

デジタル計算機による並行2回線送電線の 異相地絡故障計算

Digital Calculation of Simultaneous Faults on Double Circuit Transmission Lines

奥田 健三* 磯野 昭*
Kenzô Okuda Akira Isono

内 容 梗 概

デジタル計算機による並行2回線送電線の両回線にまたがる多重故障時の電圧、電流計算法を述べる。対象とした故障の種類は両回線にまたがるあらゆる組み合わせと同一回線内の地絡故障である。計算には送電網を正相、逆相、零相第1、零相第2回路に分けおのおのの回路を移相変圧器で結合した等価回路を用いて、接続点電圧に関する多元連立一次方程式を作り、これを解いて電圧を求め、さらに求める点の電圧、電流を計算する。

1. 緒 言

デジタル計算機の大形化、高速化に伴い、電力システムの解析にもこれが用いられるようになり、電力潮流の計算⁽¹⁾⁽²⁾、短絡故障計算⁽³⁾、さらには一般の故障計算⁽⁴⁾などが各所で行なわれつつある。

ここではわが国独特の問題があり、計算時の回路構成も特に複雑になる並行2回線送電線の両回線にまたがる多重故障時の電圧、電流をデジタル計算機によって求める方法について述べる。

両回線にまたがる多重故障の計算には二通りの方法が考えられる。一つは従来筆算で行なう際に用いたような二相回路理論によって故障点の電圧から故障点流出電流を計算し、これから求める点の電圧、電流を計算する方法であり、他方はデジタル計算機で潮流計算を行なう際に用いたような接続点電圧を未知数とする多元連立方程式を解く方法である。前者は計算時間は短くなるが、系統構成の複雑なものの解析は困難であり、故障の種類によって計算式が大きく変わる。後者は前者に比べ計算時間は多少長くなるが、複雑な系統の計算ができ、故障種類が変わっても計算式の変化部分はきわめて少なく、計算式の一部を修正するだけで多くの故障種類を一気に計算できるという利点がある。そのためここでは後者の方法について述べる。

2. 計 算 法

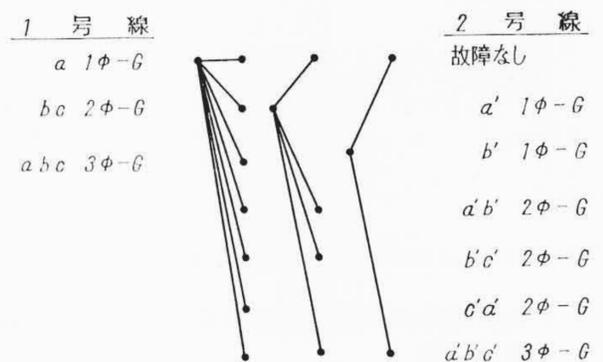
2.1 対象とした故障種類

故障種類としては両回線にまたがるあらゆる異相地絡故障と同一回線内の単純地絡故障を考慮して第1図の組み合わせとする。すなわち1号線3種類と2号線故障なしも含めた7種類の故障の組み合わせのうち、1号線a相1線地絡故障(以下a 1φ-Gとする。2線、3線地絡故障も2φ-G, 3φ-Gとする。2号線には「'」をつけて1号線と区別する)に対しては2号線7種類、1号線bc 2φ-Gに対しては2号線4種類、1号線3φ-Gに対しては2号線2種類の故障を組み合わせた合計13種類の故障ということである。その他の故障は相回転がずれるだけで上記13種類のどれかと同一条件になる。

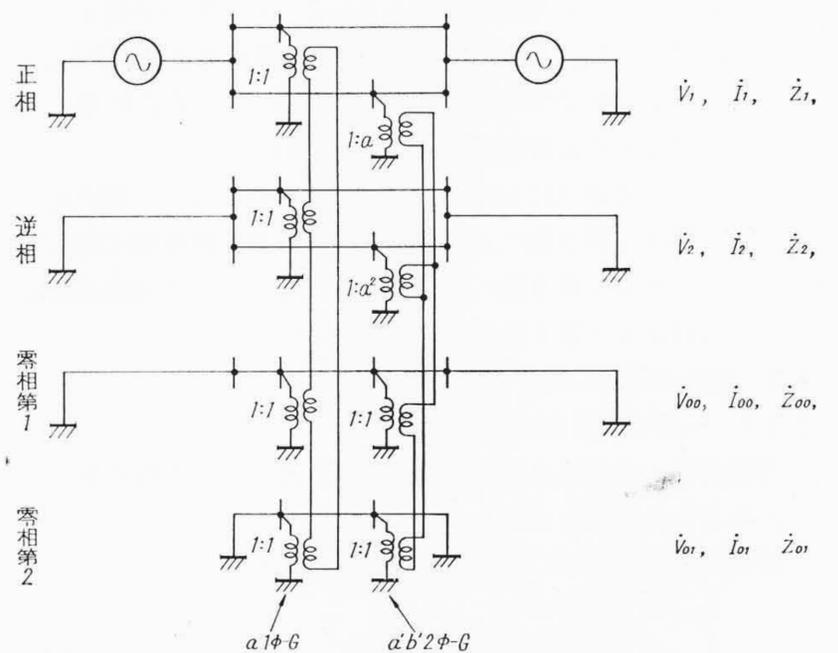
また両回線にまたがる故障では1号線と2号線の故障点は異なり、同一回線での2相以上の故障は同一点で起こるものとする。なお両回線同一点の故障に対しては近似計算となる。

2.2 等 価 回 路

送電網を正相、逆相、零相回路に分け、零相回路はさらに第1回路と第2回路に分ける。おのおのの回路は故障時の電圧関係を利用して故障種類に応じた3種類の移相変圧器(1:1, 1:a, 1:a², こ



第1図 故障種類の組み合わせ



ただし $\dot{Z}_{00}, \dot{Z}_{01}$ は通常の二相回路理論の1/2のインピーダンス
 $\dot{I}_{00}, \dot{I}_{01}$ は 2倍の電流

第2図 1号線の1φ-G, 2号線a'b' 2φ-G時の等価回路

に $a = \varepsilon^{j\frac{2}{3}\pi}$ で結合し等価回路を作る。

例として第2図に1号線a 1φ-G, 2号線a'b' 2φ-Gの組み合わせ時の2機系統の等価回路を示す。

第2図で

$\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_{00}, \dot{V}_{01}$ は各対称分回路の電圧

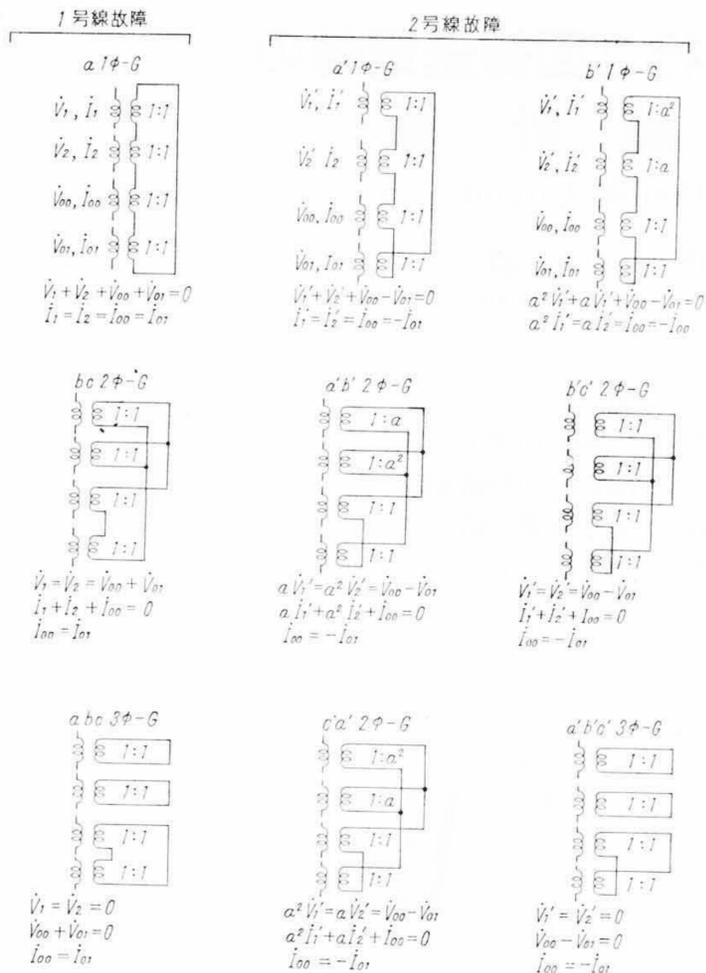
$\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_{00}, \dot{I}_{01}$ は各対称分回路の電流

$\dot{Z}_1, \dot{Z}_2, \dot{Z}_{00}, \dot{Z}_{01}$ は各対称分回路のインピーダンス

ただし $\dot{Z}_{00}, \dot{Z}_{01}$ は通常の二相回路理論で用いるインピーダンスの1/2, $\dot{I}_{00}, \dot{I}_{01}$ は通常の二相回路理論で用いる電流の2倍である。

なぜなら二相回路理論でのインピーダンスを $\dot{Z}'_{00}, \dot{Z}'_{01}$, 故障点の流出電流を $\dot{I}'_{00}, \dot{I}'_{01}$ とすると1号線故障の点では2号線故障なし、

* 日立製作所日立研究所



第2図同様ここでも I_{00}, I_{01} は通常の二相回路理論の2倍の電流である。

第3図 各種故障時の移相変圧器の結合法 変圧比および電圧、電流の関係

2号線故障の点では1号線故障なしであるから零相の実効インピーダンスは $(Z'_{00} + Z'_{01})/2$, 1号線故障点の零相流出電流は $2I'_{00}$ ($= 2I'_{01}$), 2号線故障点の零相流出電流は $2I'_{01}$ ($= -I'_{01}$) に等しくなる。この関係は他の故障種類についても変わらない。

各種故障時の故障点における移相変圧器の結合法、変圧比、電圧、電流の関係を第3図に示す。第2図以外の故障種類に対しては移相変圧器の接続を第3図に従って変えればよく、2号線故障なしの場合には移相変圧器を接続しなければよい。

2.3 接続点電圧に関する連立一次方程式

2.3.1 一般の接続点の電圧

等価回路から接続点電圧に関する多元連立一次方程式を作り、これを解いて電圧を求める。

第4図で接続点①に関して次の関係が成り立つ。

$$I_{12} = Y_{12}(\dot{V}_2 - \dot{V}_1) \dots\dots\dots (1)$$

$$I_{13} = Y_{13}(\dot{V}_3 - \dot{V}_1) \dots\dots\dots (2)$$

$$I_{11} = -Y_{11}\dot{V}_1 \dots\dots\dots (3)$$

$$I_{11} + I_{12} + I_{13} = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$\therefore -(\dot{Y}_{11} + \dot{Y}_{12} + \dot{Y}_{13})\dot{V}_1 + \dot{Y}_{12}\dot{V}_2 + \dot{Y}_{13}\dot{V}_3 = 0 \dots\dots (5)$$

故障点および正相回路の発電機内部誘起電圧点以外の一般の接続点電圧に関しては(6)式が成立する。

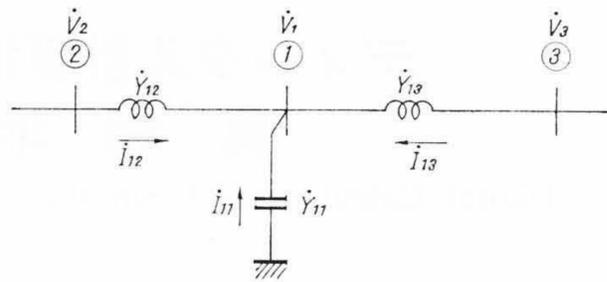
$$-\left(\sum_{L=1}^N \dot{Y}_{KL}\right)\dot{V}_K + \sum_{L=1, L \neq K}^N (\dot{Y}_{KL}\dot{V}_L) = 0 \dots\dots\dots (6)$$

(6)式で $\sum_{L=1}^N \dot{Y}_{KL}$ は接続点Kに集まる枝路アドミッタンスの総和、 \dot{Y}_{KL} は接続点KとLの間に結ばれるアドミッタンスでK=LはKと中性点の間にはいるアドミッタンスを表わす。

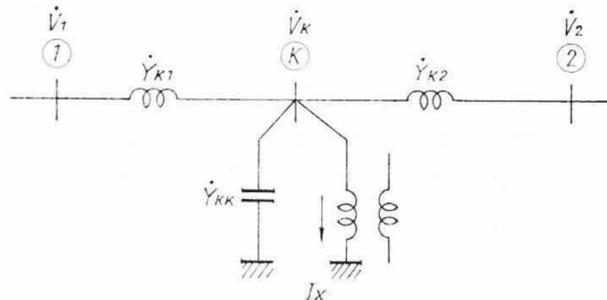
2.3.2 故障点の電圧

故障点の電圧に関しては故障種類に応じて零相第2回路および逆相回路の故障点流出電流を利用する特殊な計算をする。

まず等価回路での零相第2回路または逆相回路の故障点流出電



第4図 接続点電圧



第5図 故障点流出電流

流を I_X とすれば第5図の関係から(7)式が求められる。

$$I_X = -\left(\sum_{L=1}^N \dot{Y}_{KL}\right)\dot{V}_K + \sum_{L=1, L \neq K}^N (\dot{Y}_{KL}\dot{V}_L) \dots\dots\dots (7)$$

次に故障点の電圧に関する方程式を作る。その例として第2図の故障点各相回路の電圧に関する方程式を(8)~(14)式に示す。その他の故障種類も第3図の関係を用いて同様に求められる。

(1) 1号線 a 1φ-G

零相第2回路の故障点流出電流 I_R を用いて正相、逆相、零相第1回路の故障点電圧に関して(8)式を作る。

$$-\left(\sum_{L=1}^N \dot{Y}_{KL}\right)\dot{V}_K + \sum_{L=1, L \neq K}^N (\dot{Y}_{KL}\dot{V}_L) - I_R = 0 \dots\dots\dots (8)$$

(K=1, 2 or 3)

零相第2回路の故障点電圧に関しては(9)式を用いる。

$$\dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_3 + \dot{V}_4 = 0 \dots\dots\dots (9)$$

(8), (9)式で $\dot{V}_1, \dot{V}_2, \dot{V}_3, \dot{V}_4$ はそれぞれ故障点の正相、逆相、零相第1, 零相第2回路の電圧を示す。

(2) 2号線 a'b' 2φ-G

零相第2回路の故障点流出電流 I_S , 逆相回路の故障点流出電流 I_T を用いて上から順に正相、逆相、零相第1, 零相第2回路電圧に関する式を作る。

$$-\left(\sum_{L=1}^N \dot{Y}_{KL}\right)\dot{V}_K + \sum_{L=1, L \neq K}^N (\dot{Y}_{KL}\dot{V}_L) + aI_T - aI_S = 0 \dots\dots\dots (10)$$

(K=5)

$$a^2\dot{V}_5 - \dot{V}_6 = 0 \dots\dots\dots (11)$$

$$-\left(\sum_{L=1}^N \dot{Y}_{LK}\right)\dot{V}_K + \sum_{L=1, L \neq K}^L (\dot{Y}_{KL}\dot{V}_L) + I_S = 0 \dots\dots\dots (12)$$

(K=7)

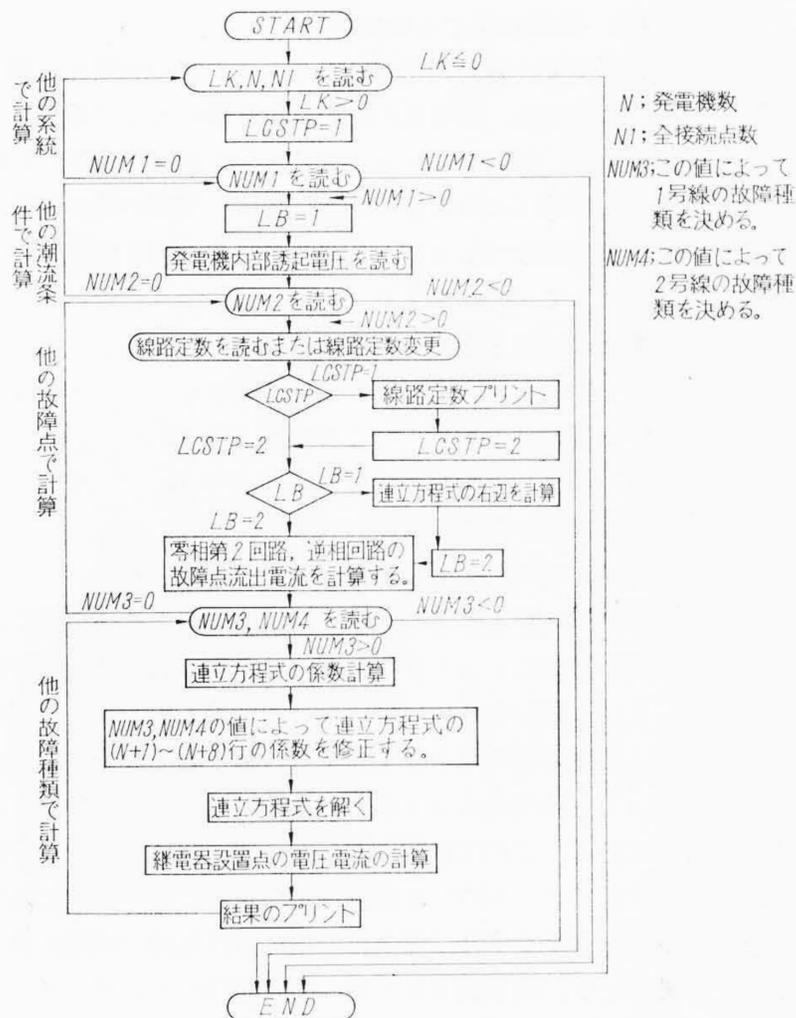
$$a\dot{V}_5 - \dot{V}_7 + \dot{V}_8 = 0 \dots\dots\dots (13)$$

(10)~(13)式で V_5, V_6, V_7, V_8 はそれぞれ故障点の正相、逆相、零相第1, 零相第2回路の電圧である。

(8)~(12)式の I_R, I_S, I_T は(7)式の I_X で表わされる一次方程式であるから、(8)~(13)はいずれも電圧を未知数とする一次方程式となる。

2.3.3 発電機内部誘起電圧

正相回路の発電機内部誘起電圧点にはあらかじめ一定電圧を与



第6図 共役傾斜法でのフローチャート

えておく。この電圧によって故障前の電力潮流がきまる。

2.4 連立一次方程式の解法

前節に述べた方法で接続点 N 個の回路では N 個の独立な式からなる連立一次方程式ができる。 N 個の接続点電圧のうち発電機内部誘起電圧はあらかじめ一定値を与えられているから、実際には $(N-N')$ 個(N' は発電機数)の連立一次方程式に直しこれを解く。

連立一次方程式の計算には始め Gauss Seidel 法を用いたが取れんしなかった。初期値として最終結果に近い適当な値を入れれば取れんするはずであるが、汐流計算の場合と異なり故障種類、故障点、系統条件によって複雑に変化する値に対し適当な値を与えることは不可能である。そこで計算には消去法で係数行列の対角線より下の要素を零とした三角行列を作る方法と共役傾斜法による方法を用いた。また記憶装置の数を減らすため計算は複素数のまま行なう。

2.5 求める点の電圧、電流

連立方程式を解いて接続点電圧を求めたら接続点2点間の電圧差とその間のアドミッタンスから電流を算出する。このようにしてえられた電圧、電流は正相、逆相、零相第1、零相第2回路の値であるからベクトル合成により相電圧、線電流などを求める。

ここでは計算結果のアウトプットは並行2回線の両端、すなわち継電器設置点とする。したがって電流の計算、電圧、電流の合成は送電線両端だけ行なう。

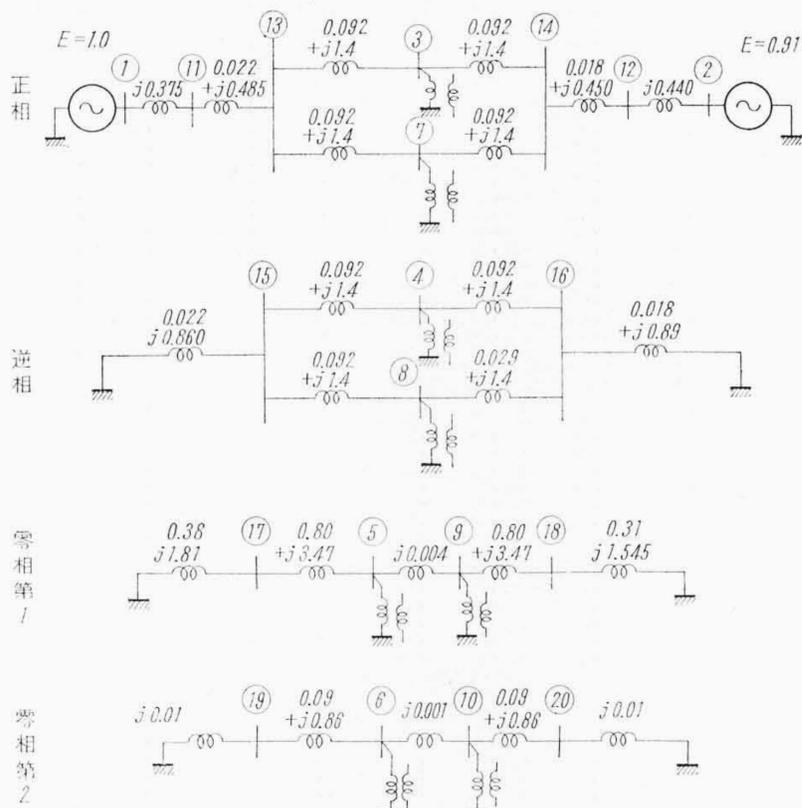
3. 計算プログラム

連立方程式の計算に消去法を用いたプログラムは接続点35まで、共役傾斜法を用いたプログラムは接続点70まで計算できる。接続点の数は IBM-7070 の記憶容量約 10,000 によって制限される値である。第6図は共役傾斜法でのフローチャートを示す。

第6図で NUM 3, NUM 4 は故障種類を決める数値で、たとえば NUM 3=1 のとき1号線の故障点電圧に関する式は(10)~(13)式を使い、NUM 4=3 のとき2号線の故障点電圧に関する式は



第7図 想定送電線



第8図 計算例の線路定数 (数値はすべてインピーダンス値)

(10)~(13)を使う。その他の故障時には NUM 3, NUM 4 の値に応じて故障点電圧に関する式を変える。故障点電圧に関する式以外は(6)式で表わされる故障種類に無関係な式になる。

連立方程式の1~ N 行は発電機内部誘起電圧を与え、 $(N+1)$ ~ $(N+8)$ 行は故障点電圧に関する式、 $(N+9)$ ~ N 行は一般の接続点電圧に関する式とする。したがって連立方程式の計算は $(N+1)$ 行から始まる。また $(N+9)$ 行以後では発電機内部誘起電圧とそれに接続されているアドミッタンスの積は一定になるから、連立方程式の計算に先だって式の右辺に移しておく。

接続点間のアドミッタンスは全接続点間に記憶を与えると非常に大きい記憶容量を要する。このプログラムでは記憶容量を節約するため1個の接続点から出る枝路は6本以下とし、接続点 I については接続点 MK 点と結ぶ枝路番号を $J=1\sim 6$ とし、 I と MK の間のアドミッタンスを $\dot{Y}(I, J)$, $J=MK-M(I, J)$ と表わす。 $M(I, J)$ は接続点 I とその枝路番号 J によって定められ、 $J=MK-M(I, J)$ の関係満足する補助数である。

共役傾斜法では係数行列の $(N+1)$ ~ $(N+8)$ 行にだけ全列の係数に記憶を与え、それ以外の行には前述の枝路番号を利用して1行当たり6個の係数にだけ記憶を与え、記憶容量を節約している。

接続点間にはいっている線路定数はインピーダンスで読み込み、アドミッタンスに変換し、接続点と中性点の間にはいっている線路定数はアドミッタンスで読み込む。

4. 計算例

4.1 想定送電線と各対称分回路インピーダンス

例として簡単な2機系並行2回線送電線での計算結果を示す。第7図は計算に用いた想定送電線である。第8図は第7図の保護区間

第 1 表 第 8 図の回路での計算結果

1 FAULT POINT PERCENTAGE:FP1 IS 50.00 FP2 IS 50.00									
1 CCI 1 A PHASE FAULT AT FP1									
1 CCI 2 NO FAULT									
	RY 1		RY 2		RY 3		RY 4		
	VALUE	ANGLE	VALUE	ANGLE	VALUE	ANGLE	VALUE	ANGLE	
VA	0.6645	-0.83	0.6645	-0.83	0.6385	-0.81	0.6586	-0.81	
IA	0.2845	-82.40	0.0139	-86.93	0.2867	-81.31	0.0139	-93.07	
VB	1.0000	-124.43	1.0000	-124.43	0.9920	-123.66	0.9920	-123.66	
IB	0.0152	145.17	0.0152	147.99	0.0153	-31.90	0.0153	-31.90	
VC	0.0026	123.16	0.0026	123.16	0.0016	122.97	0.0016	122.97	
IC	0.0150	37.37	0.0150	37.60	0.0150	-142.96	0.0150	-142.96	
VAB	1.4771	33.61	1.4771	33.61	1.4048	33.89	1.4048	33.89	
IAB	0.2944	-80.10	0.0259	-58.07	0.2472	-74.82	0.0259	-121.98	
VBC	1.6899	-90.02	1.6899	-90.02	1.6196	-89.87	1.6196	-89.87	
IBC	0.0249	-177.56	0.0249	-177.56	0.0249	2.44	0.0249	2.44	
VCA	1.5071	144.66	1.5071	144.66	1.4357	144.37	1.4357	144.37	
ICA	0.2922	95.05	0.0256	64.13	0.2497	101.09	0.0256	-118.87	
VO	0.1957	176.05	0.1957	176.05	0.1395	176.45	0.1395	176.45	
IO	0.0891	-82.13	0.0011	95.37	0.0913	-82.20	0.0011	-84.61	

第 2 表 第 8 図の回路のうち⑤と⑨、⑥と⑩の間のリアクタンスを 10 倍にしたの計算結果

2 FAULT POINT PERCENTAGE:FP1 IS 50.00 FP2 IS 50.00									
1 CCI 1 A PHASE FAULT AT FP1									
2 CCI 2 A PHASE FAULT AT FP2									
	RY 1		RY 2		RY 3		RY 4		
	VALUE	ANGLE	VALUE	ANGLE	VALUE	ANGLE	VALUE	ANGLE	
VA	0.6474	-2.94	0.6474	-2.94	0.6099	-4.27	0.6099	-4.27	
IA	0.3867	-72.79	0.0181	-91.70	0.3867	-72.93	0.0182	98.35	
VB	0.6382	-118.84	0.6382	-118.84	0.6011	-117.64	0.6011	-117.64	
IB	0.0154	148.91	0.0154	149.83	0.0155	-31.32	0.0155	-31.32	
VC	0.0044	119.30	0.0044	119.30	0.0008	119.39	0.0008	119.39	
IC	0.0156	32.72	0.0156	32.72	0.0156	-146.38	0.0156	-146.38	
VAB	1.0097	78.89	1.0097	78.89	1.0120	78.77	1.0120	78.77	
IAB	0.3933	-71.32	0.3735	-40.92	0.3452	-73.70	0.3225	-38.32	
VBC	1.4746	-82.27	1.4746	-82.27	1.4020	-81.72	1.4020	-81.72	
IBC	0.0263	-178.95	0.0263	-182.35	0.0263	1.95	0.0263	137.20	
VCA	1.4845	140.94	1.4845	140.94	1.4130	140.41	1.4130	140.41	
ICA	0.3011	145.01	0.2959	65.02	0.3530	110.42	0.2959	-114.26	
VO	0.1174	118.29	0.1174	118.29	0.0952	118.46	0.0952	118.46	
IO	0.1237	-72.05	0.1161	139.86	0.1242	-72.80	0.1165	140.70	

中央で故障した場合の正相、逆相、零相第 1、零相第 2 回路の線路定数を示すもので 3,000 MVA, 275 kV ベースで表わしてある。計算例では回路を簡単にし、結果の検討に便利のように送電線の静電容量は省略してある。発電機数は 2 機であるから接続点①、②にはあらかじめ電圧を与えておき、接続点③～⑩が故障点となる。ここでは①、②の電圧をそれぞれ $1.0+j0.0$, $0.91+j0.0$ とする。両回線の故障点を同一点にとれば接続点⑤と⑨、⑥と⑩の間にインピーダンスはないが、故障点電圧に関する方程式(8)～(13)式などの関係を満足させるため保護区間全体の約 1/2,000 のリアクタンスを入れて計算する。

零相第 2 回路の接続点⑩、⑪は電流計算に便利のように中性点の近くにもうけた仮の接続点で、実系統との関連性はない。なお理論上正相、逆相回路の送電線抵抗は零相第 2 回路の 2 倍となるはずであるが(前述のように零相第 2 回路のインピーダンスは通常の二相回路理論の 1/2)ここでは実測値をそのまま使用する。

4.2 計算結果とその検討

計算結果は第 7 図の RY 1, 2, 3, 4 の点の相電圧、線電流、線間電圧、線電流の差を相回転順にそして最後に零相の電圧、電流をプリントする。したがって RY 1 と 2, 3 と 4 の電圧は同じ値である。電圧、電流の値は計算途中では複素数であるが、最終的には絶対値と位相角の形になおしてプリントする。

第 1 表は第 8 図の

- 1 号線 a 1φ-G, 2 号線故障なし
- 1 号線 a 1φ-G, 2 号線 a' 1φ-G
- 1 号線 a 1φ-G, 2 号線 b' 1φ-G
- 両回線ともに 3φ-G

の 4 種類の故障を消去法で計算した結果を示す。

計算には静電容量は省略し、電流の向きを送電線に流れ込む方向にとっているから、健全相(相手回線で故障している相を含めて)の電流は送電線両端で大きさが等しく、逆位相になるはずであるが第 1 表では多少誤差があって誤差の最大は大きさが 0.0001、位相で 0.25 度となっている。これは接続点⑤と⑨、⑥と⑩に入れた微少なインピーダンスのため計算誤差が生じたもので、これらの値を大きくすれば健全相の電流は送電線の両端で同じ値となる。第 2 表は⑤と⑨、⑥と⑩間のインピーダンスを 10 倍して 1 号線 a 1φ-G, 2 号線 a' 1φ-G を計算した結果を示す。第 2 表では計算誤差は減って健全相電流は送電線両端で同じ値になっているが、1 号線と 2 号線の電流の差が増し両回線同一点故障という条件に対しては第 1 表に比べ近似性が悪くなっていることがわかる。いずれにせよ第 1 表、第 2 表で健全相両端の電流および両回線同一となるべき電流の違いはきわめて小さく、実際上両回線同一地点の故障に対してもなんら問題ない。

両回線ともに 3φ-G になった場合は零相回路、逆相回路には無関係になり、正相回路だけの計算になるから⑤と⑨、⑥と⑩間のインピーダンス値の影響はうけない。1 号線 3φ-G, 2 号線故障なしの場合も同様である。なお第 1 表の両回線ともに 3φ-G 時の零相電圧、電流の角度は前に計算した故障(ここでは省略したが 1 号線 bc 2φ-G, 2 号線 3φ-G)の値が記憶装置に残りそのままプリントされたもので計算誤差として零相電圧、電流に微小値がでたためではない。

共役傾斜法での計算結果は省略する。共役傾斜法では N 元の連立一次方程式に対して N 回のくり返し計算をすればよいはずであるが実際には切捨誤差のため N 回以上のくり返し計算が必要であった。計算誤差を 0.1% 以下にするためには 18 元の複素数連立一次方程式である第 8 図の計算例に対し 50 回以上のくり返し計算が必要であった。くり返しの数は故障種類、系統の条件によって異なる。ただし両回線とも 3φ-G および 1 号線 3φ-G, 2 号線故障なしの場合にはそれぞれ 5 回および 7 回のくり返しでよかった。これは連立方程式が正相、逆相、零相回路と独立な 3 個のグループに分かれるためと考える。

計算時間は上記計算例に対し、カードの読み込み時間、アウトプットのプリント時間も含めて消去法で 25 ケースが約 13 分、共役傾斜法で 26 ケースが約 30 分であった。消去法と共役傾斜法との優劣については系統の条件によって異なり簡単にはいえないが、接続点数の少ない系統は消去法で、接続点の多い系統は共役傾斜法で解くのがよいようである。この点についてはさらに多くの計算を行ってから検討したい。

上例では静電容量は省略しているが静電容量，故障点抵抗を入れた計算もまったく同様にできる。

4.3 継電器動作の検討例

故障計算の最終目的は継電器動作および継電器方式の可否を検討することである。ここでは継電器動作の例として前述のRY 1,2点のa b相間にある短絡継電器が，第1表の1号線a 1φ-G，2号線b' 1φ-G時にどのようなになるかを示す。これらの短絡継電器にとって一相は自回線での，もう一相は他回線での故障である。

第1表からRY 1点の継電器のみるインピーダンスは(14)式，RY 2点の継電器のみるインピーダンスは(15)式となる。

$$\dot{Z}_{ab}(RY 1) = \frac{\dot{V}_{ab}}{\dot{I}_a - \dot{I}_b} = \frac{1.0897 \angle 28.85^\circ}{0.3983 \angle -71.32^\circ} = 2.736 \angle 100.2^\circ \dots\dots\dots (14)$$

$$\dot{Z}_{ab}(RY 2) = \frac{\dot{V}_{ab}}{\dot{I}_a - \dot{I}_b} = \frac{1.0897 \angle 28.85^\circ}{0.3755 \angle -40.92^\circ} = 2.902 \angle 60.8^\circ \dots\dots\dots (15)$$

これに対し，想定送電線の保護区間正相インピーダンスは第8図に示すように(16)式の値となる。

$$\dot{Z}_1 = 0.184 + j2.8 = 2.806 \angle 86.2^\circ \dots\dots\dots (16)$$

すなわちRY 1点の継電器は実際のインピーダンス角より大きくみ，RY 2点の継電器は実際のそれより小さくみて，その絶対値はともにほぼ保護区間の全インピーダンスに等しい。また継電器の距離整定を第1段85%，第2段150%にとれば，継電器としてインピーダンス型を用いてもモー型を用いても，RY 1点，およびRY 2点の継電器はともに第1段不動作，第2段動作となる。

5. 結 言

IBM-7070を用いた並行2回線送電線の両回線にまたがる多重故障時の電圧，電流計算法について述べた。故障種類は両回線にまたがるあらゆる故障の組み合わせと同一回線内での地絡故障で，同一

回線内で二相以上が故障する場合の故障点は同一点，1号線と2号線の故障点は異地点とした。両回線同一点故障に対しては近似計算になるがその誤差はきわめて小さく，実用上同一地点の故障とみなしてさしつかえない。

計算には送電網を正相，逆相，零相第1，零相第2回路に分け，おのおの回路を故障時の電圧関係を利用し故障種類に応じた3種類の移相変圧器で結合した等価回路を用いた。この等価回路から接続点電圧を未知数とする多元連立一次方程式を作り，これを解いて電圧を求め，電流を計算し，さらに相電圧，線電流を合成した。

連立方程式の解法には消去法で係数行列の三角行列を作る方法と共役傾斜法を用いた。前者は接続点35，後者は接続点70まで計算できるプログラムで，接続点の数はIBM-7070の記憶容量から制限された値である。

計算結果はプリントするほか出力テープに読み込ませてあるから，これを用いて，別に作成した継電方式に関するプログラムを連系計算させることにより，その方式の可否ならびに適用限界の判定をきわめて精確かつ容易に行なうことができ，継電方式の改善ならびに信頼度の向上に益するところが大きい。

終わりに臨み終始御激励を賜った日立製作所日立研究所小林部長，高林主任研究員に対し衷心より謝意を表す。またIBM-7070のプログラム作成にご助言，ご協力をいただいた日立研究所奥山主任，竹田技術員およびIBM使用に当たりお世話になった日立工場事務管理部の方々に厚くお礼申しあげる。

参 考 文 献

- (1) J. B. Ward, H. W. Hale: TAIEE., Pt. III. 75, 398 (June. 1956)
- (2) 乗松ほか4名: 電試彙報, 25, 894 (昭35-12)
- (3) L. W. Coombe, D. G. Lewis: TAIEE., Pt. III, 75, 1394 (Feb. 1957)
- (4) 奥田: 日立評論, 44, 27 (昭37-10)



特許第291288号

特 許 の 紹 介



小 沢 重 樹・安 藤 進 一 郎

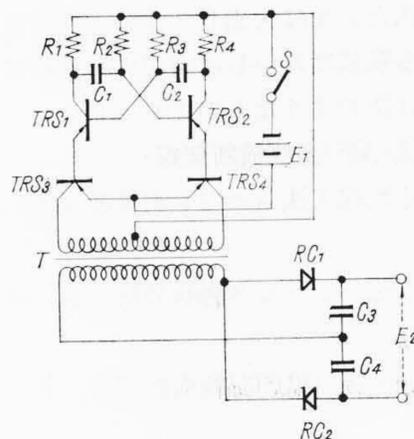
ト ラ ン ジ ス タ 型 直 流 電 圧 変 換 装 置

本発明はある直流電源から勢力を受けてこれを別の直流電圧に変換して負荷に給電する装置，たとえば蓄電池の低い電圧を高い電圧に変換して増幅器の高圧電源に利用するような目的の電圧変換装置に関する。

この装置は図に示すようにトランジスタ TRS₁, TRS₂, 抵抗 R₁~R₄, コンデンサ C₁, C₂ より構成されるトランジスタ無安定マルチプレートとトランジスタ TRS₃, TRS₄, 出力変成器 T より構成されるプッシュプル形増幅器およびダイオード RC₁, RC₂, コンデンサ C₃, C₄ より構成される整流回路とより構成されている。E₁ は駆動直流電源で S は開閉器である。

開閉器 S が閉じられると TRS₁, TRS₂ は交互に導通し (この周期はマルチプレートを構成する抵抗，コンデンサの容量で決定される。) それに応じて TRS₃, TRS₄ も交互に導通する。したがって変成器 T の一次側左半部，右半部には交互に電流が流れ，二次側にはそれに対応する方形波勢力が得られる。所望の直流電圧はこれを整流して得られる。

このような本発明装置では比較的小さなトランジスタで大きな出



力を得ることができ，変換の効率がきわめて高く，そのうえ出力変成器は通常用いられる鉄心で目的を達することができるので価格の点でも有利なものである。(福島)