

# AZ型 QC式高速度インピーダンス継電器の 人工故障試験

乾 正雄\* 西堀 博\*\* 広吉 秀高\*\*\* 猿渡 房吉\*\*\*\*

## The Field Test for Type AZ Form QC High Speed Impedance Relays

By Masao Inui, Shikoku Elec. Power Co.,  
Hiroshi Nishibori, Hitachi Research Laboratory,  
Hidetaka Hiroyoshi, Kokubu Branch Works, and  
Fusakichi Saruwatari, Taga Works, Hitachi Ltd.

### Abstract

The distance relays have successfully incorporated many improvements as well as developments to prove the further serviceability in the trunk transmission system in Japan, increasing the stability of the line by isolating the fault rapidly.

On the 1st of last October, the field tests were carried out for Hitachi's Type AZ Form QC impedance relays on the Iya Loop Line of Shikoku Electric Power Co. The tests are worth recording as they were the first attempt in this country for the relaying system using the impedance relays, and they revealed the following:

(1) Measuring sensitivity of the impedance element.

No over-reach was caused throughout the tests and on three occasions under-reach up to 5% was noticed which represents only 2.4% on the total times of the tests.

(2) Returning phenomena of the directional element.

There were no returning phenomena, owing to the restraining coil attached to the directional elements.

(3) Memory action of the directional element.

The directional element functioned accurately even in case of the three-phase metallic shortcircuit fault which occurred in the nearest position and the effective memory action upon the directional element was confirmed.

Thus, by the results of the tests it was testified that the impedance relays have several distinctive features as compared with conventional relays.

### 〔I〕 緒 言

四国地方の送電系統は地理的特異性より中央部にある

\* 四国電力株式会社工務部給電課長  
\*\* 日立製作所日立研究所  
\*\*\* 日立製作所日立国分分工場  
\*\*\*\* 日立製作所多賀工場

山脈を中心として、その周囲に発電所が存在し、又その外周に負荷が散在しているので、発電地帯と負荷地帯との区別が明かでなく且つこれらの中心となる大容量電氣所がないまゝに発電所と変電所とが錯雑して短小送電線を以て連系されている。

又昨今の如く火力発電所が殆ど常時並入された状態に



於てはその運転停止に伴い電力潮流や故障電流値が大幅に変化する。

かかる錯雑した系統の保護は到底従来の保護継電方式を以てしては選択性高く確実、高速の保護は困難であり、又系統を再検討して構成の適正化を試みることは根本的な解決策であるが経済的な点より早急な実現は望まれない。

これらの難点を勘案し送電線故障の確実な高速度除去を実現して系統の安定度を向上させる方策として高速度距離継電器を使用することは画期的にして有効な手段である。

最近本邦に於て急速に距離継電器が実用化されて来たが実績に乏しく距離測定精度、方向要素の選択動作、系統動揺時の特性等特にループ系に於ける困難さも加えて今回四国電力祖谷ループ系統に新設された高速度インピーダンス継電装置の人工故障試験が昭和 27 年 10 月上旬実施された。

〔II〕 供 試 継 電 器 の 概 要

本試験に於ては AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器を主体とした短絡保護継電装置を祖谷発電所の貞光側及び出合側に各 1 回線分設置した。

本装置の 1 回線分は

- 3 — AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器
- 3 — KHV 型 QC 式高速度方向継電器
- 1 — CM<sub>6</sub> 型 QC 式定限時継電器
- 1 — CM<sub>1</sub> 型 QT-22 式定限時継電器

その他補助継電器よりなり、第 1 図はこの外部結線図を示す。

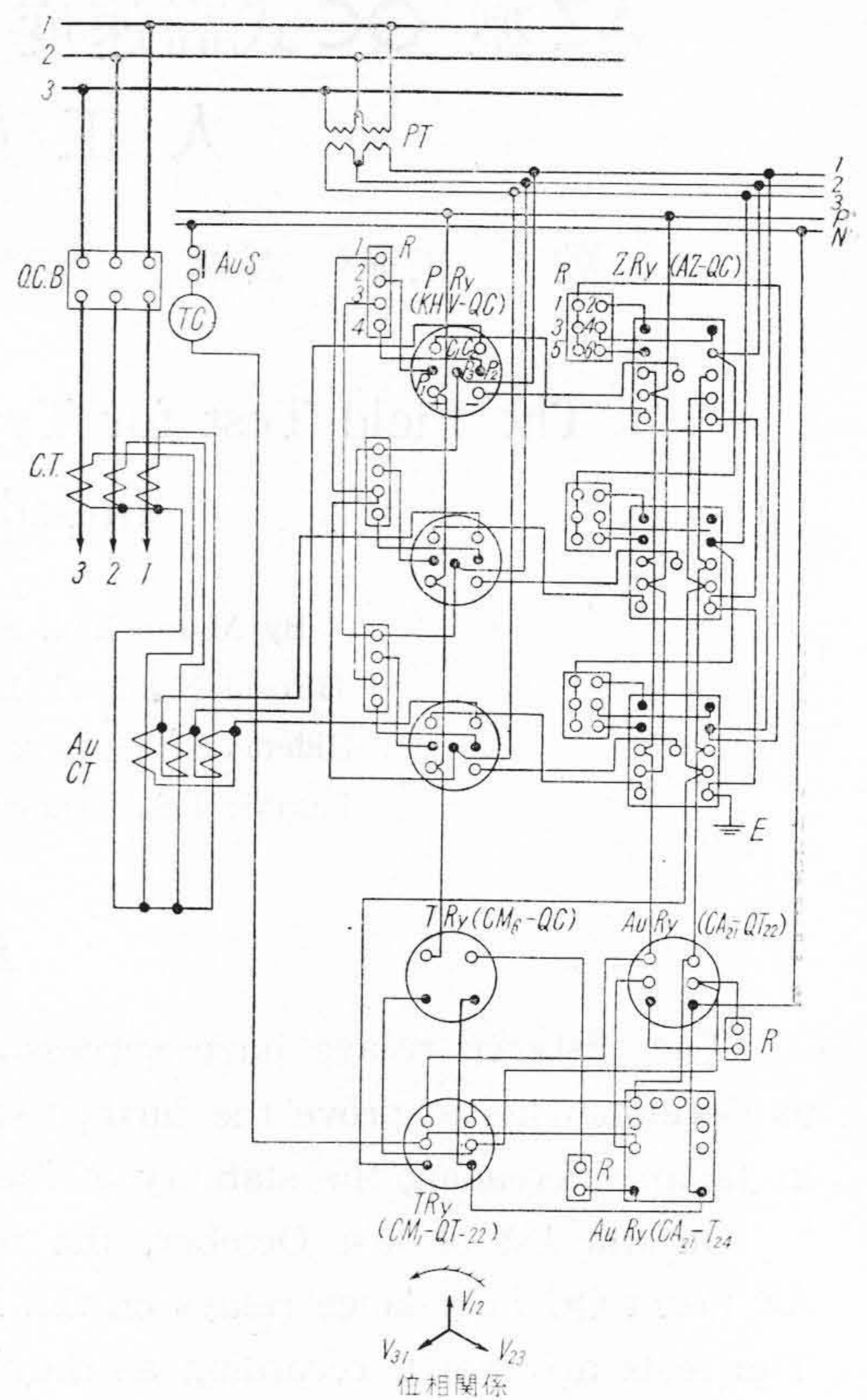
各継電器及び装置の詳細は既に本誌<sup>(1)</sup>に発表されているのでその概要を述べれば

(1) AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器

第 3 図の内部接続図に示す如く第 1 段、第 2 段及び第 3 段のインピーダンス要素の 3 段階に分れている。各インピーダンス要素は磁氣的に独立した動作要素と抑制要素とからなり、前者は電流線輪、後者は電圧線輪により励磁され、それぞれの可動鉄心は機械的に結合され、1 箇の軸で支えられた平衡桿型継電器である。

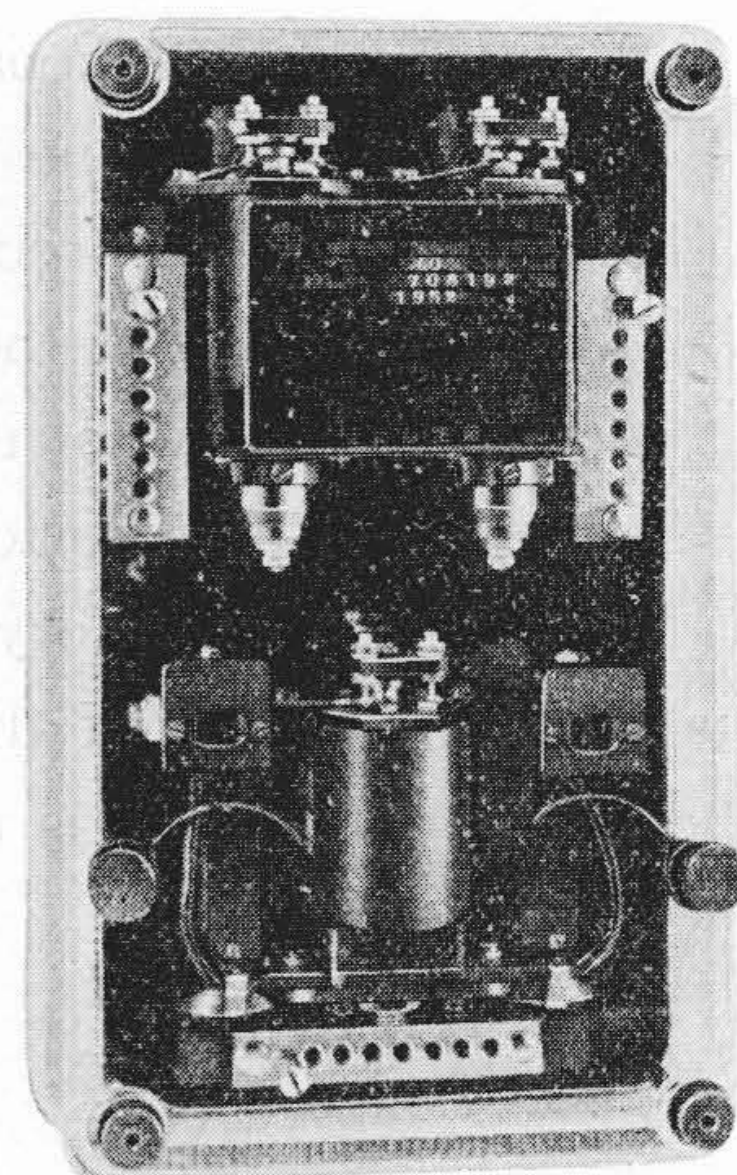
常時は抑制要素の回転力が十分大きく、動作要素の回転力に打ち勝つて接触を開いているが、短絡故障が発生すれば線間電圧が降下すると同時に短絡電流が流れ、動作要素の回転力が抑制要素の回転力に打ち勝つた時接触を閉じる。即ち動作要素、抑制要素の継電器常数をそれぞれ  $k_c, k_p$  とし、継電器から見たインピーダンスを  $Z_R$  とすれば

$$Z_R \leq \sqrt{k_c/k_p}$$



第 1 図 インピーダンス継電器外部接続図

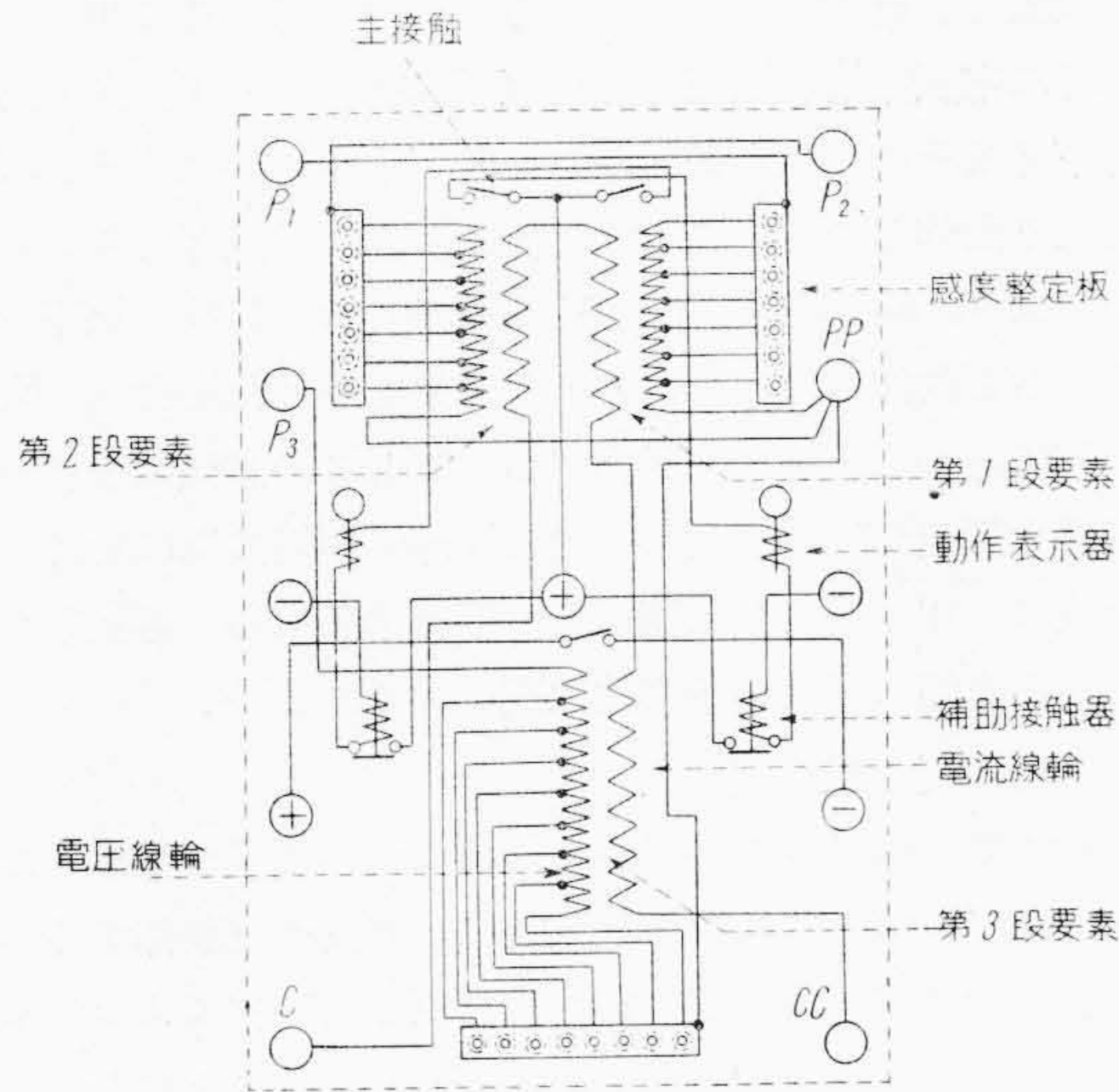
Fig. 1. External Connection Diagram for Impedance Relays



第 2 図 AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器

Fig. 2. Type AZ Form QC High Speed Impedance Relay





第3図 AZ 型 QC 式インピーダンス継電器内部接続図

Fig. 3. Internal Connection Diagram of Type AZ Form QC Impedance Relay

になつた時継電器は動作する。

第1段要素はインピーダンス整定タップと微動整定ねじにより 0.3 乃至 3 オームの間を連続的に任意に整定出来、第2段、第3段要素もこれと殆んど同様の構造で、適当な感度に整定出来るようになつている。

尚今回の試験系統ではその運転状態によつて短絡故障電流が主変流器定格の 10 倍以上になることが考えられるので、継電器の過電流特性を特に検討し遺憾なきを期した。

(A) インピーダンス感度特性

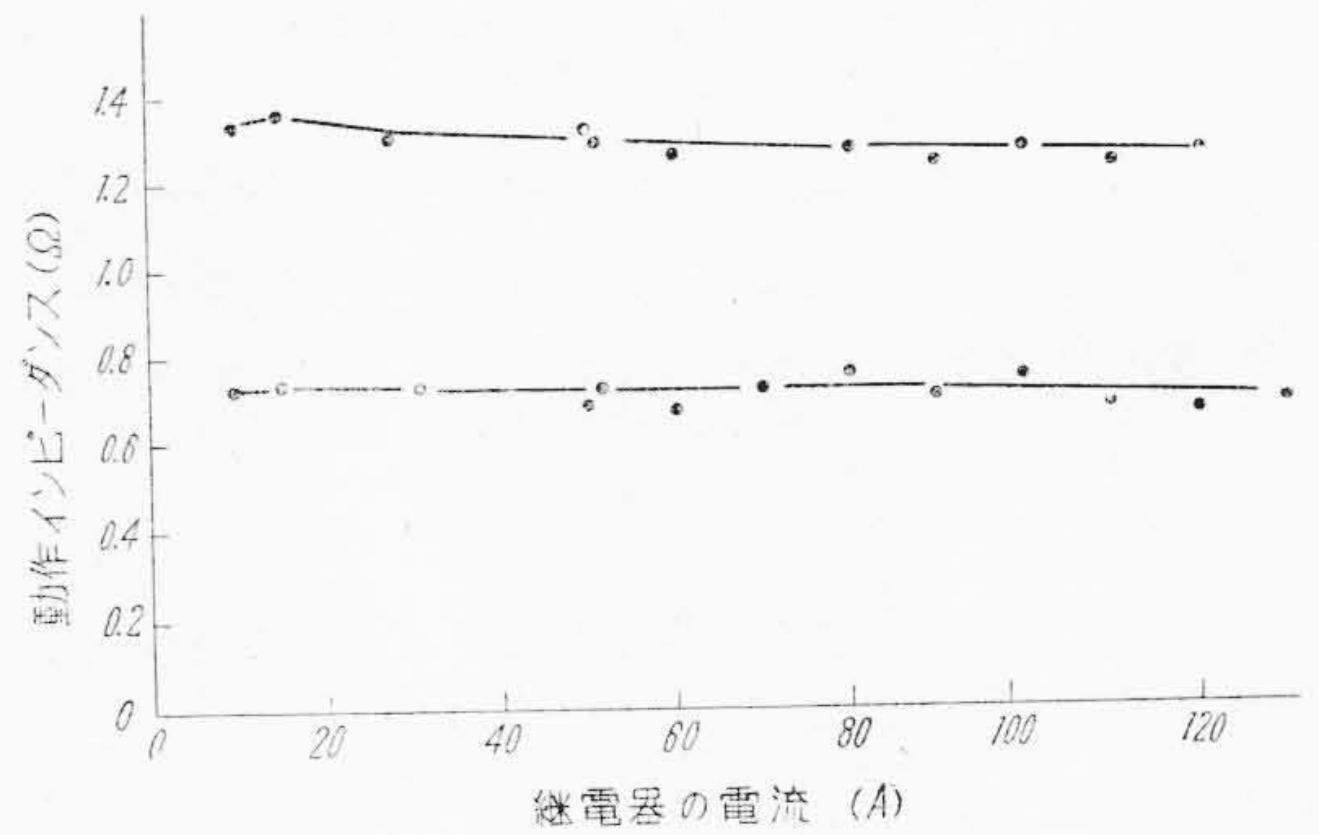
第4図は第1段及び第2段の要素のインピーダンス感度特性で、継電器電流が大きくなると僅かであるが次第に動作インピーダンス値が低下する。従つて短絡時の故障電流が甚しく大きくなる時継電器はアンダーリーチ気味になり、静特性上はオーバーリーチの傾向はない。

(B) 力率特性

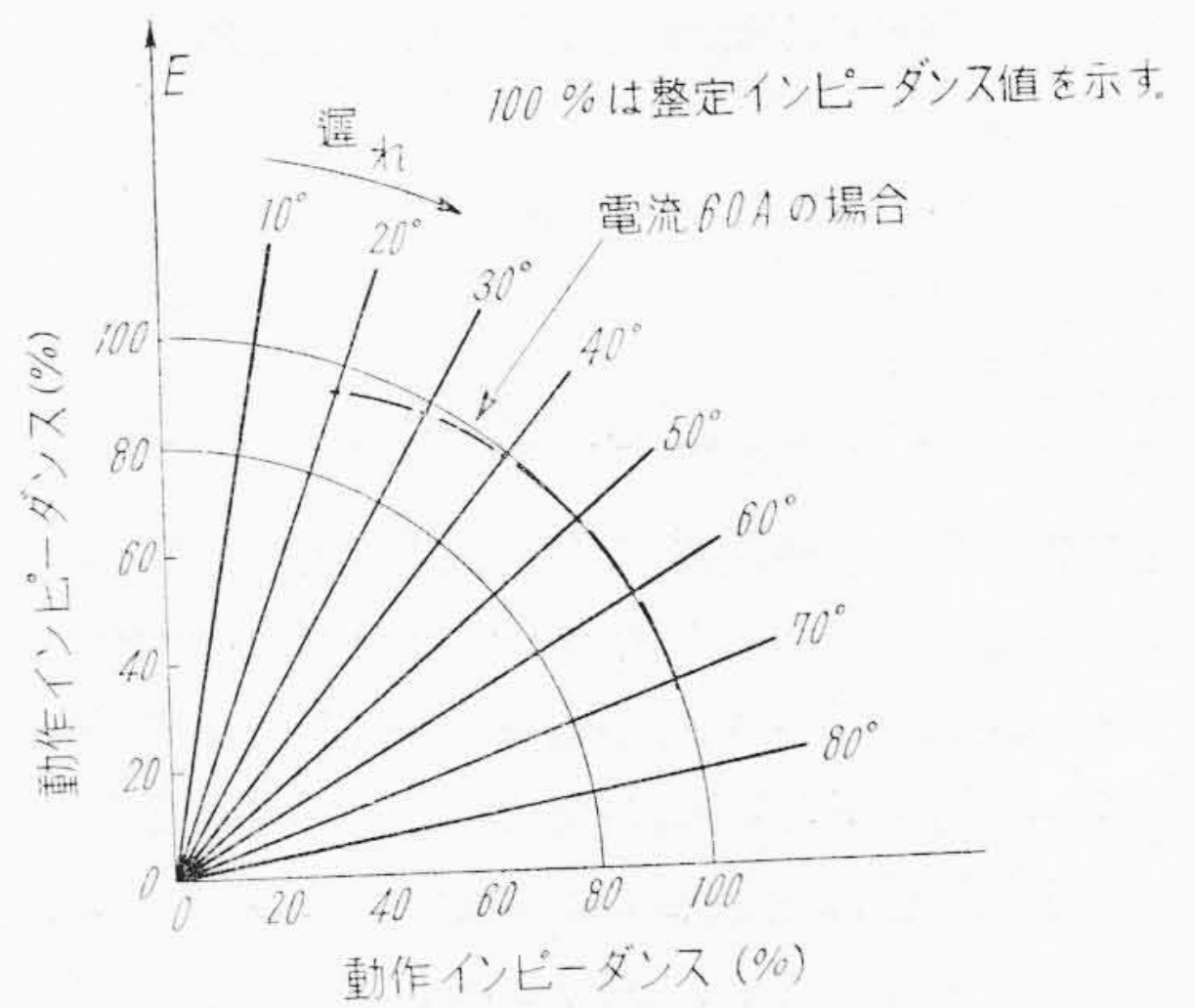
第5図は第1段要素の力率特性である。試験線路は特に抵抗分が大きく線路のインピーダンス角が約 40° 遅れになつているため 20° 乃至 70° 遅れ角に於て測定した結果で、継電器電流 130A の場合は 60A の場合より多少特性が悪くなつているが、何れも位相角度変化による影響は極く僅かである。

(2) KHV 型 QC 式高速度方向継電器

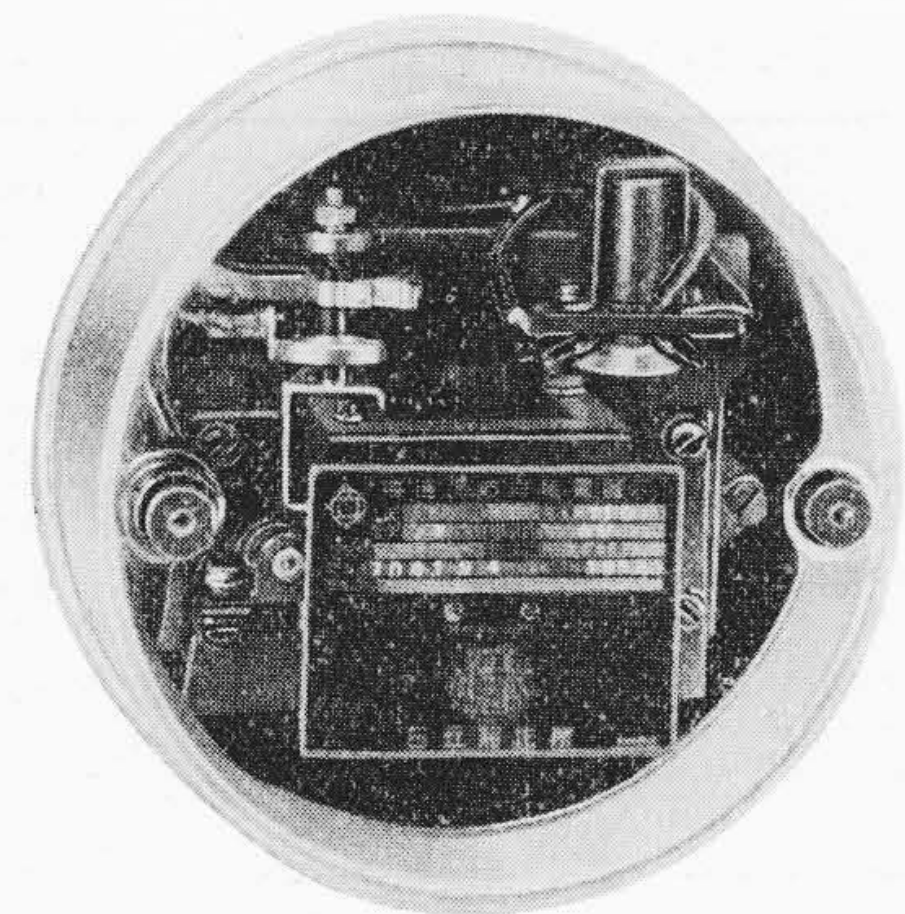
誘導環型電力方向継電器で KRV 型 QW 式高速度逆電力継電器<sup>(2)</sup>の方向要素と同一の原理により動作する。第7図(40頁参照)の内部接続図に示す如く極鉄心には電流



第4図 インピーダンス特性  
Fig. 4. Impedance Characteristics



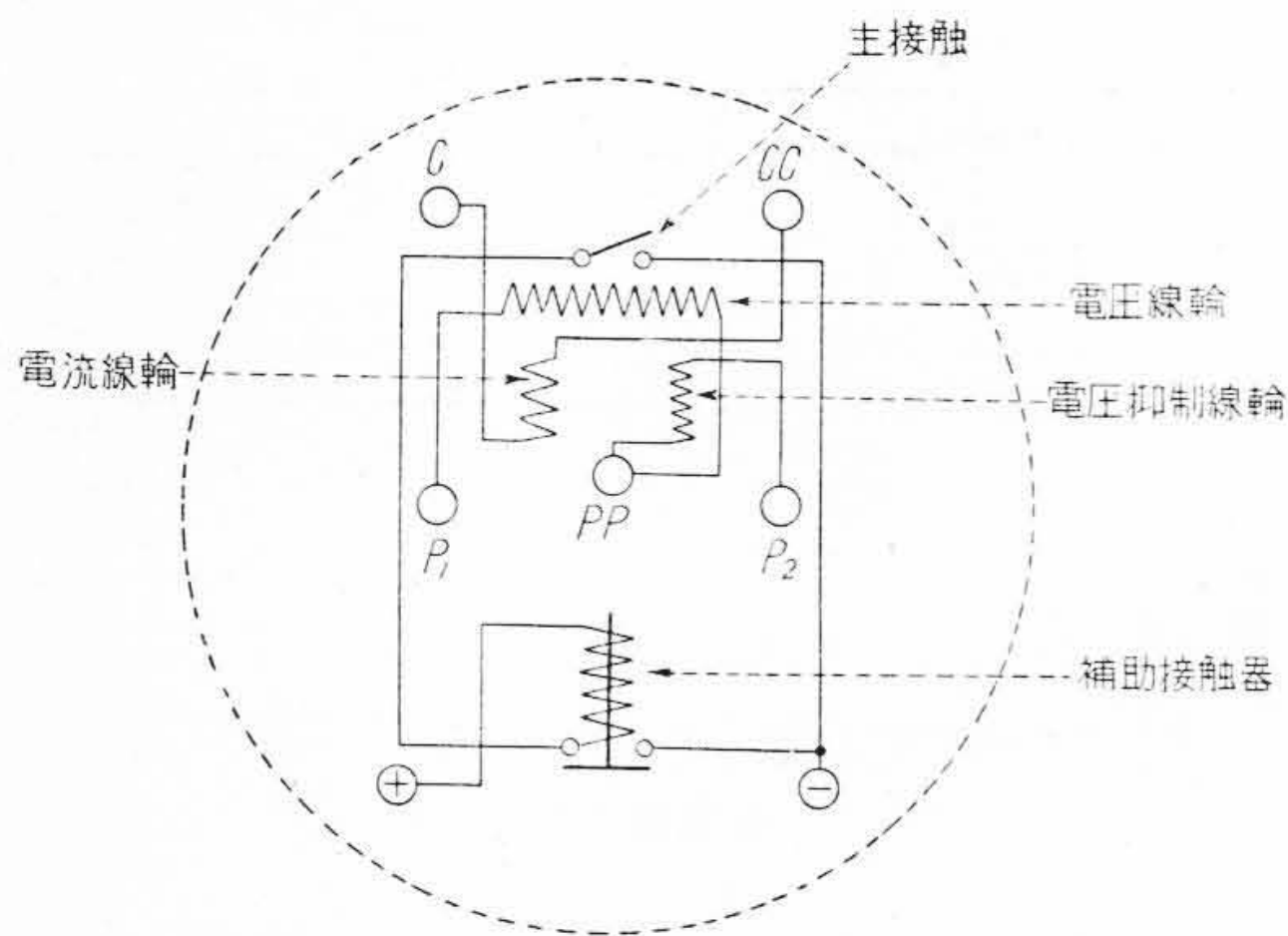
第5図 インピーダンス要素の力率特性  
Fig. 5. Polar Characteristics for Impedance Element



第6図 KHV 型 QC 式高速度方向継電器  
Fig. 6. Type KHV Form QC High Speed Directional Relay

線輪のほか電圧抑制線輪を有している。従つて常時に電圧抑制効果が十分効いて接触を開いているが、短路故障発生により抑制電圧が降下すればその効果を減じ、高速





第 7 図 KHV 型 QC 式方向継電器内部接続図  
Fig. 7. Internal Connection Diagram of Type KHV Form QC Directional Relay

度で方向選択する。

この継電器で問題とされる場所は電圧線輪のメモリ作用と反転現象である。

(A) メモリ作用

前述の如く、本継電器は常時接点を閉路することなく、短路故障が発生して始めて正規の方向選択動作をせしむるものであるから、至近距離に於て三相短路が発生した場合抑制電圧と同時に電圧線輪電圧も殆ど零に降下するので方向選択が困難になる惧れがある。これを防ぐため本器はメモリ効果を与えている。

第 1 表はメモリ効果を与えないものと与えたものとの

第 1 表 メモリ作用の効果  
Table 1. Effect of Memory Action

メモリ効果を与えない場合			
$I_c$ (A)	$E_p$ (V)	接 触 回 数	不接触回数
2	18	10	0
	14	1	9
	10	0	10
3	14	10	0
	12	5	5
	10	0	10
	8	0	10
4	12	10	0
	10	8	2
	8	0	10
	6	0	10
5	10	10	0
	8	2	8
	6	0	10

比較表で、継電器電流を零から  $I_c$  (A) 迄急激に増すと同時に電圧線輪の電圧を定格値 110V より  $V_p$  (V) 迄降下させその効果を検討した。 $I_c$  が小さい時は大きい場合より動作しにくいことは勿論で、メモリ効果を与えない時は  $I_c$  が定格以下の 5A の時でも  $E_p$  が 6V 以下の時は殆ど動作しないが、メモリ効果を与えた場合は  $E_p$  が零になつても確実に動作する。然しこの試験は最悪の条件を想定して行つたもので、実際の短路故障に於ては一般に二相短路より三相短路に移行するものと考えられるから実際の場合の確実性は更に大である。

(B) 反 転 現 象

継電器の保護区間外で至近距離に短路故障が発生した場合はインピーダンス継電器は当然高速度動作するので、この際万一方向継電器が跳ね返りその他によつて接点を閉路すれば区間外故障の際誤遮断することになる。特に故障発生と同時に電流の方向が反転し且故障が三相短路である場合は電圧線輪の電圧が零近くまで降下するので方向選択動作の危険性が大である。

工場に於てはこの三相短路及び二相短路を考慮して下記のような慎重な試験を行つた。即ち継電器電流を 5A、電圧線輪及び抑制線輪の電圧を定格値 110V としておき

- (a) 電圧を零に降下せしむると同時に電流の方向を逆転せしめて増した場合 (三相短路の場合)
- (b) 抑制電圧のみを零に降下せしむると同時に電流の方向を逆転せしめて増した場合 (二相短路の場合)。

メモリ効果を与えた場合			
$I_c$ (A)	$E_p$ (V)	接 触 回 数	不接触回数
2	20	10	0
	16	7	3
	12	7	3
	8	2	8
	4	2	8
3	0	0	10
	12	10	0
	10	8	2
	8	9	1
	4	9	1
4	2	3	7
	0	6	4
	12	10	0
	10	8	2
4	0	7	3
5	0	10	0



に就いて試験を行つた結果、反転現象が全くないことを確認した。

(3) 定限時継電器

CM<sub>6</sub>型QC式継電器は0.6秒以下任意の限時に整定出来る定限時継電器である。

又CM<sub>1</sub>型QT-22式継電器は数サイクルで動作する定限時継電器で、インピーダンス継電器第3段要素との共同動作によつて、系統擾乱に於ける誤遮断を防止させる。

(4) U-1型補助変流器

インピーダンス継電器は短絡相間の電圧とその差電流によつてインピーダンスを測定するものであるから、若し主変流器でY接続の場合は補助変流器を使用し差電流を得ている。このため故障過電流時の変流比誤差により継電器と組合わせた測定精度を悪くしないよう、この補助変流器は過電流特性を優秀なものとしている。

使用したU-1型補助変流器の過電流特性は継電器と等価負荷を負担として測定した結果5A定格に対し、2,000%迄の過電流で誤差は1%以内で総合測定精度を低下させる惧れは全くないことを確め得た。

〔III〕人工故障試験とその結果

試験は第8図の如き祖谷ループに於て行われ、各線路の常数(計算値)は第2表の如くである。

故障点を第8図A点(祖谷発電所の貞光側)、B点(貞光変電所の祖谷側)及びC点(吉良発電所)の3箇所とし、こゝで二相又は三相短絡接地故障を発生せしめ継電器の動作を検討した。

継電器の動作試験と同時に

- (1) 電弧抵抗の影響
- (2) 負荷電流の影響
- (3) 三端子回路による影響

等を調べるため金属短絡接地故障とヒューズによる電弧短絡接地故障とを織り混ぜたり、徳島火力の出力を変化させたり、或いは切越発電所を入れたり切つたりして各試験が行われた。

尙インピーダンス継電器の整定は次の如く行つた。

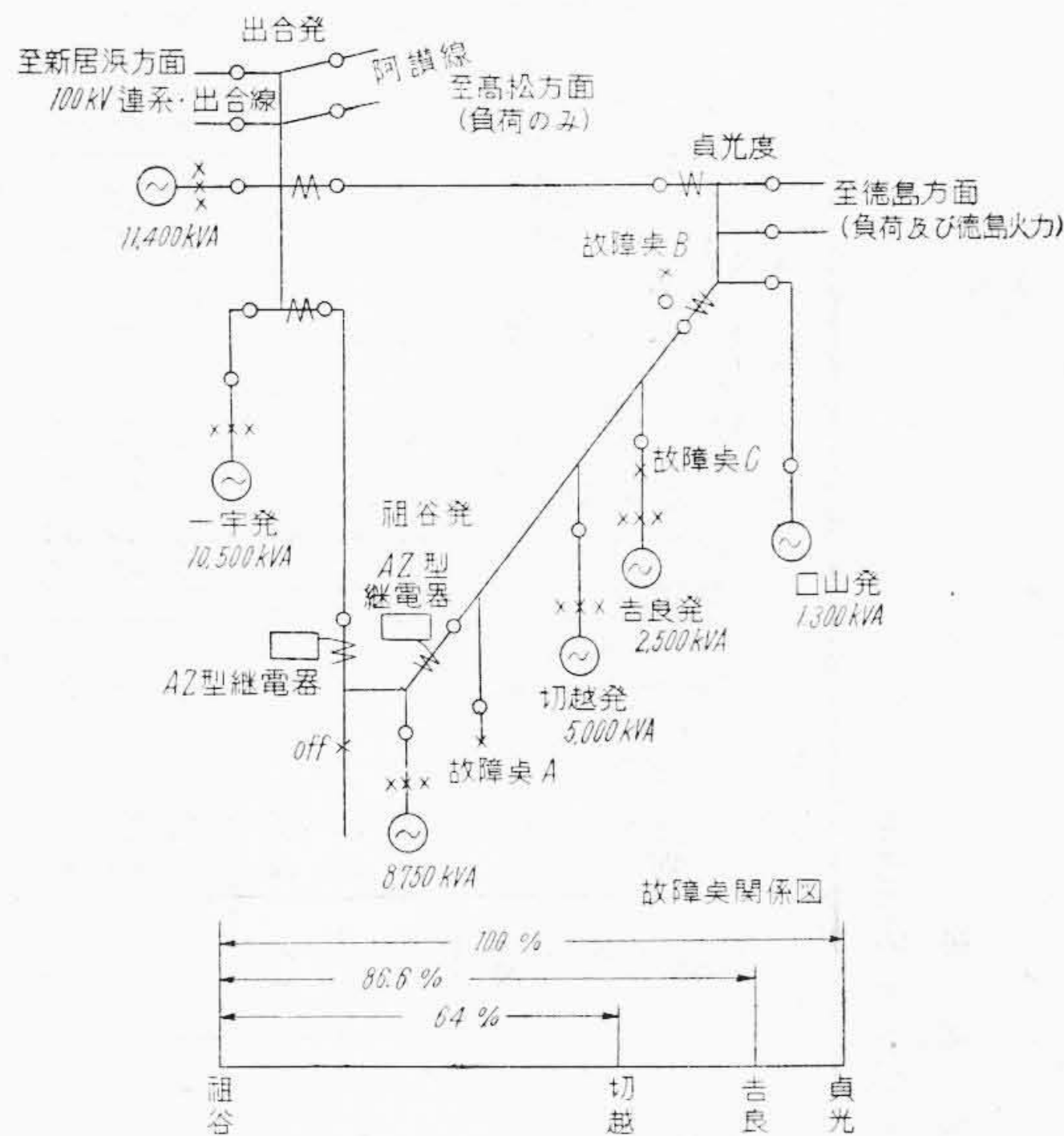
(1) 出合側継電器

全試験を通じ第1段要素は祖谷一出合間の100%即ち10.3オームに、又第2段要素は65オームに整定した。

(2) 貞光側継電器

祖谷発電所故障の場合、第1段要素は祖谷一貞光間の90%即ち23.4オームに、第2段要素は42オームに整定した。又貞光変電所及び吉良発電所故障の場合、第2段要素は動作限界値附近の値を選び各相の継電器を利用して5%おきに整定した。

試験の結果は第3表乃至第5表(42~44頁参照)に示



第8図 試験系統図  
Fig. 8. Transmission Line for Relay Test

第2表 線路常数  
Table 2. Line Constant

区間	互長 (km)	電線種類	一相当り正相インピーダンス (Ω)
祖谷一貞光	36.62	ACSR 7/3.37	26.1 ∠ 40.8°
出合一貞光	32.73	HDCC 7/3.2	18.9 ∠ 53.7°
祖谷一出合	15.56	HDCC 7/3.2	10.3 ∠ 59.7°

す如くで、第3表は故障点が祖谷発電所の場合、第4表は貞光変電所の場合、第5表は吉良発電所の場合に於ける結果である。この内

- (1) 徳島火力、切越発電所の in 又は off はそれぞれの発電所が並列された場合と然らざる場合とを示す。
- (2) 見掛上のインピーダンスとはオシログラムによつて測定した電圧及び電流から計算で求めたインピーダンス値で、故障発生後3サイクル目に於けるものを示す。
- (3) 動作時間は故障発生よりインピーダンス要素の動作する迄の時間をサイクル(60サイクルベース)で示す。尙出合側の継電器は第1段要素と第2段要素との区別がつかなくなつたので表の動作は第2段要素の動作時間と見なされる。
- (4) 動作の判定は継電器の整定インピーダンスと見



第 3 表 祖谷発電所故障に於ける試験結果  
Table 3. Test Results in Case of Short-Circuit Faults at Iya Power Station

試験番号	故障種類	徳島火力	切越発電所	相別	線間電圧 (kV)	真光側				継電器側				出合側				電器			
						差電流 (A)	見掛上のインピーダンス $Z$ ( $\Omega$ )	継電器の整定インピーダンス $Z$ ( $\Omega$ )		$Z/Z_R$ (%)	インピーダンス要素動作時間 ( $\infty$ )		動作判定	差電流 (A)	見掛上のインピーダンス $Z$ ( $\Omega$ )	継電器の整定インピーダンス $Z$ ( $\Omega$ )		$Z/Z_2$ (%)	インピーダンス要素動作時間 ( $\infty$ )	動作判定	方向要素動作判定
								$Z_1$	$Z_2$		$Z_1$	$Z_2$				$Z_1$	$Z_2$				
A-3-2	3 $\phi$ M	2台 in 10,000kW	off	A-B	0	23.4	42.0	0	0	1.4	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.75	○	△		
				B-C	0	23.4	42.0	0	0	1.0	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.8	○	△		
				C-A	0	23.4	42.0	※	※	0.9	動作	○	0	10.3	65.0	0	1.0	○	△		
A-3-2'	3 $\phi$ F	2台 in 10,000kW	off	A-B	0	23.4	42.0	0	0	1.4	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.75	○	△		
				B-C	0	23.4	42.0	0	0	0.8	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.75	○	△		
				C-A	0	23.4	42.0	0	0	1.0	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.75	○	△		
A-2-1	3 $\phi$ F (AB)	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	0	23.4	42.0	0	0	1.3	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.6	○	△		
				B-C	52.8	23.4	42.0	174	97	動作	†不明	†不明	51.8	10.3	65.0	79.8	1.5	○	△		
				C-A	54.3	23.4	42.0	174	96.8	動作	†不明	†不明	48.1	10.3	65.0	74.0	1.0	○	△		
A-3-1	3 $\phi$ F	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	0	23.4	42.0	0	0	1.6	動作	○	0	10.3	65.0	0	動作	○	△		
				B-C	0	23.4	42.0	0	0	1.0	動作	○	0	10.3	65.0	0	動作	○	△		
				C-A	0	23.4	42.0	0	0	1.2	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.5	○	△		
A-3-1'	3 $\phi$ F	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	0	23.4	42.0	0	0	1.6	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.8	○	△		
				B-C	0	23.4	42.0	0	0	0.8	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.8	○	△		
				C-A	0	23.4	42.0	0	0	1.6	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.8	○	△		
A-3-1''	3 $\phi$ F	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	0	23.4	42.0	0	0	2.0	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.8	○	△		
				B-C	0	23.4	42.0	0	0	0.8	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.7	○	△		
				C-A	0	23.4	42.0	0	0	1.5	動作	○	0	10.3	65.0	0	0.8	○	△		

註:—※ OSC が不成功であつたため電流値が不明であるが、当然動作すべきであるから判定は○とす。  
 \* 真光側  $Z_2$  動作時間はオシロで測定しなかつたので動作表示器で見ただけである。  
 † 動作表示器は出なかつたので継電器としては正規であるが、インピーダンス要素は動作したか否か不明のため判定を不明にした。  
 ‡ 差電流の少ないのは A 相主変流器断線のためである。



第4表 貞光変電所故障に於ける試験結果  
Table 4. Test Results in Case of Short-Circuit Faults at Sadamitsu Substation

試験番号	故障種類	徳力	切越発電所	相別	線間電圧 (kV)	貞光側			継電器側			電器側			出合側			電器側					
						差電流 (A)	見掛上のインピーダンス Z (Ω)	継電器の整定インピーダンス Z (Ω)		Z/Z <sub>R</sub> (%)	インピーダンス要素動作時間 (s)		動作判定	差電流 (A)	見掛上のインピーダンス Z (Ω)	継電器の整定インピーダンス Z (Ω)		Z/Z <sub>2</sub> (%)	インピーダンス要素動作時間 (s)	動作判定	方向要素動作判定		
								Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>		Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>				Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>						
B-2-1	2φF (CA)	2台 in 10,000kW	off	A-B	49.2	112	24.6	42.0	456	266	不動作	不動作	△	△	336	146	10.3	65.0	224	不動作	△	△	
				B-C	54.3	129	26.0	28.5	496	453	不動作	不動作	△	△	363	150	10.3	65.0	231	不動作	△	△	
				C-A	22.9	840	27.3	29.8	100	91.7	不動作	4.7	△	○	630	36.4	10.3	65.0	56.0	2.0	○	△	△
B-3-2	3φF	2台 in 10,000kW	off	A-B	23.5	840	28.5	42.0	98.2	66.6	不動作	2.7	▲	○	805	29.2	10.3	65.0	45.0	1.5	○	△	△
				B-C	23.6	848	29.8	42.0	93.3	66.2	6.8	2.0	○	○	795	29.7	10.3	65.0	45.7	1.7	○	△	△
				C-A	23.5	840	27.3	42.0	102.5	66.6	不動作	2.5	△	○	810	29.0	10.3	65.0	44.6	1.5	○	△	△
B-3-1	3φF	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	24.0	870	31.2	42.0	88.5	65.7	13.4	2.7	○	○	630	38.7	10.3	65.0	58.2	1.75	○	△	△
				B-C	24.9	820	29.8	42.0	102	72.3	不動作	3.2	△	○	612	40.7	10.3	65.0	62.6	2.0	○	△	△
				C-A	25.4	815	32.4	42.0	96.3	74.2	不動作	2.2	▲	○	620	41.0	10.3	65.0	63.0	2.0	○	△	△
B-3-3	3φF	2台 in 6,000kW	2台 in	A-B	24.0	872	31.2	42.0	88.2	65.5	7.8	3.2	○	○	660	36.4	10.3	65.0	56.0	1.8	○	△	△
				B-C	24.9	825	29.8	42.0	101.3	71.9	不動作	2.5	△	○	620	40.2	10.3	65.0	61.8	1.75	○	△	△
				C-A	25.3	780	32.4	42.0	100	77.2	不動作	2.2	△	○	633	40.0	10.3	65.0	61.5	1.75	○	△	△

掛け上のインピーダンスとの比から判定したもので、整定インピーダンス (Z<sub>R</sub>) が 30 オームで、見掛上のインピーダンス (Z) が 27 オームの時はその比 Z/Z<sub>R</sub> は 90% となり、この場合継電器から見た見掛上のインピーダンスは整定値より小さいことを意味するから継電器は当然動作すべきであり、又この比が 100% 以上の時は動作しないことが正しい。こゝで ±5% は測定とか較正等に於て避け得られない誤差と考えられるのでその場合も区別して判別し次の記号で判定結果を表わした。

- 動作したことが正しいもの.....○
- △ 動作しなかつたことが正しいもの.....△
- ▲ 動作すべきであつたが動作しなかつたもの.....▲
- 動作すべきでなかつたが動作したものの.....●

即ち▲はアンダーリーチを、●はオーバーリーチを示し、何れも継電器の不正規動作であるが、この内誤差僅少で 5% 以内のものは△又は●で示した。

[IV] 結果の検討

(1) インピーダンス要素の測定精度  
試験系統は第8図及び第2表に示す如く特異な線路で

(A) 中間に切越発電所を有した三端子回路である。(吉良発電所は系統から分離して試験された。)

(B) 線路の抵抗分が大きくインピーダンス角は約 40° である。

従つて切越発電所が系統に入つた時その影響を受けたり、又電弧短絡接地の場合電弧抵抗の影響を受けたりして見掛上のインピーダンスは変動する。

ところが、インピーダンス継電器は継電器を設置した位置から故障点迄の距離を線路のインピーダンス値によつて測定し動作するものであるから、線路又は故障条件に伴う見掛上のインピーダンスの



第5表 吉良発電所故障に於ける試験結果  
Table 5. Test Results in Case of Short-Circuit Faults at Kira Power Station

試験番号	故障種類	徳火力	切越発電所	相別	線間電圧 (kV)	真光側				繼側				電器				出合側				繼電器			方向要素動作判定		
						見掛上のインダクタンスZ (Ω)		繼電器の整定インダクタンスZ (Ω)		Z/Z <sub>R</sub> (%)		インピーダンス動作時間 (s)		動作時間 (s)		インピーダンス要素動作時間判定		差電流 (A)	見掛上のインダクタンスZ (Ω)	繼電器の整定インダクタンスZ <sub>R</sub> (Ω)		Z/Z <sub>2</sub> (%)	インピーダンス要素動作時間 (s)	動作時間判定		動作時間 (s)	動作時間判定
						Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>			Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>						
C-3-2	3φM	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	21.6	19.8	22.1	42.0	89.6	47.2	16.6	1.9	1.9	1.9	805	26.8	10.3	65.0	41.2	1.2	○	1.2	△				
					23.0	22.1	23.4	42.0	94.5	52.6	13.0	1.8	1.8	1.8	795	28.9	10.3	65.0	44.5	1.25	○	1.25	△				
					23.2	22.4	24.6	42.0	91.1	53.4	15.6	2.2	2.2	2.2	810	28.6	10.3	65.0	44.0	1.25	○	1.25	△				
C-3-2'	3φF	2台 in 10,000kW	off	A-B	22.8	21.3	26.0	42.0	82.0	50.7	6.0	2.6	2.6	805	28.3	10.3	65.0	43.5	1.2	○	1.2	△					
					23.4	23.4	23.4	42.0	100	55.7	不動作	1.5	1.5	1.5	780	30.0	10.3	65.0	46.2	1.2	○	1.2	△				
					24.1	23.9	24.6	42.0	97.2	57.0	不動作	2.1	2.1	2.1	810	29.7	10.3	65.0	45.7	1.25	○	1.25	△				
C-3-1	3φF	2台 in 10,000kW	2台 in	A-B	24.0	22.6	26.0	42.0	87.0	53.8	3.0	2.2	2.2	776	30.9	10.3	65.0	47.6	1.3	○	1.3	△					
					23.9	24.0	27.3	42.0	88.0	57.1	4.3	2.0	2.0	755	31.7	10.3	65.0	48.8	1.1	○	1.1	△					
					24.2	24.9	24.6	42.0	101	59.4	不動作	1.5	1.5	1.5	795	30.5	10.3	65.0	47.0	1.0	○	1.0	△				
C-2-1'	2φF (AB)	2台 in 10,000kW	off	A-B	24.0	22.0	26.0	42.0	84.5	52.5	5.3	1.7	1.7	843	28.5	10.3	65.0	43.9	1.0	○	1.0	△					
					53.5	103	23.4	42.0	440	245					125.5	10.3	65.0	193	不動作	△	不動作						
					57.0	106.5	24.6	42.0	433	254					144	10.3	65.0	222	不動作	△	不動作						
C-3-3	3φF	2台 in 6,000kW	2台 in	A-B	24.3	23.2	26.0	42.0	89.3	55.3	8.5	2.5	2.5	798	30.5	10.3	65.0	47.0	1.5	○	1.5	△					
					24.8	24.1	27.3	42.0	88.3	57.4	5.4	1.7	1.7	885	28.0	10.3	65.0	43.1	1.15	○	1.15	△					
					25.2	25.6	24.6	42.0	104	61.0	不動作	1.9	1.9	1.9	835	30.2	10.3	65.0	46.5	1.5	○	1.5	△				

註:—\* 第4表の時と同様不明としたが継電器としては正規である。



変動による誤差を取り除き、純然たるインピーダンス要素の精度を検討するためにオシログラムから得た見掛上のインピーダンスと直接比較した。

第3表乃至第5表に於けるインピーダンス要素の動作判定はこの観点から行つたもので、全試験127回(オシロ測定失敗したもの又は不明確なものは除く)の内不正規の動作と見られるものが3回あつた。これは全試験回数に対して僅か2.4%で、この総てはアンダーリーチで、距離継電器として最も避けらるべきオーバーリーチは1回もなかつた。このアンダーリーチの程度も全部4%以内の僅かのもので、オシロ測定上の誤差を考慮に入れればアンダーリーチであつたか否かも断定出来ない程度である。

以上の結果から実回線に於ける過渡時のインピーダンス測定精度は前述の静特性と比較し、殆ど同程度であると言えよう。

(2) 動作時間

前項と同様、動作時間はオシログラムから得た見掛上のインピーダンスと比較した。

第9図は第3表乃至第5表から得た動作時間特性で、こゝで換算インピーダンスは

$$\text{換算インピーダンス}(\%) = \frac{\text{見掛上のインピーダンス}(\Omega)}{\text{継電器の整定インピーダンス}(\Omega)} \times 100$$

として求めたものである。

これから継電器の動作時間は次のようであることがわかる。即ち故障点が整定距離の50%以内の時は1.5サイクル(60サイクルベース)前後で動作する。

(3) 方向要素(KHV型QC式継電器)の動作

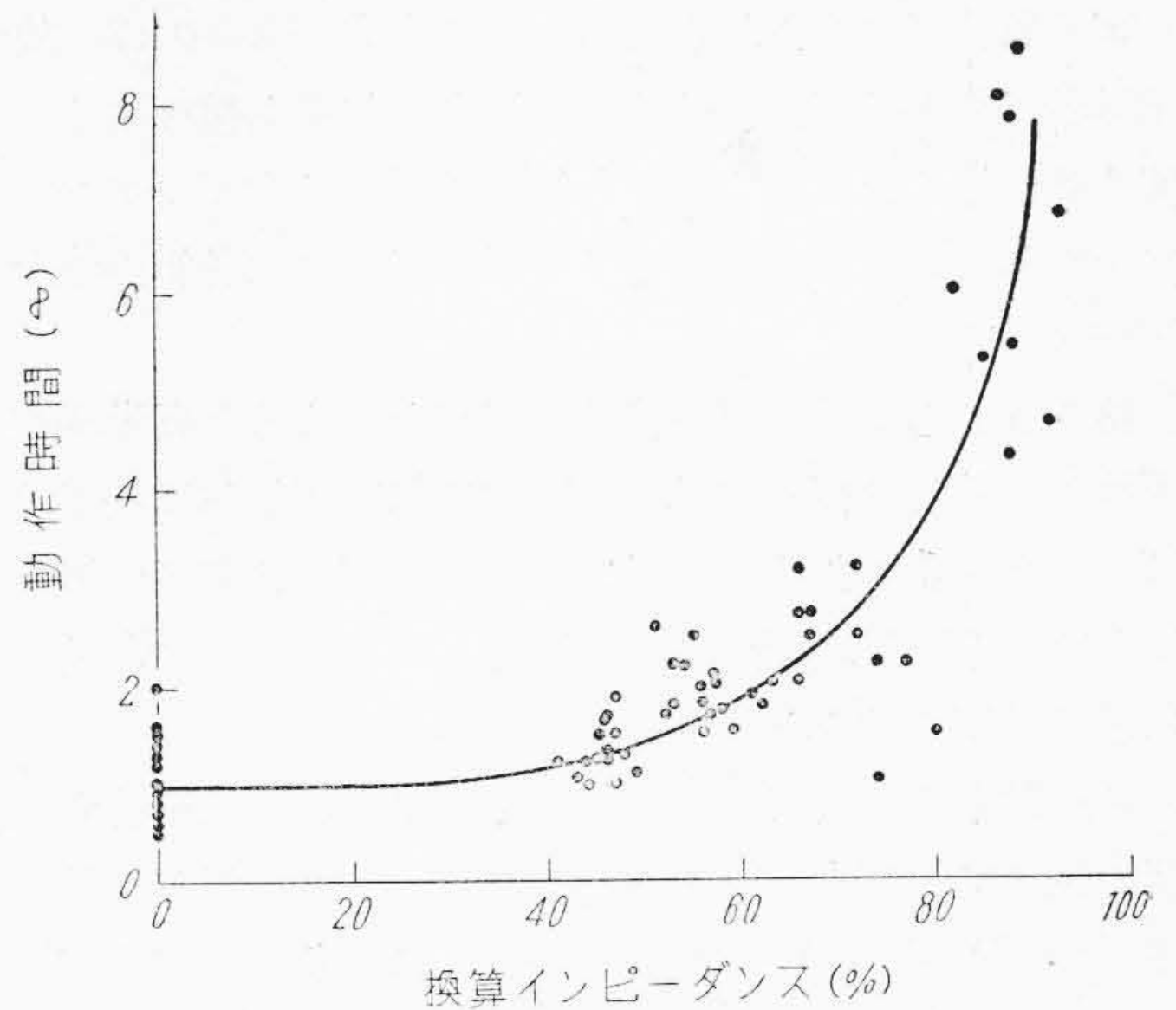
故障は総て祖谷—貞光間で行われたので、貞光側の方向要素は動作し、出合側の方向要素は動作しなければよいことになる。

方向要素の接点はインピーダンス要素の接点と直列に接続されているから、遮断器が動作すれば方向要素もインピーダンス要素と共に動作した事を意味するので、貞光側方向要素は遮断器の動作によつて確認した。又出合側方向要素は特殊な回路を構成しその動作を調べた。

方向要素の試験結果は第3表乃至第5表に示す如くで、全試験を通じ1回の不正規動作もなかつた。

(A) 反転現象

祖谷—貞光間に故障が発生すると電力方向は出合より祖谷を経由して故障点に至るが、祖谷発電所の遮断器が動作し開路すると電力方向は祖谷から出合方向に反転する。特に故障点が祖谷発電所に近接している場合は祖谷側の遮断が貞光側の遮断より速いため祖谷側遮断直後故障電流は出合より貞光經由故障点に向い電力の反転現象が甚しく現われ、出合側方向要素の反転動作が行われ易い条件にあり、もしインピーダンス要素の復帰より速く閉合した場合は誤遮断が行われる。



第9図 動作時間特性  
Fig. 9. Characteristics of Operating Time

今回の試験に於てはこれ等の原因による誤遮断は勿論のこと方向要素の反転現象は1回もなかつた。

(B) メモリ効果  
祖谷発電所に於ける三相短絡接地故障の際は方向要素の動作をおびやかすことになるが、本継電器は前述の如く十分メモリ効果を与えているので実地試験に於ても確実に動作し、その効果が実証された。

(4) 三端子回路の影響

一般に多端子回路に距離継電器を使用する場合は中間端子から故障点に流れ込む故障電流の影響を受け誤差を生ずるもので、今回の試験もその影響を調べる事が一つの目的であつたが、試験条件少なく又同一条件の下に於ける試験の回数が極めて少なかつたので三端子回路による影響の実態を掴むことは困難であつた。唯数少ない測定結果から本系統の試験条件に於ける大体の傾向を検討してみると次のようになる。

第6表 切越発電所による影響比較表  
Table 6. Effect of T Connected Kirikoshi P. S.

故障点	測定インピーダンス (Ω)	
	切越発電所 (off)	切越発電所 (in)
貞光	27.9 (B-3-2)	29.7 (B-3-1)
吉良	23.0 (C-3-2')	23.8 (C-3-1)

括弧内は試験番号を示す。



第4表及び第5表から徳島火力の出力 10,000 kW 故障種類三相電弧短絡接地故障の場合の記録を整理すると第6表の如くなる。こゝで各相の見掛上インピーダンスは平衡していないため測定インピーダンスは各相の値を平均した。

第6表から切越発電所接続の影響を求めると貞光変電所故障に於ては概ね +6.45%, 吉良発電所故障に於ては概ね +3.5% である。又予め行つた計算では前者の場合 +6.1%, 後者の場合 +3.55% であつたから、この結果は予備計算の結果とほぼ一致している。

本試験系統に於て中間端子の影響の少いのは祖谷発電所の後方に四国大系統を有しており、これに対し切越発電所が 5,000 kVA であるから、これより供給する故障電流が他に比較して少ないためと考えられる。

#### (5) 電弧抵抗の影響

本試験系統は線路互長が短く、且つ第2表に示す如く抵抗分が大きいので電弧抵抗の影響は比較的が大きくなる筈であるが、比較検討すべき記録が1回しかなかつたので、これが検討は差し控えることとした。

### 〔V〕 結 言

以上インピーダンス継電器を主体とした継電装置の人工故障試験に就いて述べたが、今回の試験の結果

#### (1) インピーダンス測定精度

電弧短絡接地故障の場合は金属短絡接地故障の場合に比較して多少距離測定に影響するが、インピーダンス測定精度は過渡時に於ても静特性と殆ど同程度で5%以内にある。

#### (2) 方向要素の反転現象

今回の試験では特に方向要素の反転現象については過酷な試験が行われたが、1回の誤動作もなかつた。

#### (3) 方向要素のメモリ効果

至近距離の三相短絡接地故障の場合に於ても確実に方向要素は動作し、メモリ作用の効果が確められた。

#### (4) 系統擾乱時の誤遮断防止装置

系統擾乱時に於て継電器が遮断するのを防止するため、その鎖錠回路を備えているが、今回の試験では祖谷発電機の脱調現象は発生せず、従つて本装置の実際的試験は出来なかつた。

#### (5) 電弧抵抗及び三端子回路による影響

今回の試験は各種の条件を加味して行われたが、同一条件試験回数が極めて少なかつたので各々分析して検討することは困難であつた。

以上を総合して、本系統では今回の試験結果を基にすれば継電器の整定を 25 オームに整定すれば保護区間の80%以内の故障は第1段要素で、残部の20%は第1段要素又は第2段要素によつて保護し得るものと考えられる。

今回の試験は高速度インピーダンス継電器を主体として距離継電装置の現地試験として我国最初の試みであつたばかりでなく、又前述の如く特異な本系統に使用して従来の継電方式より遙かに優れた性能を有することが確められ、今後の継電方式進歩発達に寄与するもの大であることを信ずる。

最後に本試験にあたり参加尽力された電力技術研究所、電気試験所の各位に対し深甚の謝意を表わすと共に終始御指導と御鞭撻とを賜つた四国電力渡辺工務部長、日立製作所三浦日研副所長、木内計器部長、辻田計器設計課長並びに森山電盤設計課長に対し厚く感謝の意を表わす次第である。

#### 参 考 文 献

- (1) 猿渡：日立評論 34, 939 (昭和27年)
- (2) 猿渡：日立評論 33, 605 (昭和26年)

