.323	SI	.121650E+01 80.538 E	.139130E-14 135.323	II	.662847E+03-140.537	3 EE	.779906E-07 176.518				
2 I	3	6	.662846E+03 39.463	SI	.121650E+01 80.538 E	.246485E-05 -25.425	II	.659998E+03 39.463	2 EE	.253736E-05 155.233				
3 I	1	7	.221536E-14 -45.092	SI	.213897E-06-149.590 E	.221536E-11 -45.092	II	.662847E+03 39.463	3 EE	.866105E+01 29.958				
2 I	3	7	.662846E+03-140.537	SI	.515958E-04 -67.184 E	.866105E+01 29.958	II	.659998E+03-140.537	2 EE	.288617E-05 167.117				
3 I	1	8	.402201E-14 -24.555	SI	.101330E-08 9.701 E	.402201E-11 -24.555	II	.662847E+03-140.537	3 EE	.866105E+01 29.958				
2 I	3	8	.662847E+03 39.463	SI	.299990E+02-150.085 E	.866105E+01 29.958	II	.546913E+03 39.461	2 EE	.115389E-05 42.101				
3 I	1	9	.322474E-18-170.920	SI	.866105E+01-150.042 E	.322474E-15-170.920	II	.662847E+03 39.463	3 EE	.608083E-06 44.476				
2 I	3	9	.662847E+03-140.537	SI	.546913E-06-140.539 E	.000000E+00 .000	II	.546913E+03-140.539	2 EE	.608083E-06 44.476				

n0点接地電流=0.05<sup>A</sup> と微小

ZLLB短絡電流 (662<sup>kA</sup>と大)

ZLLAの電流 (正常1<sup>kA</sup>)...ZLLB短絡の影響受けない。

R, S, T相の電流 [52<sup>kA</sup>(-140°)5.2<sup>kA</sup>(-140°)、104<sup>kA</sup>(39°)と大で不平衡]...ZLLB短絡の影響大きく受ける。

R, S相の電流が合流してT相に流れている。

表 9

NCASE, N, ZE, YEN, YTM  
 2 9 .200D+00 .100D+02 .200D+00  
 OZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= -10.00000 n0, n1, n2点10Sで接地  
 NZYM, ICOUNT(I)  
 2 3 2  
 OZG= .00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000 PHI= .00000 ZLLA 負荷短絡のcase  
 ZLL= .300000D+02 .000000D+00 COSPHI= .100000D+01 ZLLB側には影響出ない。  
 1 EO= 1.2701706E+02 -8.4137969E-07 1.2701706E+02 -3.7953567E-07  
 2 EO= -6.3508529E+01 -1.1000000E+02 1.2701706E+02 -1.2000000E+02  
 3 EO= -6.3508529E+01 1.1000000E+02 1.2701706E+02 1.2000000E+02  
 4 EO= -4.3250763E+00 7.5039900E+00 8.6611865E+00 1.1995787E+02  
 5 EO= -4.3250759E+00 7.5039895E+00 8.6611858E+00 1.1995787E+02  
 6 EO= 2.6681292E-06 -4.7622838E-06 5.4587783E-06 -6.0739724E+01  
 7 EO= -8.7166186E+00 2.3833947E+01 2.5377874E+01 1.1008862E+02  
 8 EO= -8.7166186E+00 2.3833947E+01 2.5377874E+01 1.1008862E+02  
 9 EO= 2.6676305E-06 -4.7614171E-06 5.4577784E-06 -6.0739844E+01  
 TZ= 8.917508E-01 1.083797E+00 TZA= 1.403508E+00 TZP= 5.055236E+01

3 I	1	1	.904997E+02	-50.552	SI	.485429E-05	-60.071	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.127017E+03	.000
2 I	3	1	.904997E+02	-50.552	SI	.166035E-02	-79.598	E	.127017E+03	.000	II	.903955E+02	-50.265	2	EE	.280375E-04	74.063
3 I	1	2	.903468E+02	129.476	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.127017E+03	-120.000
2 I	3	2	.903470E+02	129.476	SI	.000000E+00	.000	E	.127017E+03	-120.000	II	.899822E+02	129.717	2	EE	.280715E-04	74.165
3 I	1	3	.159192E+00	113.376	SI	.000000E+00	.000	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.127017E+03	120.000
2 I	3	3	.159250E+00	113.268	SI	.000000E+00	.000	E	.127017E+03	120.000	II	.414384E+00	133.646	2	EE	.280546E-04	74.114
3 I	1	4	.741213E-14	40.447	SI	.140351E+01	50.552	E	.741213E-11	40.447	II	.662845E+03	129.462	3	EE	.866119E+01	119.958
2 I	3	4	.662846E+03	-50.537	SI	.140351E+01	50.552	E	.866105E+01	119.958	II	.662860E+03	-50.541	2	EE	.136572E-03	104.916
3 I	1	5	.884641E-14	39.291	SI	.140588E+01	110.524	E	.884641E-11	39.291	II	.662845E+03	-50.538	3	EE	.866119E+01	119.958
2 I	3	5	.662847E+03	129.463	SI	.140588E+01	110.524	E	.866105E+01	119.958	II	.662861E+03	129.459	2	EE	.137175E-03	105.031
3 I	1	6	.148180E-17	-129.303	SI	.797886E+03	6.624	E	.148180E-14	-129.303	II	.100002E+01	-60.085	3	EE	.545878E-05	-60.740
2 I	3	6	1.00016E+01	119.804	SI	.797597E+03	6.732	E	.199993E+02	-60.085	II	.114008E+01	119.522	2	EE	.199993E+02	119.915
3 I	1	7	.878074E-14	44.882	SI	.485429E-05	119.929	E	.878074E-11	44.882	II	.100036E+01	119.996	3	EE	.253779E+02	110.089
2 I	3	7	1.00014E+01	-60.196	SI	.280545E-03	74.114	E	.661984E+01	79.050	II	.114005E+01	-60.478	2	EE	.199993E+02	119.915
3 I	1	8	.680893E-14	53.467	SI	.662845E-06	-50.538	E	.680893E-11	53.467	II	.100036E+01	-60.004	3	EE	.253779E+02	110.089
2 I	3	8	.999989E+00	119.915	SI	.662861E-06	129.459	E	.661014E+01	-19.147	II	.999989E+00	119.915	2	EE	.299990E+02	119.915
3 I	1	9	.183736E-17	-136.986	SI	.253779E+02	-69.911	E	.183736E-14	-136.986	II	.999965E+00	119.915	3	EE	.545778E-05	-60.740
2 I	3	9	.999965E+00	-60.085	SI	.299990E+02	-60.085	E	.000000E+00	.000	II	.999965E+00	-60.085	2	EE	.545778E-05	-60.740

n0点電位  
 =0.028V  
 (74.1°)

n0点接地電流=0.28Aと微小

ZLLBの電流(正常1kA)…ZLLA短絡の影響受けない。

ZLLAの短絡電流(662kAと大)

R, S, T相の電流(90.5kA(-50°), 90.3kA(129°), 0.159kA(113°)とR, S大、Tは正常平衡時と同じ)…ZLLA短絡はR, S相に大きくひびき、T相には全くひびかない。R相の電流がそのままS相を流れ循環している。

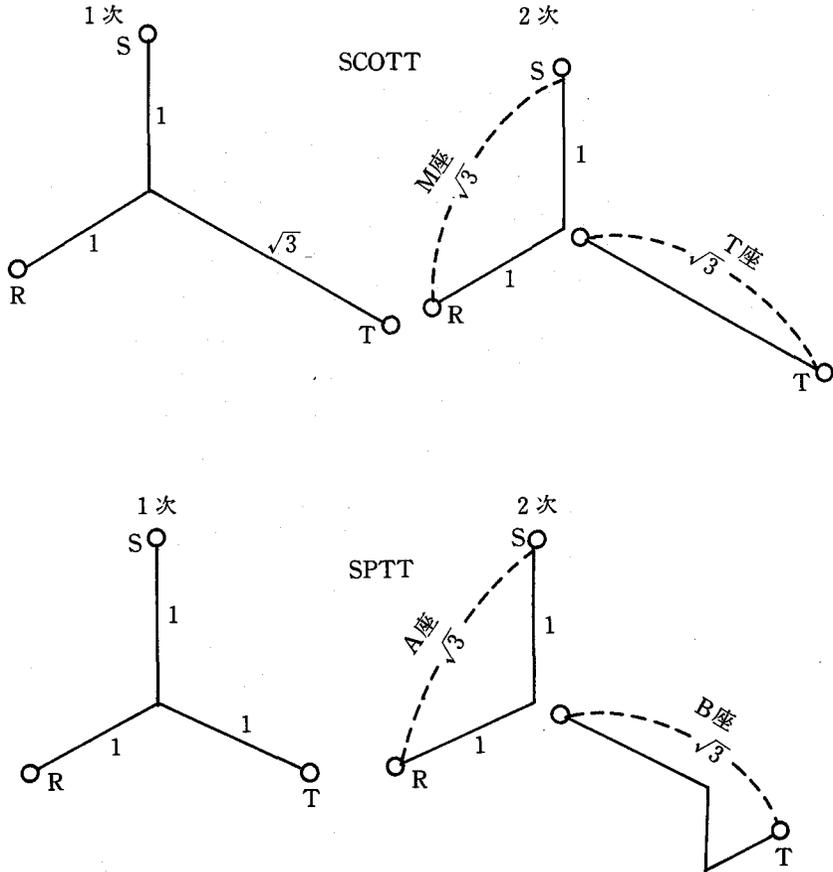


図11 SCOTTとSPTTとの比較 (h=1のcase)

6. おわりに

本論文でSCOTT変圧器の1次中性点接地が出来ない欠点などを解消できるばかりか、これ以上簡単化出来そうにない極めて簡潔な相変換変圧器SPTTについて述べた。これとSCOTT変圧器とを比べてみる。SCOTTを通常画かれているようなM座を一直線で表示して電源R相S相との誘導関係を見え難くするのでなく、1次R相S相を明示する形に図11のように画けば、SCOTTは1次のT相の電流で電源3相が平衡すべく工夫した発明で言わば電流形、SPTTは2次の磁束で電源3相が平衡すべく工夫したもので言わば電圧形と言える。SPTTはどの点も接地可能で超高压系に用いるに適し、故障時も1次中性点接地電源は殆ど流れることなく電位も零に近く、SCOTT変圧器

に替わり役立つものと考えられる。なおこのSPTTでも負荷力率を1にしてそのオーム数と同じコンデンサとリアクタとを付けて3相を単相に変換する装置となし得ることは、文献<sup>3)</sup>で述べたと同じである。

また、実回路として、このSPTTに山陽新幹線ATき電回路を連結したときの各地点の電圧電流分布の様相は文献<sup>2)</sup>p.122第7・2図などで図示したと同様になり有効である。つまり、その図中の複雑な装置である変形ウッドブリッジ変圧器は、本提案のSPTTで置換出来、更に東海道新幹線のSCOTTもこのSPTTで置換出来、中性点接地可能となり、それぞれの系が簡素化出来る。

(いどがわ いさお 教授)

(1993. 4. 13 受理)

**参考文献**

- 1) 井戸川功雄「スコット変圧器（3相2相変換変圧器）の多導体はしご形回路理論による解法」（『長野大学紀要』通巻第50号、1991年12月）。
- 2) 井戸川功雄「電気鉄道新幹線き電回路の計算法に関する研究」（東京工大博士論文、1976年7月）。
- 3) 井戸川功雄「3相単相変換スコット変圧器」（『長野大学紀要』通巻第51号、1992年3月）。
- 4) 持永、久水、新井、小野「新幹線ATき電回路用ウィンドミル変圧器の開発」（昭和63年電気学会全国大会 833）。
- 5) 井戸川功雄「ウィンドミル変圧器（3相2相変換器および3相単相変換器）の多導体はしご形回路理論による解法」（『長野大学紀要』通巻第52号、1992年6月）