

日立電流環流式表示線保護継電装置

中山敬造* 奥田健三** 渡井三夫***

Hitachi Circulating Current Pilot-Wire Relay

By Keizō Nakayama

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Kenzō Okuda

Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

Mitsuo Watai

Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

It is widely known that the A.C. pilot-wire relay is most suitable for the protection of the short range transmission line. Hitachi, Ltd. which has been endeavouring in the improvement of the performance characteristics of this type of relay has completed and placed on market recently the circulating current pilot-wire relay which is essentially a combination of a ratio differential current relay and a differential current transformer. This instrument has the following advantages in addition to the general excellent characteristics owned by any A.C. pilot wire protective relay system.

- (1) One set of relay combined with a set of signal lamp is sufficient for the protection of one line against faults of all kinds including shortcircuit and grounding.
- (2) Small power consumption allows the use of any ordinary current transformer.
- (3) Being designed on the ratio differential method of outstanding characteristics, there is very few chances of operating erroneously against external faults.

In January, 1955, a series of performance test was carried out on artificial faults using 30 kV cable system in Nagoya City. In this test, which was repeated 29 times, the relay displayed its splendid performance to the full, functioning correctly for all given faults except once in which was involved the misarrangement of the test system. The operating time was so short as averaging 1.5 cycle and the terminal difference of the operating time recorded at both ends of the line did not exceed 0.3 cycle.

〔I〕 緒 言

短距離重要送電線の保護継電方式としては、系統の運営上から制約を受けることなく、しかも迅速確実に動作することが要求されるが、これに対し交流式表示線保護継電方式が種々の点よりみて最適であることは、広く知られている。

交流式表示線保護継電方式の適用限界は、おもに表示線の施設に要する建設費の経済性から決定されるが、遠方監視制御装置やテレメータなどの連絡線と同時に施設される場合とか、また電力ケーブルと一体にあらかじめ用意される場合には、表示線の施設に要する建設費も割安となり、装置自体の経済性と相まってますます有利となる。

日立製作所においてはかねてより本方式の開発に努力し、さきに東京電力株式会社新川線に電圧対向式による装置⁽¹⁾を納入したが、今回新たに電流環流式を採用し、

* 日立製作所日立国分分工場

** 日立製作所日立研究所

*** 日立製作所多賀工場

短絡、地絡の両故障に対して1対の表示線による簡潔確実な表示線保護継電方式を開発することに成功した。本方式による装置は本年1月中部電力株式会社名古屋市内30kVケーブル系統における人工故障試験に供試され、十分満足すべき成績がみられたので、ここに本装置の構造および特性、人工故障試験の結果につきのべる。

〔II〕 電流環流式表示線保護継電装置

保護区間の1端局に必要な装置はKD型QC式差電流継電器、綜合変流器、差動変流器、絶縁変圧器および平衡用抵抗器である。第1図は本装置を2端子保護区間に適用した場合の接続図を示し以下同図について本装置の構造および動作を説明する。

(1) 装置の詳細

(a) 綜合変流器

綜合変流器は線路変流器の二次側に接続され、三相電流を单相電流に変換するとともに、保護すべき系統の故障条件に合致するように装置の感度を調整することができる。すなわち、一次側にはR, S, Tなる相巻線とN₁, N₂なる零相巻線とがあつて、前者には正相および逆相電流が流れ、後者には零相電流が流れる。零相巻線および二次巻線はタップ付であり、短絡、地絡の両故障に対しておのおの独立に最適感度に整定することができる。

(b) 差動変流器

差動変流器は一次側に差動巻線K₁L₁およびK₂L₂をもつて三巻線変流器であり、故障点が保護区間内部かまたは外部かを弁別して、継電器の動作を安定確実に行っている。差動変流器の差動特性は本継電装置の性能を左右する重要なものであるから特に考慮を払い慎重に製作されている。

(c) 絶縁変圧器

絶縁変圧器は継電装置と表示線とを絶縁するために用いられるが、同時に巻数比を大きくとつて表示線の等価抵抗値(表示線の抵抗値を絶縁変圧器の巻数比で装置側に換算した値)を小さくして、継電装置の消費VAを小さくしている。

常時表示線に環流する電流は約10mA程度であり、また表示線線間電圧も数V以下である。絶縁変圧器の耐圧は下記を標準としている。

一次 A.C. 2,000V 二次 A.C. 5,000V

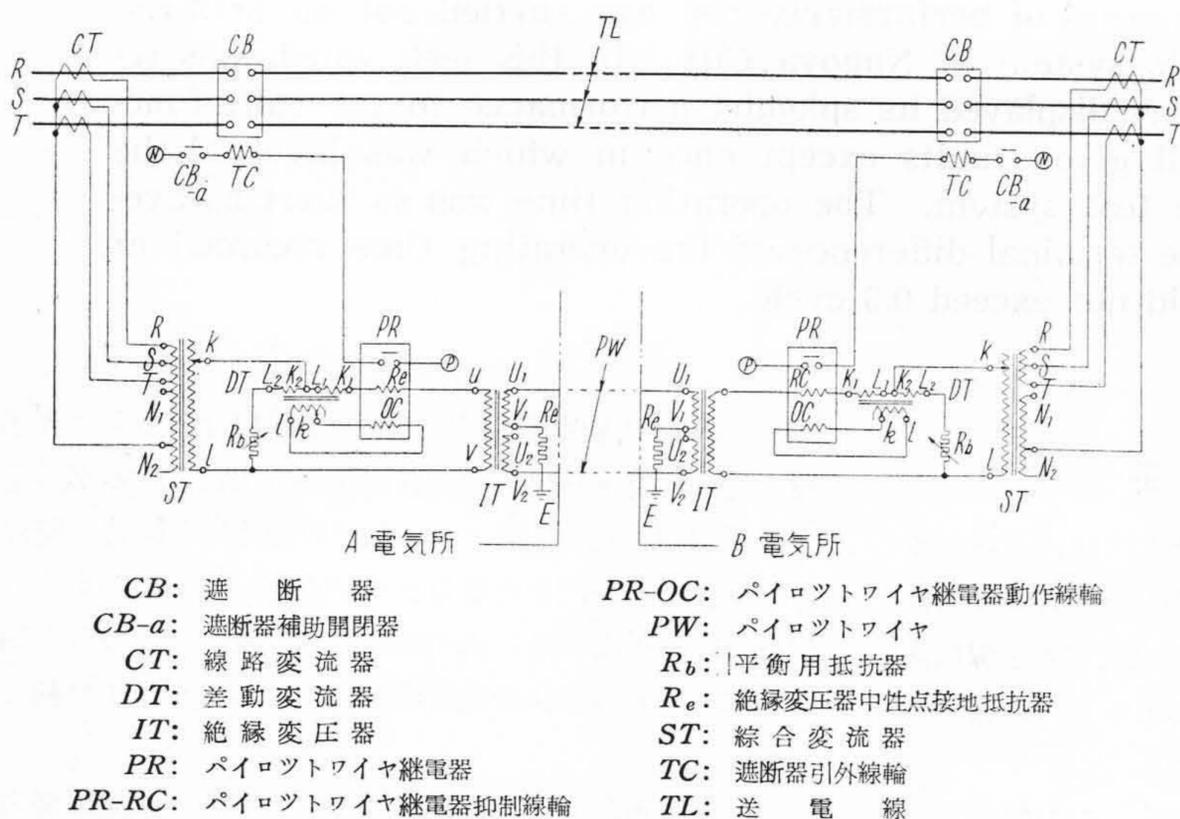
(d) 平衡用抵抗器

平衡用抵抗器は差動変流器の一次側巻線K₂L₂の附属抵抗器であつて、通常表示線の等価片道抵抗値に等しく選り、平常時および区間外故障時の差動変流器二次電流すなわち継電器動作コイル電流を零に調整するためのものである。

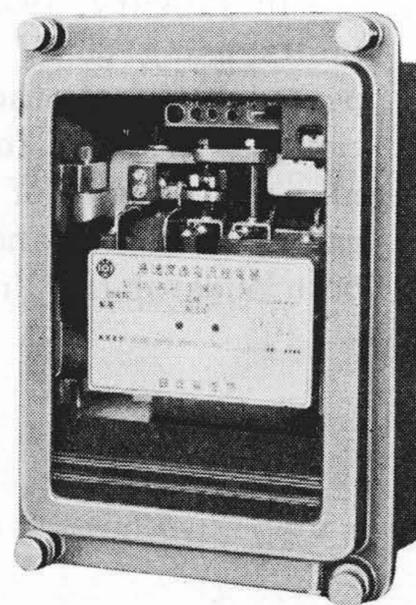
(e) KD型QC式高速度差電流継電器

第2図は本継電器の外観を示す。本器は誘導環型電流要素と電流抑制要素とよりなり、前者の回転力が後者のそれに打勝つたとき動作するものである。電流要素には使用回路条件に適宜対応せしめるため0.05~0.4Aの電流整定タップを設けてある。第3図に抑制電流と動作電流との関係を示す。

本継電器は故障電流値および故障発生時の電流位相によつて若干の差異はあるが、平均1.5~以下の高速度で確実に動作する。

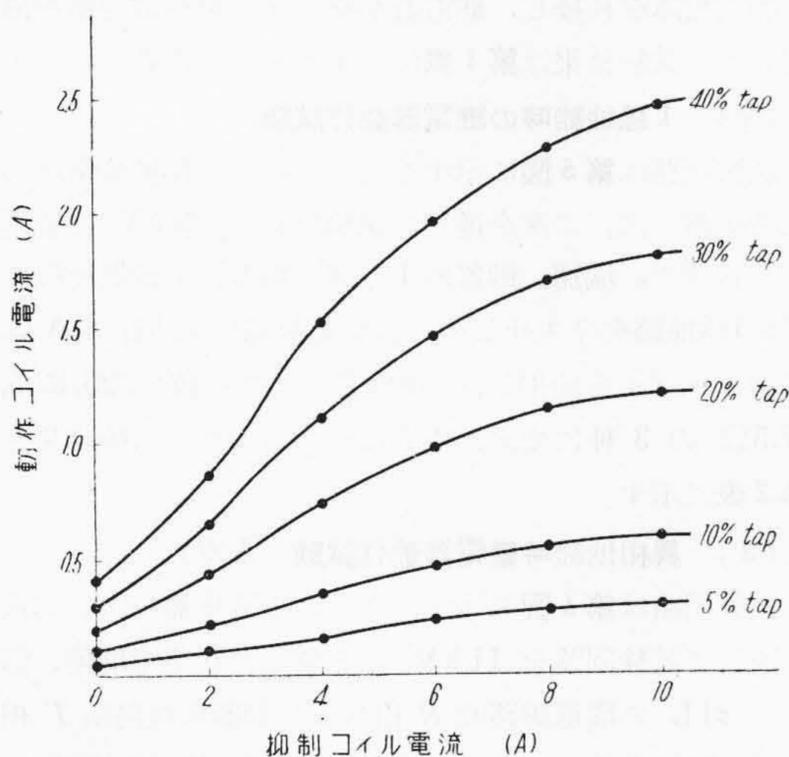


第1図 電流環流式表示線保護継電方式説明図
Fig.1. Schematic Diagram of Circulating Current Pilot Wire Relay



第2図
KD型QC式高速度差電流継電器

Fig.2.
Type KD Form QC High Speed Differential Current Relay



第3図 KD型QC式高速度差電流継電器の比率差動特性

Fig. 3. Ratio Differential Characteristics of Type KD Form QC High Speed Differential Current Relay

(2) 継電装置の動作

(a) 平常時および区間外故障時の動作

平常時および区間外故障時には、両端電気所を流れる電流は大いさ、位相ともに相等しく、主変流器は両端電気所で極性を反対に接続しているため、第1図のA電気所の差動変流器の電流はつぎのようになる。すなわち

$$\text{総合変流器二次電流 (A電気所)} \quad I_{SA}$$

$$\text{総合変流器二次電流 (B電気所)} \quad I_{SB}$$

とおけば、平衡用抵抗器 R_b は表示線の等価片道抵抗に等しくとつてあるため、 I_{SA} または I_{SB} は差動変流器の K_1L_1 巻線と K_2L_2 巻線に 1:3 の割合で分流する。したがって K_1L_1 巻線を $L_1 \rightarrow K_1$ に流れる電流 $I_{K_1L_1}$ は

$$I_{K_1L_1} = \frac{1}{4} (I_{SA} + I_{SB})$$

K_2L_2 巻線を $K_2 \rightarrow L_2$ に流れる電流 $I_{K_2L_2}$ は

$$I_{K_2L_2} = \frac{1}{4} (3I_{SA} - I_{SB})$$

となる。平常時および区間外故障時には、前述のごとく両端電気所を流れる電流は相等しく、

$$I_{SA} = I_{SB}$$

となるので

$$I_{K_1L_1} = I_{K_2L_2} = \frac{1}{2} I_{SA}$$

なる関係がえられる。したがって、差動変流器の一次側のアンペアターンは相殺されて二次側の継電器動作コイルには電流が流れず、かつ抑制コイルは表示線電流により附勢されて十分な抑制回転力を発生するので継電器は絶対に動作することがない。

(b) 区間内故障時の動作

区間内故障時には線路電流の極性が一端において反転するので、両端から流入する故障電流が相等しい場合には

$$I_{K_1L_1} = 0, \quad I_{K_2L_2} = I_{SA}$$

となり、差動変流器二次側の継電器動作コイルに大きな差電流がえられ、他方抑制コイル電流は零となるので継電器は高速度に動作する。

(c) 片端電源区間内故障時の動作

つぎに故障電流供給源がA電気所側だけの場合には

$$I_{SB} = 0$$

となるので、A電気所においては

$$I_{K_1L_1} = \frac{1}{4} I_{SA}, \quad I_{K_2L_2} = \frac{3}{4} I_{SA}$$

となり、

$$I_{K_1L_1} \sim I_{K_2L_2} = \frac{1}{2} I_{SA}$$

に相当する一次側のアンペアターンにより二次側の動作コイルに電流が流れ継電器は動作する。

他方B電気所においては、A電気所の $I_{K_1L_1}$ が表示線を介してB電気所の差動変流器の K_1L_1 , K_2L_2 両巻線を直列に流れるので、A電気所と同様に

$$I_{K_1L_1} + I_{K_2L_2} = \frac{1}{2} I_{SA}$$

に相当する一次側のアンペアターンにより、二次側の動作コイルに電流が流れる。したがって、この場合にも両端同時遮断が確実に実行される。

なお、区間外故障時には前述のごとく、継電器の動作コイル電流は零になるが、実際には線路の充電電流、主変流器の特性差などによる不平衡分が現われることがある。抑制コイルは上記の原因にもとづく不平衡電流により誤動作するのを防止するために設けられたもので、継電器に比率差動特性をあたえ、差動変流器のすぐれた性能と相まって誤動作を未然に防止し、本継電方式の信頼度を一段と高いものとしている。

〔III〕 30 kV ケーブル系統における人工故障試験

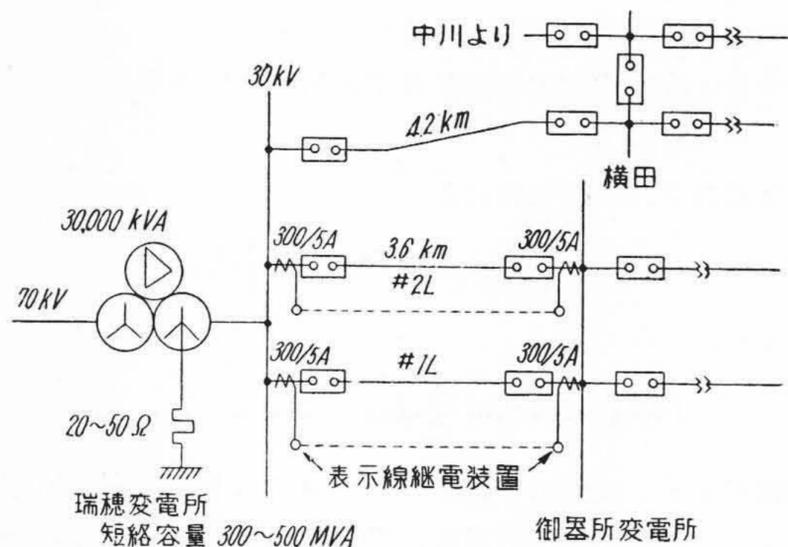
中部電力株式会社の名古屋市内のケーブル系統は、従来 10 kV で運転されてきたが、今回 30 kV に昇圧されることになり、これに伴う技術的諸問題を解決するために、名古屋市内 30 kV ケーブル系統委員会が構成され、種々検討が加えられた結果、系統保護継電方式としては表示線保護継電方式が採用されることとなった。

本継電方式の実施に先立ち本年1月第4図(次頁参照)に示すごとく名古屋市内の瑞穂、御器所両変電所間(3.6 km) ケーブル系統において、日立製作所ほか3社の表示

線保護継電装置の人工故障試験が行われた。故障種類は1線地絡，異相地絡，3線地絡故障であるが，試験結果はつぎの通りであった。

(1) 最少動作電流の測定試験

各社継電装置の外部接続回路を完成した後，最少動作電流の測定を行った。試験は瑞穂側および御器所側において，線路変流器の一次側から電流を流して片端電源の



第4図 試験系統図
Fig. 4. Schematic Diagram of Nagoya 30 kV Cable System Under Test

区間内故障を模擬し，継電器が動作する最少電流値を測定した。試験結果は第1表に示すごとくである。

(2) 1線地絡時の継電器動作試験

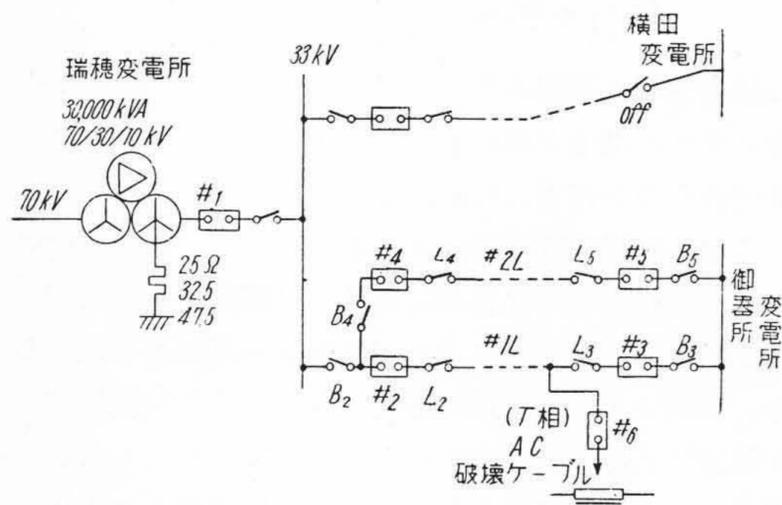
試験回路は第5図に示すごとくである。瑞穂変電所の主変圧器一次，二次を通じて試験回路を33 kVに充電した状態で，瑞穂，御器所1号線(#1L)の御器所側でT相1線地絡を発生せしめた。地絡故障発生方法はA.C.破壊ケーブルを使用した。中性点接地抵抗値は，25, 32.5, 47.5Ωの3種に変えた場合につき行った。試験結果を第2表に示す。

(3) 異相地絡時継電器動作試験 (A案)

試験回路は第6図に示すごとく，主変圧器一次，二次を通じて試験回路を11 kVに充電した状態で瑞穂，御器所 #1L の瑞穂線路側 R 相および御器所線路側 T 相で異相地絡を発生せしめた。なお，主変圧器二次巻線は，△接続のままとし，瑞穂側故障点は永久接地として故障発生は御器所側の #6 遮断器を投入して行なつた。故障方法は遮断器による金属接地である。試験結果を第3表に示す。

(4) 異相地絡時継電器の動作試験 (B案)

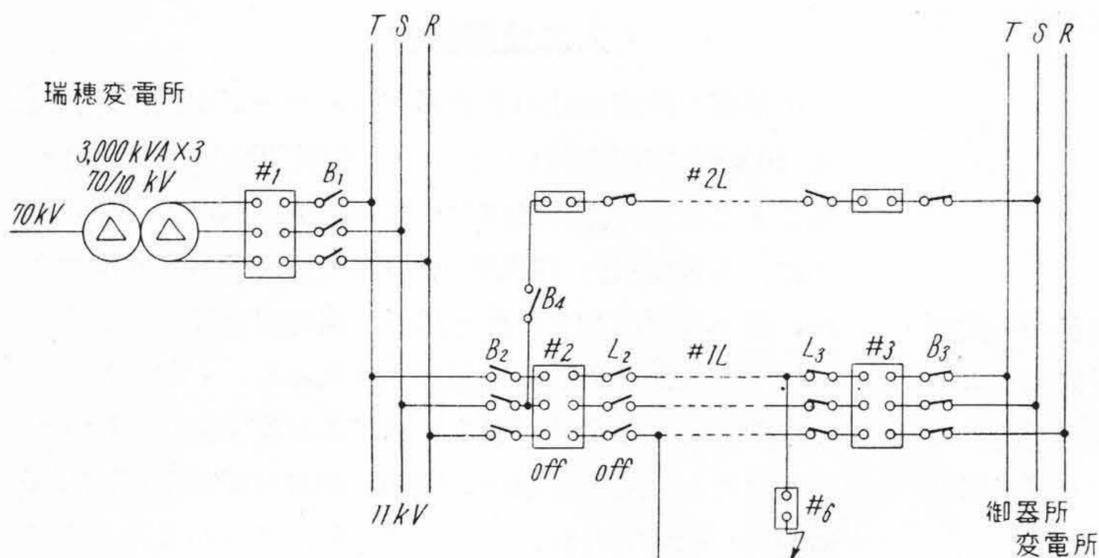
試験回路は第7図のごとくであつて，故障点を瑞穂変電所 11 kV の母線 R 相永久接地，瑞穂御器所 #1L 御器所線路側 T 相を #6 遮断器で地絡せしめることとした。故障方法は (3) と同じく金属接地である。この場合，健全線 #2L は S 相に短絡電流が流れるため区間外 S 相 1



第5図 試験回路図 (1線地絡故障)
Fig. 5. General Diagram for Artificial Line Fault Test (1φ-G)

第1表 最小動作電流測定結果
Table 1. Measured Minimum Operating Current of Circulating Current Pilot-Wire Relay

故障種類	測定場所	
	瑞穂変電所	御器所変電所
T 相 1 線 地 絡	77 A	78 A
R 相 1 線 地 絡	55 A	—
R T 相 2 線 短 絡	210 A	195 A



第6図 試験回路図 (2線地絡故障 A案)
Fig. 6. General Diagram for Artificial Line Fault Test (2φ-G, B)

第 2 表 繼電器動作試験結果 (1 線地絡故障)

Table 2. Results of Artificial Line Fault Tests of Pilot-Wire Relay (1 ϕ -G)

試験番号	中接地性抵抗点抗 (Ω)	故障外区の間別	全故障電流 (A)	繼電器動作状態			動作正誤判定	摘要
				瑞穂電側器 (\sim)	御器所側器 (\sim)	両端動作時差 (\sim)		
G-30-P-1	32.5	外	504	不動	不動	—	正	
G-30-P-2	32.5	外	504	不動	不動	—	正	
G-30-P-3	32.5	外	528	不動	不動	—	正	
G-30-P-4	32.5	外	547	不動	不動	—	正	
G-30-P-5	32.5	外	509	不動	不動	—	正	
G-30-P-6	32.5	外	509	不動	不動	—	正	
G-30-R-1	32.5	内	504	0.9	1.2	0.3	正	
G-30-R-2	32.5	内	516	0.8	1.1	0.3	正	
G-30-R-3	32.5	内	528	0.8	1.1	0.3	正	
G-30-R-4	32.5	内	480	1.0	1.3	0.3	正	
G-50-P-1	47.5	外	336	不動	不動	—	正	
G-50-P-2	47.5	外	336	不動	不動	—	正	
G-50-R-1	47.5	内	336	1.2	1.5	0.3	正	
G-50-R-2	47.5	内	321	1.3	1.6	0.3	正	
G-25-P-1	25.0	外	749	不動	不動	—	正	
G-25-P-2	25.0	外	750	不動	不動	—	正	
G-25-R-1	25.0	内	763	0.9	1.2	0.3	正	
G-25-R-2	25.0	内	744	0.9	1.0	0.1	正	

第 3 表 繼電器動作試験結果 (2 線地絡故障 A 案)

Table 3. Results of Artificial Line Fault Tests of Pilot-Wire Relay (2 ϕ -G, A)

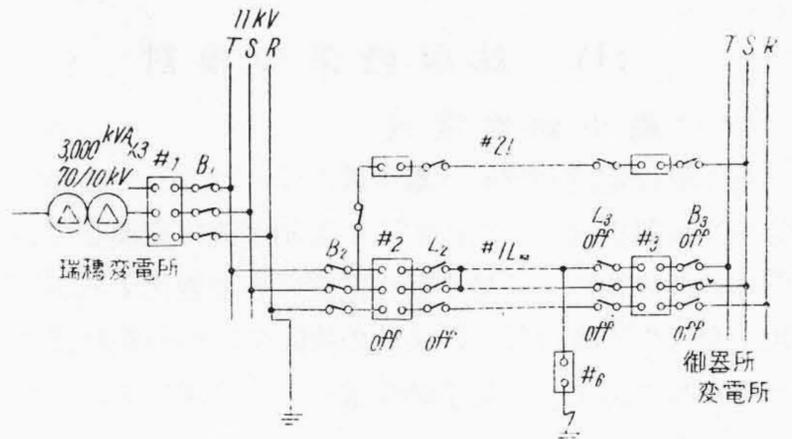
試験番号	故障外区の間別	全故障電流 (A)	繼電器動作状態			動作正誤判定	摘要
			瑞穂電側器 (\sim)	御器所側器 (\sim)	両端動作時差 (\sim)		
2G-A-P-1	外	2,850	不動	2.85	—	誤	
2G-A-P-2	外	1,840	不動	不動	—	正	
2G-A-P-3	外	1,870	不動	不動	—	正	
2G-A-R-1	内	1,870	動作	1.1	不明	正	
2G-A-R-2	内	1,800	0.9	1.1	0.2	正	

線地絡擬似の大電流が流れ、繼電装置にとって (3) よりはるかに苛酷な条件となる。試験結果を第 4 表に示す。

(5) 3 線地絡時の繼電器動作試験

試験回路は第 8 図のごとくであつて、主変圧器により回路を 11 kV に充電した状態で瑞穂御器所 #1L の御器所瑞穂線路側で 3 線地絡故障を発生せしめた。この場合も故障方法は遮断器による 3 線金属地絡とした。

試験結果を第 5 表に示す。



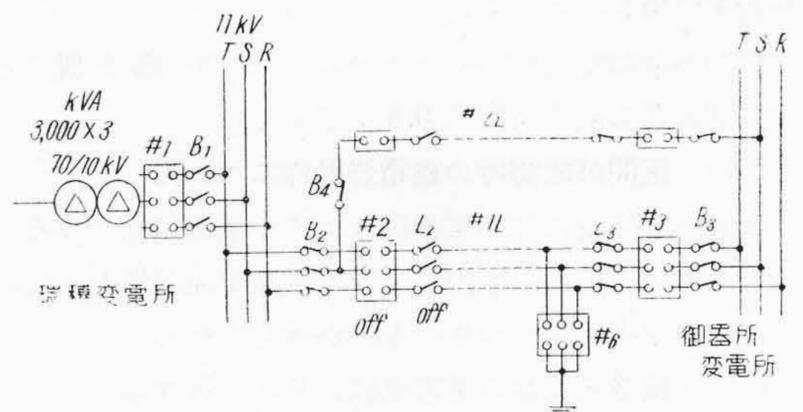
第 7 図 試験回路図 (2 線地絡故障 B 案)

Fig. 7. General Diagram for Artificial Line Fault Test (2 ϕ -G, B)

第 4 表 繼電器動作試験結果 (2 線地絡故障 B 案)

Table 4. Results of Artificial Line Fault Tests of Pilot-Wire Relay (2 ϕ -G, B)

試験番号	故障外区の間別	全故障電流 (A)	繼電器動作状態			動作正誤判定	摘要
			瑞穂電側器 (\sim)	御器所側器 (\sim)	両端動作時差 (\sim)		
2G-B-P-1	外	1,800	不動	不動	—	正	
2G-B-P-2	外	1,800	不動	不動	—	正	
2G-B-R-1	内	1,840	0.5	0.7	0.2	正	
2G-B-R-2	内	1,830	0.4	0.7	0.3	正	



第 8 図 試験回路図 (3 線地絡故障)

Fig. 8. General Diagram for Artificial Line Fault Test (3 ϕ -G)

第 5 表 繼電器動作試験結果 (3 線地絡故障)

Table 5. Results of Artificial Line Faults Tests of Pilot-Wire Relay (3 ϕ -G)

試験番号	故障外区の間別	全故障電流 (A)	繼電器動作状態			動作正誤判定	摘要
			瑞穂電側器 (\sim)	御器所側器 (\sim)	両端動作時差 (\sim)		
3S-P-1	外	2,400	不動	不動	—	正	
3S-R-1	内	2,400	1.0	1.1	0.1	正	

[IV] 試験結果の検討

(1) 最小動作電流

最小動作電流測定値は第1表に示すごとくであつて、総合変流器を用いて三相電流を单相電流に変換しているため、故障相により最小動作電流は多少変化するが、実用上なら支障はなく、系統の故障条件がわかればタップを適当に選定して最小動作電流を最適値にえらぶことができる。

(2) 故障電流および継電器電流の波形

今回の人工故障試験はケーブル系統で行われたため、1線地絡故障時の故障電流の波形が歪むことが予想されたが、系統電圧が33kVであり、低抵抗の有効接地を採用し故障電流を大きくとつたので、電弧による間歇地絡のごとき現象は発生せず、すべて正弦波に近い波形であつた。

(3) 区間内故障時の継電器動作について

区間内故障時の継電器動作コイル電流はタップ電流の4~40倍程度になつている。動作はきわめて高速度であり全試験を通じて0.4~1.6秒である。1線地絡故障試験では中性点接地抵抗値を前述のごとく3種について行つたが、継電装置の整定は変更しなかつたため幾分動作時間がのびているが、抵抗値が確定すれば1秒以内で動作させることは容易である。さらに、両端局の継電器動作時差は0.3秒をこえない。

区間内故障時動作オシログラムの1例を第9図に示す。継電器の動作時間は0.8秒である。

(4) 区間外故障時の継電器動作について

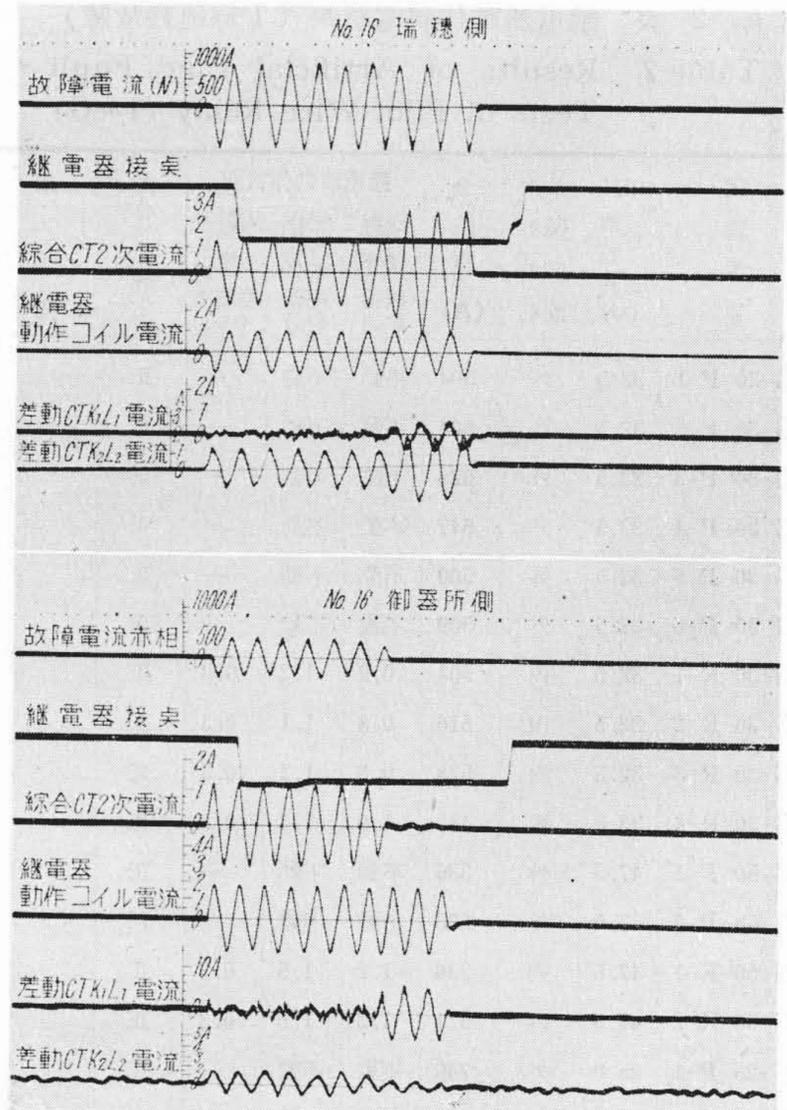
区間外故障時には継電器動作コイル電流は零となるべきであるが、種々の原因により不平衡電流が僅かに流れる。この原因としてつぎのものが考えられる。

(a) 線路変流器の過電流域における特性差

故障時に大きな故障電流が流れた場合、変流器は飽和状態に達し比誤差は著しく大きくなる。本方式において問題となるのは比誤差そのものではなく、両端変流器の特性差である。今回人工故障試験の行われた系統の両端局の変流器の過電流定数は13と20であつたが、この程度の相違では特に考慮する必要はない。しかし、両端局の変流器の特性差がいちじるしい場合には、適当な抑制効果を与えるように継電器のタップ整定を行うことが必要である。

(b) 1線地絡時の対地充電電流の影響

ケーブル系統のように対地静電容量の大きい場合、区間外で1線地絡故障が発生すると保護区間から対地充電電流が流出し、内部故障擬似の不平衡電流を与えることになる。この値は



第9図 電流環流式表示線保護継電装置動作オシログラム (区間内故障)

Fig. 9. Oscillogram Showing the Operation of Circulating Current Pilot-Wire Relay (Internal Fault)

健全な2相の対地充電電流... $6\pi fCE$ (A)

ここに f : 周波数 (Hz)

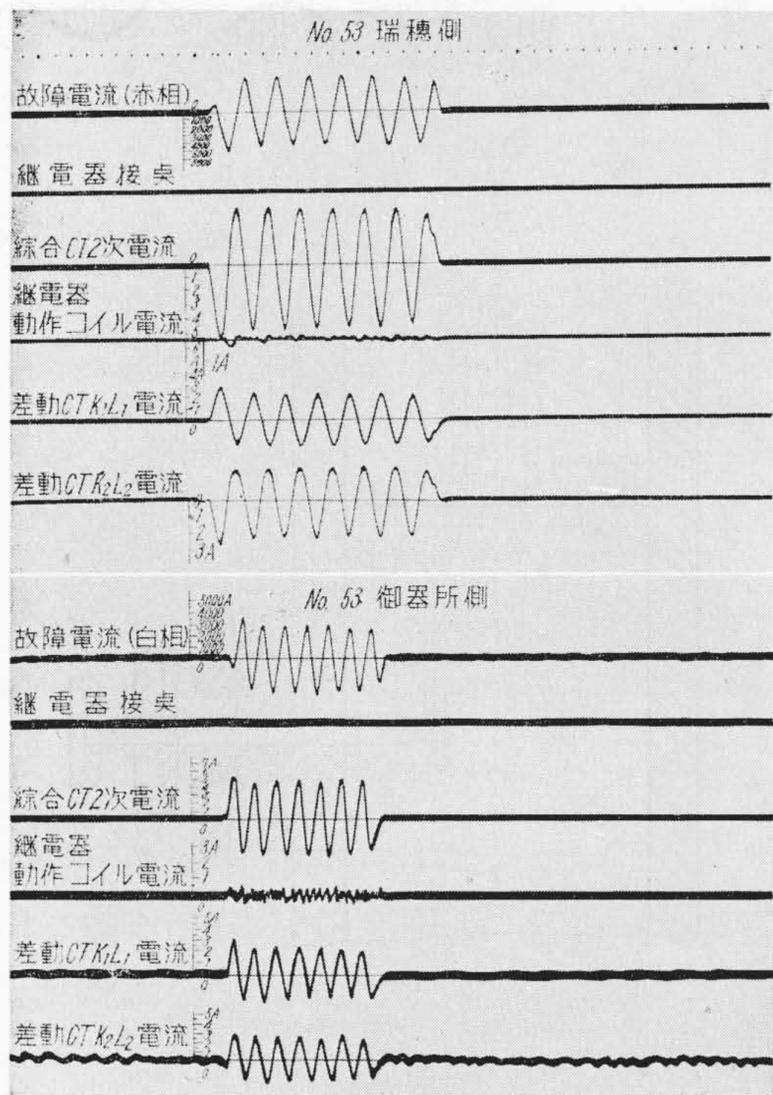
C : 保護区間の対地静電容量 (F)

E : 常規対地電圧 (V)

になる。したがつて、この電流によつて継電器が動作しないように継電器の整定を定めなければならないし、またこの値がいちじるしく大きい場合には適当な補償装置を設ける必要がある。

(c) 表示線の誘導電流

故障時電力線に流れる大電流によつて表示線に誘導電圧が発生するが、電力線と表示線とが接近して配置されている場合には、誘導電圧は相当大きな値になる。この電圧を抑制し継電装置を保護するために第1図のごとく、両端絶縁変圧器の中性点を接地する場合には大地を帰路として表示線に誘導電流が流れる。表示線は十分撚り合せてあるため線間に電圧は現われないが、誘導電流が絶縁変圧器の表示線側の2巻線を互いに反対に流れるため、もしこの2巻線に不平衡があるとこれが継電器回路へ不平衡電流を流し誤動作の原因となる。今回試験を行つた系統では誘導電圧が最高8,000Vに達することが



第10図 電流環流式表示線保護継電装置動作オシログラム (区間外故障)

Fig. 10. Oocillogram Showing the Operation of Circulating Current Pilot-Wire Relay (External Fault)

予想されたが、これによる誤動作を防止するため絶縁変圧器の設計に特に考慮を払い、不平衡電流を完全に防止した。

上記のごとく区間外故障時に継電器動作コイルに流れる不平衡電流の原因は種々考えられ、これらが互いに重なり合つて継電器に作用する。区間外故障時の動作オシログラムの一例が第10図であり、継電器動作コイルに僅かに電流が流れているのは上記の原因によるものである。この程度の不平衡は避けられないものであるが、継電器に抑制コイルを設けて比率差動特性を与えてあるから継電器動作は確実に誤動作の心配はない。

(5) 試験番号 2G-A-P-1 の誤動作の原因

この試験では保護区間内における T, R 相異相地絡故障で、試験回路は第6図に示すごとくであるが、瑞穂、御器所 #1L の遮断器 #2 およびラインスイッチ L2 が誤まつて投入されていたため、健全回線に予想以上の故障電流が流れ相当苛酷な条件となつた。しかし、誤動作したのは御器所側だけであるから当時の整定値 (比率差動特性 5%) による誤動作の限界が本試験により判明したわけで貴重な資料をうることができた。この誤動作により継電器の比率差動特性を 10% に変更したところ、以後の試験ではさらに苛酷な条件に対しても誤動作は絶無であり、区間内故障時の動作時間にもならぬ悪影響をおよぼしていない。この貴重な資料を基礎としてさらに工場試験を続け現在は抑制効果の向上をはかり、故障電流の増大につれて継電器動作をますます安定な方向に導き、すぐれた特性を発揮している。

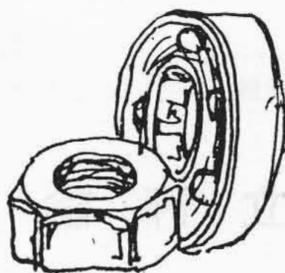
[V] 結 言

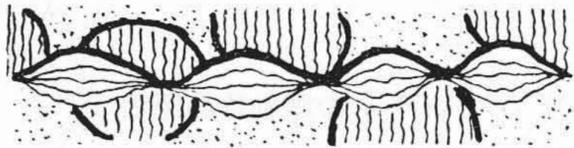
以上要約すれば、今回あらたに開発された電流環流式表示線保護継電装置は、人工故障試験において所期の成果を納めることができたのであるが、1回だけ区間外故障において誤動作した。これは直流分を多く含んだ予想以上の電流が流れたためと、継電器の抑制効果が過少であつたためである。この誤動作は方式上の問題でなく、装置の使用上の問題であることは、整定値変更後のさらに苛酷な試験条件のもとですべて正規動作している点からあきらかである。なおその後の工場試験においてもこの点は十分検討を加えられ理論的、実験的に解決されている。

終りに臨み、本継電装置の人工故障試験に当り多大の御指導を賜つた中部電力の関係者各位に対し深謝申上げるとともに名大、電研、電試の諸氏の御協力に対し衷心より謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) 高木, 石田, 藤沢, 三田: 日立評論 36, 1603 (昭 29-11)





特許の紹介

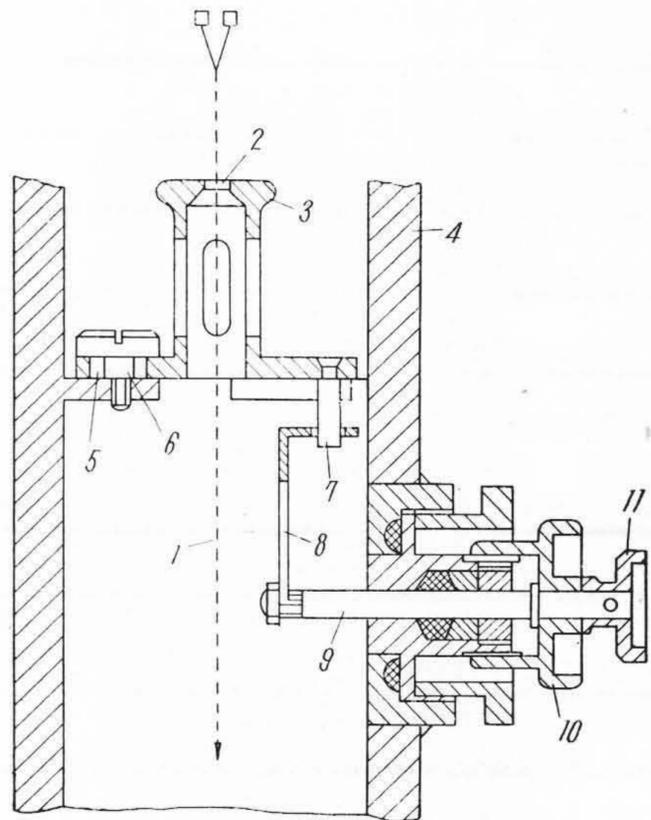


特許第204109号

肥後八郎
椎名勝

電子線装置の陽極調整装置

この発明は、電子線1の通路である孔2を有する陽極3を電子線装置の筒体4内に電子線と直角をなす平面内において一定角度回動自在にかつその回動中心を変化できるように、陽極の一部に設けた楕円孔5に筒体の一部に設けた段付ねじ6を嵌合せしめ、上記陽極はピン7および連結金具8を介して、上記筒体4の側面に進退および回動自在に気密的に装置せられた操作杆9に連結し、つまみ10を回すことにより操作杆9は進退して陽極3の回動中心を変化せしめ、つまみ11を回すことにより陽極3を回動せしめうるもので一本の操作杆9をもつて任意容易に陽極の位置を調整でき電子廻析装置に活用されている。(田中)



第37巻

日立評論

第9号

- ◎ 一家言「颱風と出水」.....通産省公益事業局長 中島 征帆
- ◎ ボイラ汽胴内部の考察.....日立製作所・日立研究所 前田 繁
- ◎ 発電機の寿命と保守.....日立製作所・日立工場 小林 徳太郎
- ◎ 直流送電用高圧水銀整流器.....日立製作所・日立工場 {桑島 千秋
曾根 田 瑞 夫
- ◎ 287.5 kV 断路器の小電流開閉試験..... {関西電力株式会社 {大西 重作
日立製作所 {日立国分分工場 {加藤 藤次
日立研究所 {鴨志田 清一
- ◎ ダブルリンク型水平引込クレーンの巻上および引込運動における衝撃値について.....日立製作所・亀有工場 大西 昇
- ◎ 坑内排水ポンプの自動運転.....日立製作所・亀有工場 寺田 進
- ◎ 新しい応用分野を拓いたITE型工業テレビジョン装置.....日立製作所・戸塚工場 池田 国治
- ◎ 日立双子接点平形継電器.....日立製作所・戸塚工場 {三井 忠夫
大山 沢 龍二郎
内 康 平
- ◎ 防振ゴムの剪断疲労について第1報.....日立製作所・笠戸工場 {桑江 和夫
斎 田 信 幸
- ◎ 高電圧ケーブル油の誘電現象.....日立製作所・日立電線工場 依田 文吉
- ◎ タービン潤滑油の検討(第4報).....日立製作所・日立研究所 高橋 治男
——泡立について——
- ◎ 真空管用材料のガス放出測定について.....日立製作所・茂原工場 岩柳 秀夫
- ◎ 砂鉄精錬に関する研究(積4報).....日立製作所・安来工場 {中村 信夫
佐 藤 夫
- 1t 角型試験熔鋳炉による鉄鋳石の精錬と炉内反応の理論的考察——

東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)

日立評論社

誌代 { 1箇月分 ¥100 送料共
6箇月分 ¥430(送料共)
12箇月分 ¥800(送料共)