

簡潔 3 相 1 相変換変圧器 (SPTT31)

Simple Phase Transpose Transformer from 3 Phase to 1 Phase (SPTT31)

井戸川 功 雄

Isao Idogawa

キーワード：簡潔、3相1相変換、SPTT31

2. 結 線

1. はじめに

先にSPTT32(3相2相変換)¹⁾、SPTT23(2相3相変換)変圧器²⁾の詳細を記載した。

本稿では、3相を1相に変換する変圧器(SPTT31)を詳述する。

前稿¹⁾の結線にリアクターとコンデンサと負荷とを図1のように取り付ける。この場合は負荷力率は1にし、リアクター及びコンデンサのオーム数は負荷のオーム数と同じにする。すると3相側が平衡する。

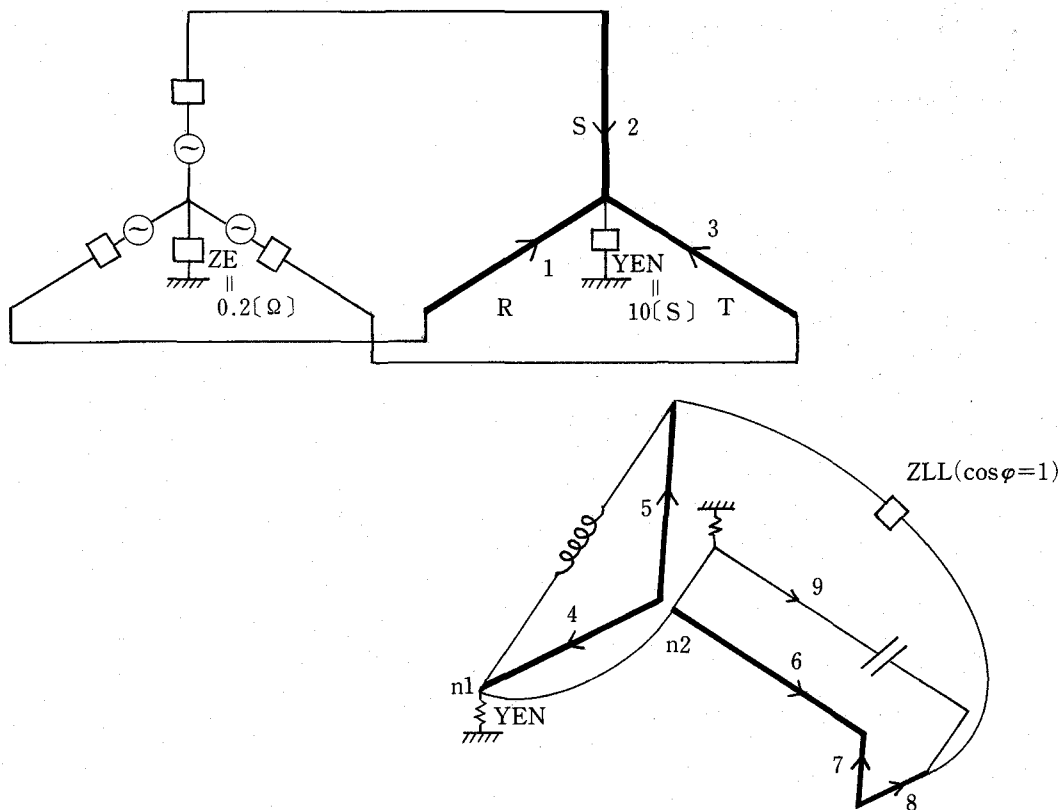


図1 SPTT31 (簡潔 3 相 1 相変換変圧器)

3. プログラム作成の準備

図1を多導体はしご形に画くと図2になる。

図2のアドミタンス行列、インピーダンス行列を書くとき表1となる。

送端方程式は図3に記した。

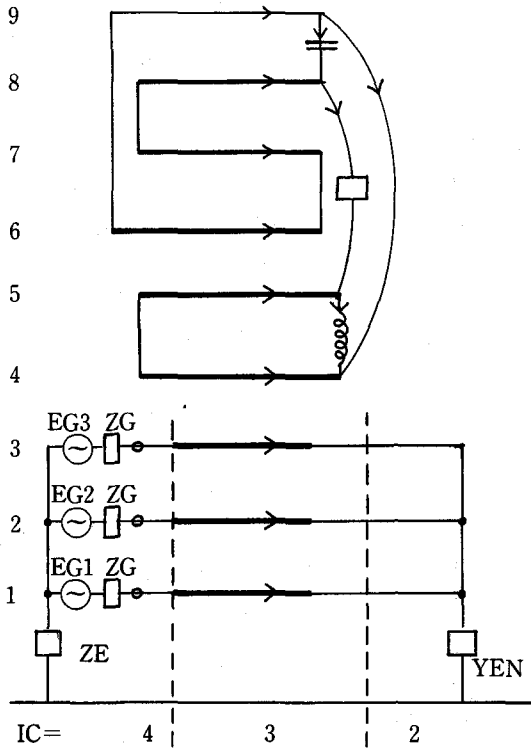


図2 SPTT31のはしご形図

表1 SPTT31のアドミタンス、インピーダンス行列

		$[Y_2]_{9,9}$				
		1	2	3	...	9
1	$2G + YEN/3$	$-G$	$-G$			
2	$-G$	$2G + YEN/3$	$-G$			
3	$-G$	$-G$	$2G + YEN/3$			
...				00000		
9						0

$[Z_2]_{9,9} = [0]_{99}$

[Y₃]_{9,9}

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1									
2									
3									
4				$G+YEN$ $-(0, \frac{1}{OL})$	$(0, \frac{1}{OL})$				$-G$
5				$(0, \frac{1}{OL})$	$Y_{ZLL}-$ $(0, \frac{1}{OL})$			$-Y_{ZLL}$	
6						G	$-G$		
7						$-G$	G		
8					$-Y_{ZLL}$			$Y_{ZLL}+$ $(0, OC)$	$-(0, OC)$
9				$-G$				$-(0, OC)$	$G+$ $(0, OC)$

$$\text{---} \updownarrow \text{---} \quad Y_L = 1/j\omega L = (0, \frac{-1}{OL}), \quad OL = \omega L = 30 \{ \Omega \}$$

$$\text{---} \updownarrow \text{---} \quad Y_C = j\omega C = (0, OC), \quad OC = \omega C = \frac{1}{30} \{ S \}$$

$$\text{---} \updownarrow \text{---} \quad Y_{ZLL} = \frac{1}{Z_{LL}} = \frac{1}{30} \{ S \}$$

$$I_L = E_L \times 1/j\omega L = E_L/j\omega L = E_L/(0, OL)$$

$$I_C = E_C \times (0, OC)$$

↑
注意↑
注意

[Z₃]_{9,9}: 前稿 SPTT¹⁾ のままである。

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

Z_0 : 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_0

$h=30/220/0.999697$

$d: 1/3$

$$[Y_4]_{9,9}$$

	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+YEN

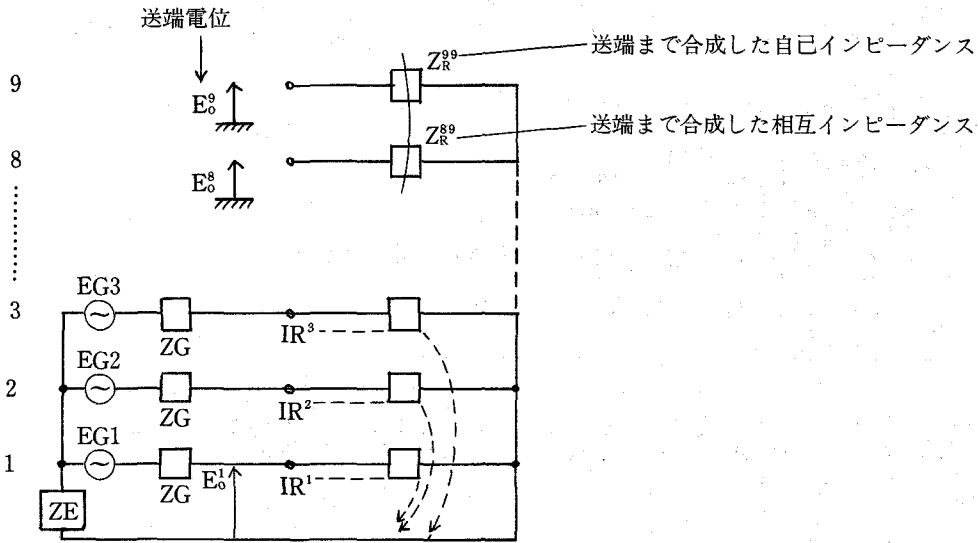
$$[Z_4]_{9,9} = [0]_{9,9}$$


図 3 送端方程式

起電力

$$\begin{aligned} (Z_R^{11} + ZG)I_R^1 + Z_R^{12}I_R^2 + Z_R^{13}I_R^3 + ZE(I_R^1 + I_R^2 + I_R^3) &= EG1 \\ Z_R^{21}I_R^1 + (Z_R^{22} + ZG)I_R^2 + Z_R^{23}I_R^3 + ZE(I_R^1 + I_R^2 + I_R^3) &= EG2 \\ Z_R^{31}I_R^1 + Z_R^{32}I_R^2 + (Z_R^{33} + ZG)I_R^3 + ZE(I_R^1 + I_R^2 + I_R^3) &= EG3 \end{aligned}$$

$$\therefore \begin{bmatrix} I_R^1 \\ I_R^2 \\ I_R^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_R^{11} + ZG + ZE & Z_R^{12} + ZE & Z_R^{13} + ZE \\ Z_R^{21} + ZE & Z_R^{22} + ZG + ZE & Z_R^{23} + ZE \\ Z_R^{31} + ZE & Z_R^{32} + ZE & Z_R^{33} + ZG + ZE \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} EG1 \\ EG2 \\ EG3 \end{bmatrix}$$

$$\therefore [E_o]_9 = [Z_R]_{99} [I_R]_9$$

4. プログラム、データ、答

以上を用いてプログラムし計算すると表2、表3、図4のような各部電圧電流が求まり、3相よく平衡している。

表2 プログラム

SPTT31. FOR
SPTT31. DAT

```

SIMPLE PHASE TRANSFORM TRANSFORMER 1992.12 BY IDOGAWA
SPTT31
DEBUG
CALL MOTOSC
STOP
END
CC*****
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, AA, YL, YZLL
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.D5
GO TO (100, 200, 300, 400), 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
H12=30./220./0.999697
DDD=1.0/3.

```

プログラムは以下省略する。

データ

0.000	2	0.00	9	0.2D0	10.D0	0.2D0
3	4	3	2	24.	18.	30.

表 3 答

SPTT31. ANS

NCASE,N,ZE,YEN
 2 9 .200D+00 .100D+02
 ZG=.00000 .00000 ZL= 24.00000 18.00000 ZLL= 30.00000
 NZYM,ICOUNT(I)
 3 4 3 2
 1 EO= 1.2701706E+02 -7.0978342E-07 1.2701706E+02 -3.2017427E-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= -1.7326048E+01 2.3300141E-02 1.7326064E+01 1.7992295E+02
 5 EO= -1.7326040E+01 2.3305113E-02 1.7326055E+01 1.7992293E+02
 6 EO= 5.0440756E-06 -1.7287611E-05 1.8008448E-05 -7.3734127E+01
 7 EO= -4.9637379E+00 2.5993375E+01 2.6463073E+01 1.0081114E+02
 8 EO= -4.9637329E+00 2.5993367E+01 2.6463064E+01 1.0081113E+02
 9 EO= 5.6792044E-08 -8.6198380E-06 8.6200251E-06 -8.9622511E+01
 TZ= 7.925841E+02 9.204894E+01 TZA= 7.979114E+02 TZP= 6.624526E+00

4	I	1	1	.159187E+00	-6.624	SI	.424475E-05	-60.315	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	4	EE	.127017E+03	.000
3	I	3	1	.159187E+00	-6.624	SI	.899241E-04	-88.355	E	.127017E+03	.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.448008E-06	43.397
2	I	5	1	.159149E+00	-6.609	SI	.562124E-04	-44.707	E	.000000E+00	.000	II	.159149E+00	-6.609	2	EE	.448008E-06	43.397
4	I	1	2	.159187E+00	-126.624	SI	.287623E+02	64.545	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	4	EE	.127017E+03	-120.000
3	I	3	2	.159187E+00	-126.624	SI	.424250E+02	74.915	E	.127017E+03	-120.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.521044E-06	-173.725
2	I	5	2	.159163E+00	-126.622	SI	.424250E+02	74.915	E	.000000E+00	.000	II	.159163E+00	-126.622	2	EE	.521044E-06	-173.725
4	I	1	3	.159192E+00	113.376	SI	.958744E+00	64.545	E	.000000E+00	.000	II	.000000E+00	.000	4	EE	.127017E+03	120.000
3	I	3	3	.159192E+00	113.376	SI	.141417E+01	74.915	E	.127017E+03	120.000	II	.000000E+00	.000	3	EE	.949704E-06	115.705
2	I	5	3	.159127E+00	113.380	SI	.141417E+01	74.915	E	.000000E+00	.000	II	.159127E+00	113.380	2	EE	.949704E-06	115.705
4	I	1	4	.246551E-02	100.817	SI	.173261E+02	-.077	E	.000000E+00	.000	II	.100363E+01	-150.300	4	EE	.173261E+02	179.923
3	I	3	4	.999983E+00	29.915	SI	.141412E-04	-105.084	E	.173261E+02	179.923	II	.999984E+00	29.915	3	EE	.626949E-05	53.413
2	I	5	4	.250780E-11	53.413	SI	.141412E-04	-105.084	E	.000000E+00	.000	II	.250780E-11	53.413	2	EE	.626949E-05	53.413
4	I	1	5	.246457E-02	-79.189	SI	.173261E+07	-.077	E	.000000E+00	.000	II	.100363E+01	29.700	4	EE	.173261E+02	179.923
3	I	3	5	.999982E+00	-150.085	SI	.141412E+01	-105.084	E	.173149E+02	59.929	II	.999967E+00	-150.085	3	EE	.299990E+02	-150.085
2	I	5	5	.149995E-04	-150.085	SI	.141412E+01	-105.084	E	.000000E+00	.000	II	.149995E-04	-150.085	2	EE	.299990E+02	-150.085
4	I	1	6	.245854E-06	96.948	SI	.264631E+07	100.811	E	.000000E+00	.000	II	.100002E+01	-60.085	4	EE	.180084E-04	-73.734
3	I	3	6	.100002E+01	119.915	SI	.100000E+01	-60.085	E	.199994E+02	-60.085	II	.100000E+01	119.915	3	EE	.199993E+02	119.915
2	I	5	6	.119996E-04	119.915	SI	.100000E+01	-60.085	E	.000000E+00	.000	II	.119996E-04	119.915	2	EE	.199993E+02	119.915
4	I	1	7	.246115E-06	-82.993	SI	.424481E-05	119.688	E	.000000E+00	.000	II	.999990E+00	119.915	4	EE	.264631E+02	100.811
3	I	3	7	.999991E+00	-60.085	SI	.420347E-05	118.628	E	.100038E+02	59.944	II	.100000E+01	-60.085	3	EE	.199993E+02	119.915
2	I	5	7	.139995E-04	119.915	SI	.420279E-05	118.639	E	.000000E+00	.000	II	.139995E-04	119.915	2	EE	.199993E+02	119.915
4	I	1	8	.144396E-08	129.464	SI	.334545E-06	-60.300	E	.000000E+00	.000	II	.999990E+00	-60.085	4	EE	.264631E+02	100.811
3	I	3	8	.999990E+00	119.915	SI	.999967E+00	119.915	E	.999739E+01	-.050	II	.999966E+00	119.915	3	EE	.299990E+02	119.915
2	I	5	8	.239992E-04	119.915	SI	.999967E+00	119.915	E	.000000E+00	.000	II	.239992E-04	119.915	2	EE	.299990E+02	119.915
4	I	1	9	.973609E-06	-64.360	SI	.882102E+00	10.811	E	.000000E+00	.000	II	.999941E+00	119.918	4	EE	.862003E-05	-89.623
3	I	3	9	.999942E+00	-60.082	SI	.999967E+00	29.915	E	.000000E+00	.000	II	.999940E+00	-60.082	3	EE	.862003E-05	-89.623
2	I	5	9	.775802E-11	-89.623	SI	.999967E+00	29.915	E	.000000E+00	.000	II	.775802E-11	-89.623	2	EE	.862003E-05	-89.623

井戸川功雄 簡潔 3 相 1 相変換変圧器(SPTT31)

$$G=1 \cdot 10^5$$

$$OL=ZLL=30$$

$$OC=1/30$$

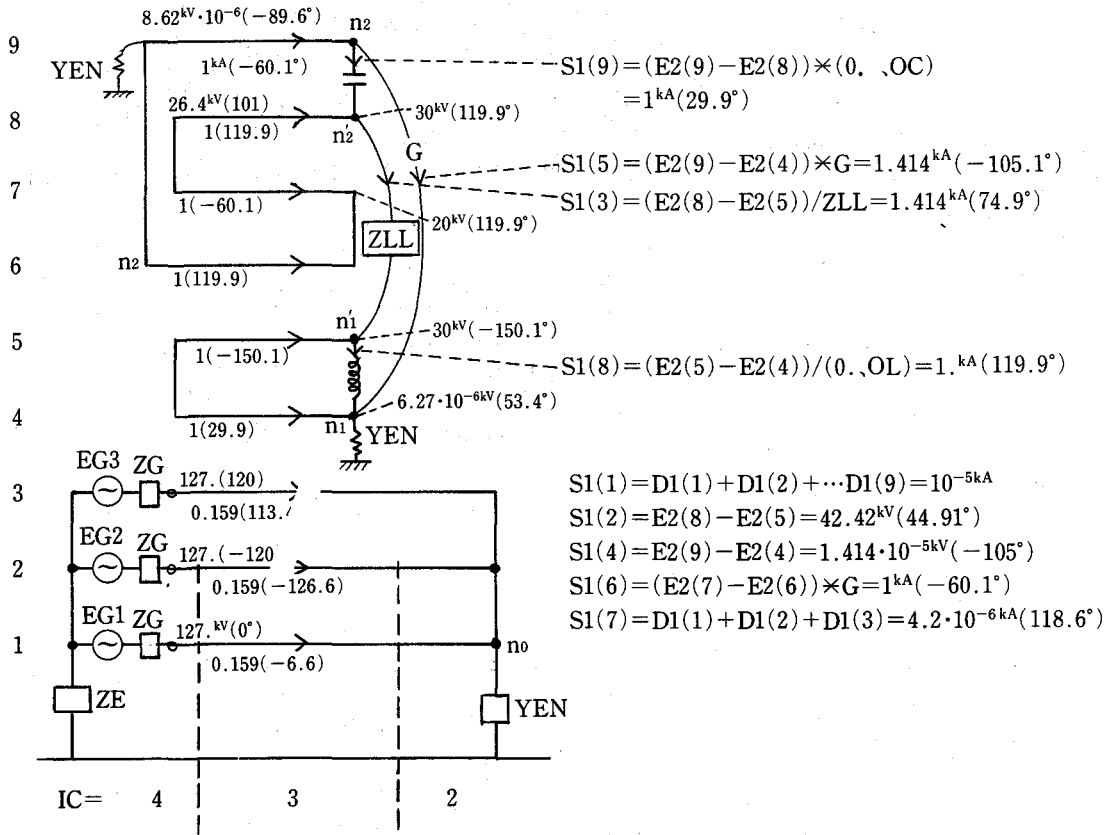


図4 SPTT31の電位電流

図4のn₁、n₁'、n₂、n₂'に出入する電流が合理的であることを以下の図5、図6、図7、図8に示す。

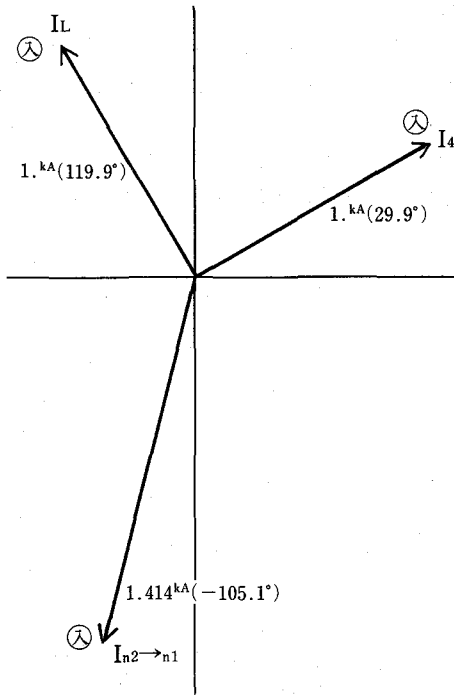


図5 点 n_1 に入る電流の和=0

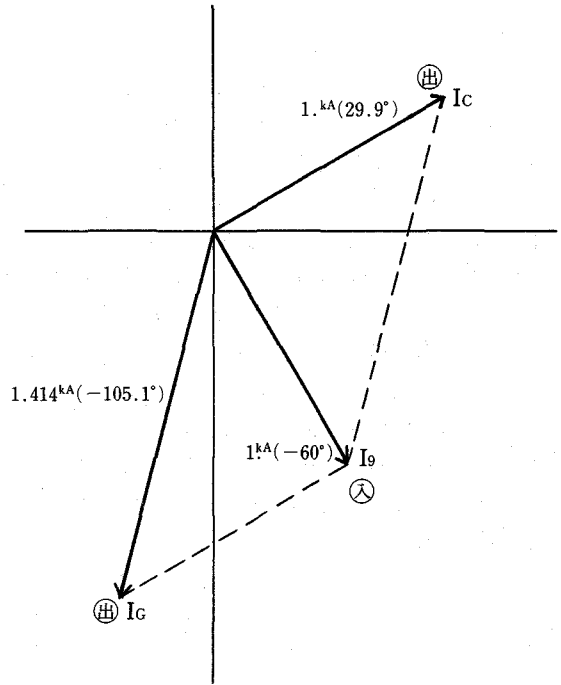


図7 点 n_2 へ出入する電流

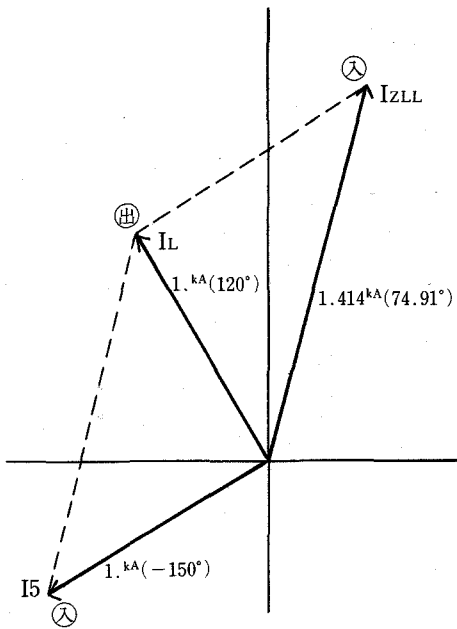


図6 点 n_1 へ出入りする電流

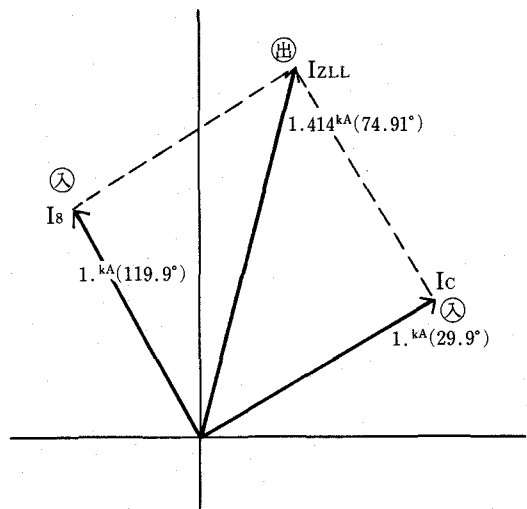


図8 点 n_2 へ出入りする電流

5. むすび

3相の例えばR相電圧と電流との相差角を小にする、つまり3相の力率を1に近づけるには、もれインピーダンスを小にするよりも励磁インピーダンス Z_0 を大にした方が効く。

例えば、この例では Z_0 を 7000Ω にしているが、1けた大にすると相差角は -6.6° が -0.74° となり、2けた大にすると -6.6° が -0.151° となる。

近頃は単相負荷の力率を1にして使う努力がされて来ている。更に、本稿の答からみて3相力率も $\cos(-6.6^\circ)=0.999998$ が $\cos(-0.74^\circ)=0.999999$ と殆ど1になっているので、このSPTT 31は実用的には簡潔で問題のない3相の力率も良い変換器と言えよう。

(いどがわ いさお 教授)

(1993. 12. 15受理)

参考文献

- 1) 井戸川功雄「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」(『長野大学紀要』通巻第57号、1993年9月)。
- 2) 井戸川功雄「簡潔2相3相変換変圧器(SPTT23)」(『長野大学紀要』通巻第58号、1993年12月)。