

AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器

猿 渡 房 吉*

Type AZ Form QC High Speed Impedance Relay

By Fusakichi Saruwatari

Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

In case of a short circuit fault occurred in an important transmission line, the high speed relays play a very essential role for minimizing the damages of the apparatus and increasing the stability of the line. In this view, Hitachi, Ltd. has devoted long to the investigation and development of these relays.

This Type AZ Form QC relay is one of the high speed relays manufactured in our factory for this purpose and designed to select a fault measuring the distance between the fault point and the place where the relays are installed by impedance element.

In this paper the writer describes the characteristics of the impedance element of the relay because this element is the most important part of the relay mechanism. As the results of the factory and field tests, we have reached the characteristics of the impedance element to be as follows;

- a. Influence on the operating characteristics by the magnitude of fault current is very small.
- b. Influence by the impedance angle of the line is almost negligible.
- c. The error of measuring the impedance during transient time by the relay is up to $\pm 2\%$.
- d. When a short circuit occurred at nearer point than the half of the setting distance of the relay, the operating time is nearly one cycle.

[I] 緒 言

電力資源を合理的に最もよく利用するためには、各方面の系統を連系し電力の融通を計ることが必要であるが、系統が複雑になるに従い故障の高速遮断が強く要望せられるところである。

この高速度遮断方式は系統の安定度を向上すると共に機器の損傷を最小限度に止め送電不断の実を挙げるのに極めて有効な方式である。

従来は並行二回線式送電方式を建前としての高速度保護継電方式が専ら採用せられており、日立製作所は既に KRV 型 QW 式高速度逆電力継電器⁽¹⁾を製作し、各方面でその成果を挙げているが、この継電器は元々並行二回

線式送電線路の短絡保護用継電器として研究されたもので、搬送電流の援助によらなければ一回線送電の高速度選択遮断は困難である。

AZ 型 QC 式インピーダンス継電器は送電線の一部に短絡故障が発生した際、継電器の設置位置から故障点迄の距離を線路のインピーダンスによつて測定し、これが継電器の保護区間内にある時は高速度遮断せしむる継電器で、並行二回線送電、一回線送電を問はず送電線路の高速度短絡保護に使用される。

米国においては既に高速度距離継電器又は搬送保護継電装置を採用し、送電線の短絡故障をその回線のみで選択遮断する方式に成功を納めているが、我国においては漸くその実用の緒についた程度にすぎない。日立製作所は先に国鉄信濃川線千手一小千谷両発電所間⁽²⁾に後者の

* 日立製作所多賀工場

方式を採用し、その成果を挙げているが、更に高速度距離継電器と搬送保護継電方式とを併用した高速度保護継電方式は高速度遮断器と相まって最高度の水準を行く保護方式として推奨さるべきものである。

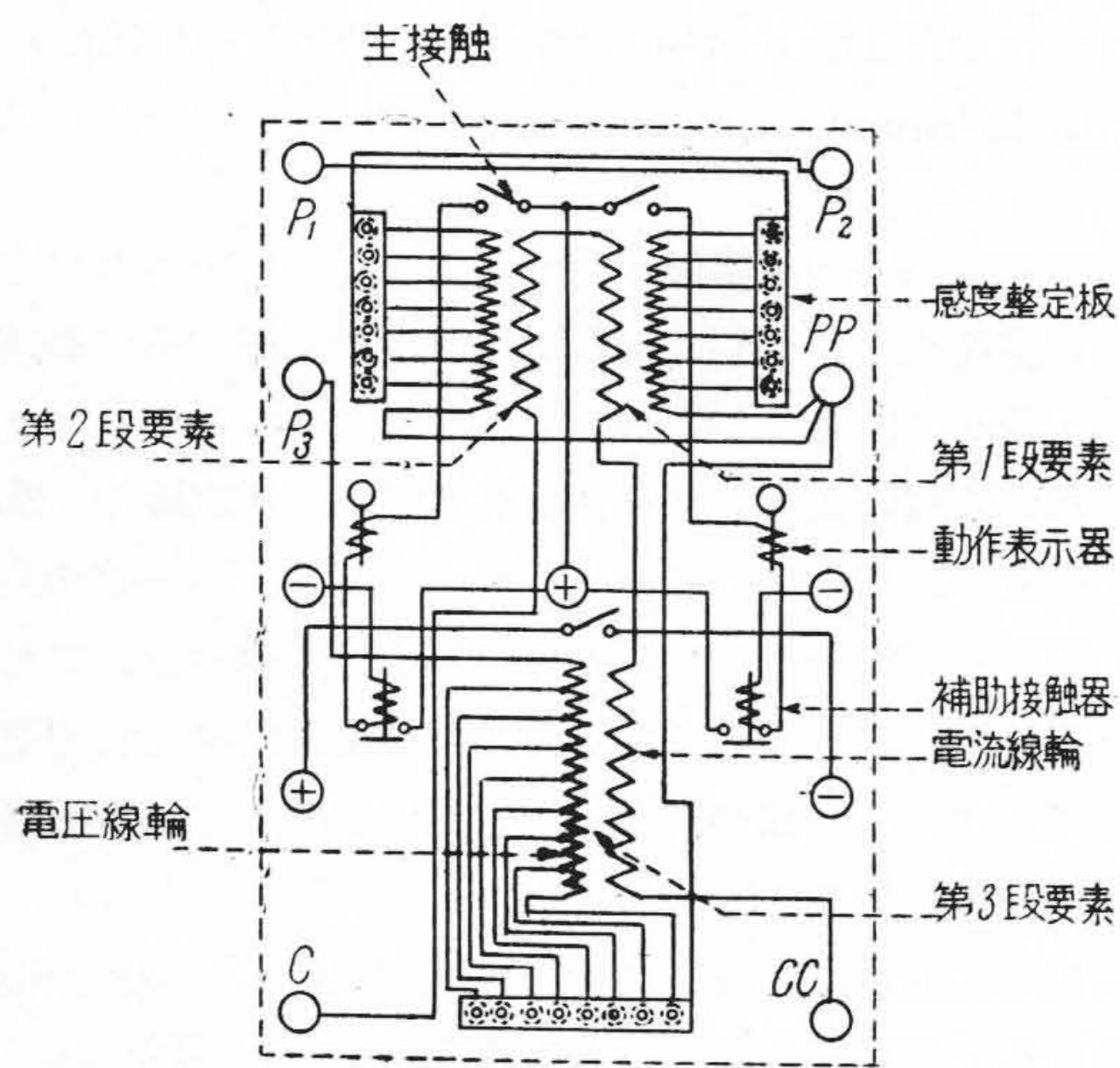
本継電器は昭和 25 年電気協同研究会主催の下に行われた人工故障試験⁽³⁾において好成績を納めた KZ 型 QC 式インピーダンス継電器を更に研究改良したものである。第 1 図は台湾電力天冷発電所に納めた AZ 型 QC 式インピーダンス継電器で、内地においても各重要幹線に使用されんとしている。

本継電器は別に方向継電器、限時継電器その他補助継電器を併用することによつて完全にその目的を達するものであるが、本文においては主としてその主体をなすインピーダンス要素について述べることにする。

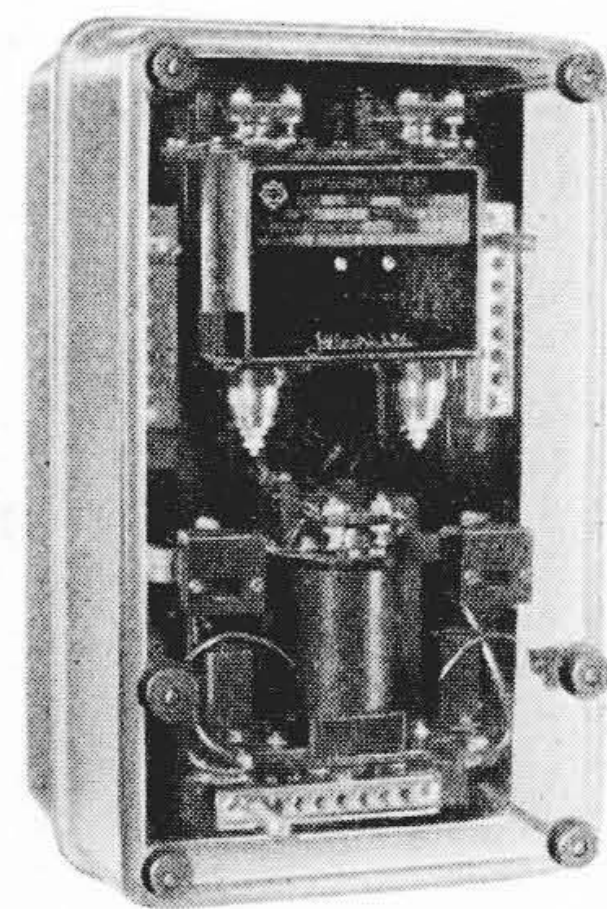
〔II〕 構造及び動作原理

第 2 図内部接続図に示す如く、インピーダンス要素は第 1 段要素、第 2 段要素及び第 3 段要素（以下これ等を略してそれぞれ Z_1 、 Z_2 及び Z_3 と呼称す）の 3 段階に分れている。各インピーダンス要素は第 3 図の如き構造で、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、それぞれの可動部は共通の軸で機械的に結合された平衡桿型である。

常時線間電圧が 100% 近くを保っている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、2 相又は 3 相短絡故障が発生すると線間電圧が降下すると同時に短絡電流が増加し、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



第 2 図 AZ 型 QC 式継電器内部接続図
Fig. 2. Internal Connection Diagram of Type AZ Form QC Relay



第 1 図 AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器
Fig. 1. Type AZ Form QC High Speed Impedance Relay

閉じる。

今仮りに両要素の磁気回路が完全に独立しており且回転力がそれぞれのアンペアターンの自乗に比例するものとするれば、動作要素及び抑制要素の回転力 T_c 及び T_p は

$$T_c = k_c \cdot I^2 \dots \dots \dots (1)$$

$$T_p = k_p \cdot E^2 \dots \dots \dots (2)$$

こゝで

k_c …… 動作要素側の継電器常数

k_p …… 抑制要素側の継電器常数

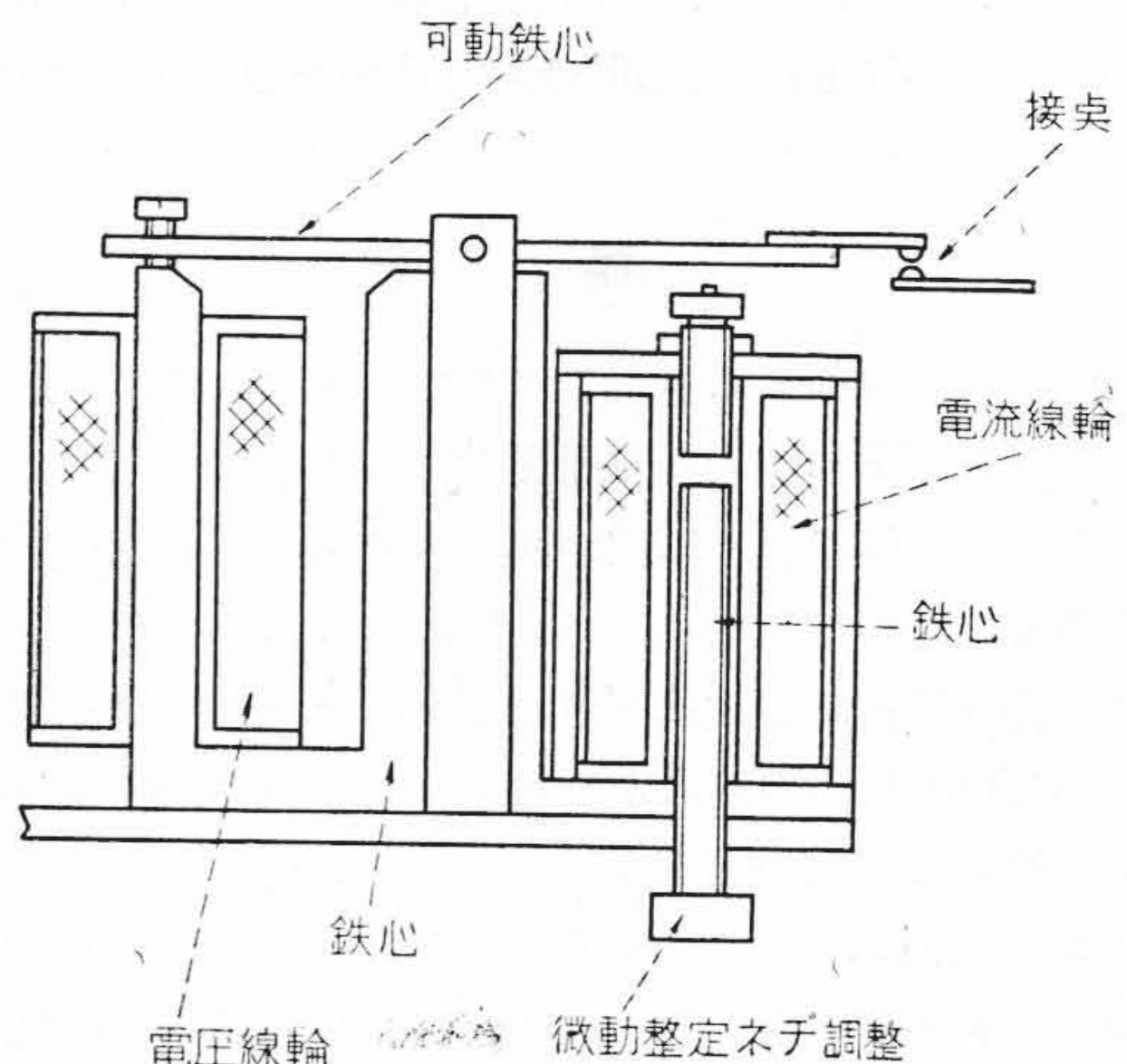
I …… 電流線輪の電流

E …… 電圧線輪側の電圧

とする。従つて継電器は軸の摩擦回転力を T_f とすれば

$$T_c - T_p - T_f \geq 0 \dots \dots \dots (3)$$

の条件において動作する。



第 3 図 インピーダンス要素構造図
Fig. 3. Construction Diagram of Impedance Element

継電器が動作する場合の限界条件を求めるため

$$T_f \doteq 0$$

とすれば、(3) 式から

$$T_c - T_p \doteq 0$$

故に $k_c \cdot I^2 - k_p \cdot E^2 = 0 \dots\dots\dots(4)$

従つて $E/I = Z \dots\dots\dots(5)$

とおけば、 Z は継電器で測定すべきインピーダンスの値で、(4) 式は

$$k_p \cdot I^2 (K - Z^2) = 0 \dots\dots\dots(6)$$

に変形される。こゝで

$$K = k_c/k_p$$

を表わすものとし、継電器により定まる継電器定数である。従つて軸における摩擦を駆動回転力に比し無視し得る程度にすれば

$$Z \leq \sqrt{K} \dots\dots\dots(7)$$

になる時、即ち E/I が一定の値より小さくなつた時継電器は動作する。

以上は理想的な一般動作原理であるが、実際は鉄心の磁気特性、相互誘導等のため $k_p; k_c$ が一定のものとならず、 K は電流又は電圧の大小及びその間の位相角により影響を受ける。

[III] 継電器の特性

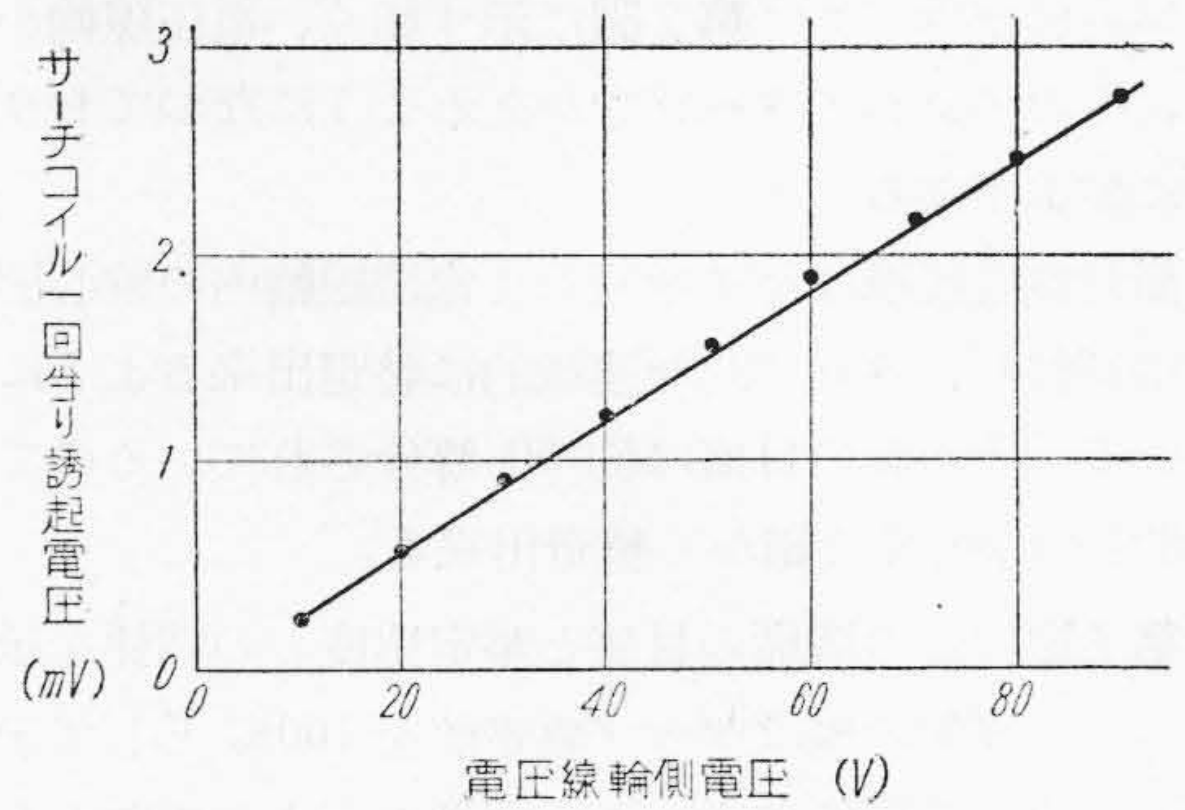
(1) インピーダンス感度特性

動作インピーダンス感度は電流又は電圧の大小にかゝらず一定であることが望ましいが、本継電器は各電磁回路に磁気鉄心を使用するためその設計工作を適当にしなければインピーダンス要素として使用出来なくなる恐れがある。この条件を満足するためには各線輪による磁束が電流又は電圧に比例しなければならない。第4図及び第5図は各電磁回路の磁束を可動鉄心部において測定したもので、サーチコイルの1回当り誘起電圧と電圧と電流又は電流との関係を示し、どちらも誘起電圧は一次側入力に比例することを示している。

第6図は本継電器のインピーダンス特性で電圧又は電流の大小にかゝらずその比即ちほぼ一定なことがわかる。しかし電圧又は電流の値が特に低い時は鉄心による影響が大きくなるためと抑制及び動作側の回転力が小さくなり軸の摩擦が無視出来なくなるための誤差が大きくなる。これから極端に短い線路の距離継電器は変成器の特性と相まつて製作が困難なことが推察されよう。

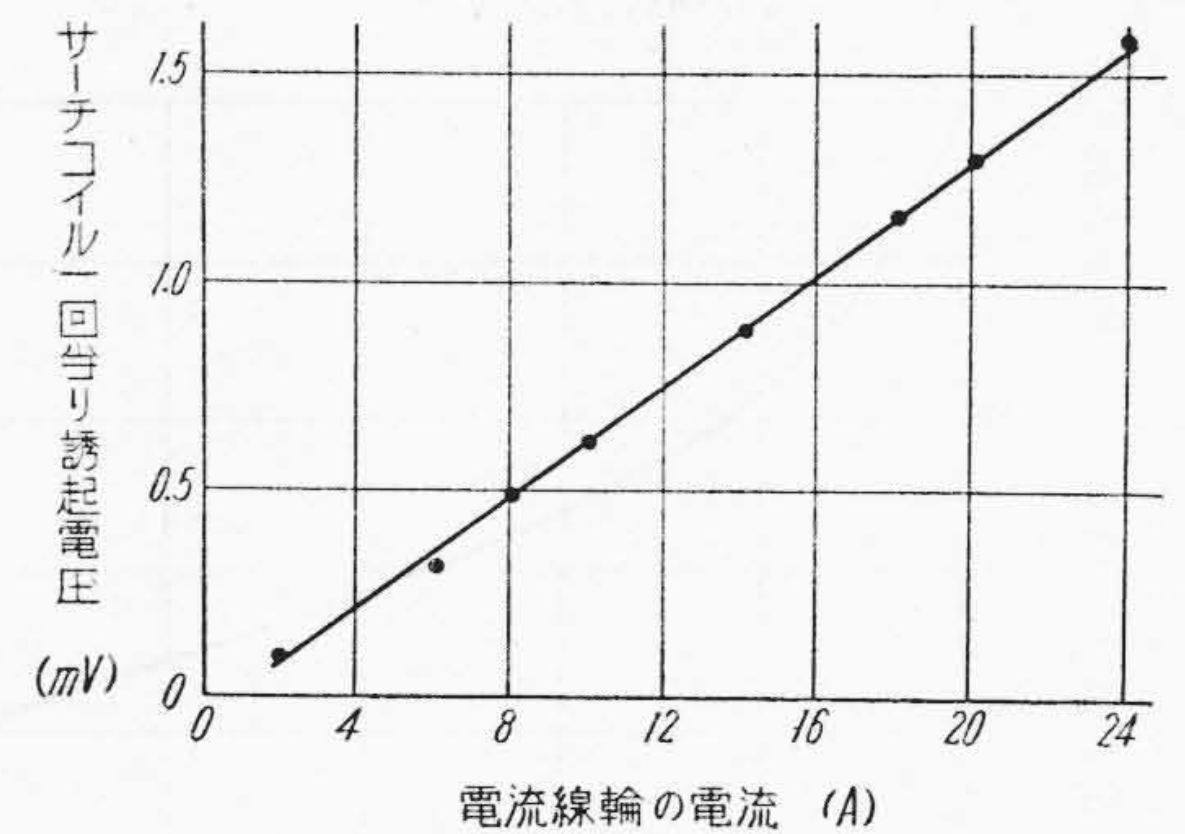
(2) 感度整定機構

インピーダンス継電器は後述の如く保護さるべき区間の互長又は変成比等により適当な感度に整定しなければならない。従つて本器は連続的に所望の感度に整定出来るよう、整定タップ及び微動調整ネジを備えている。



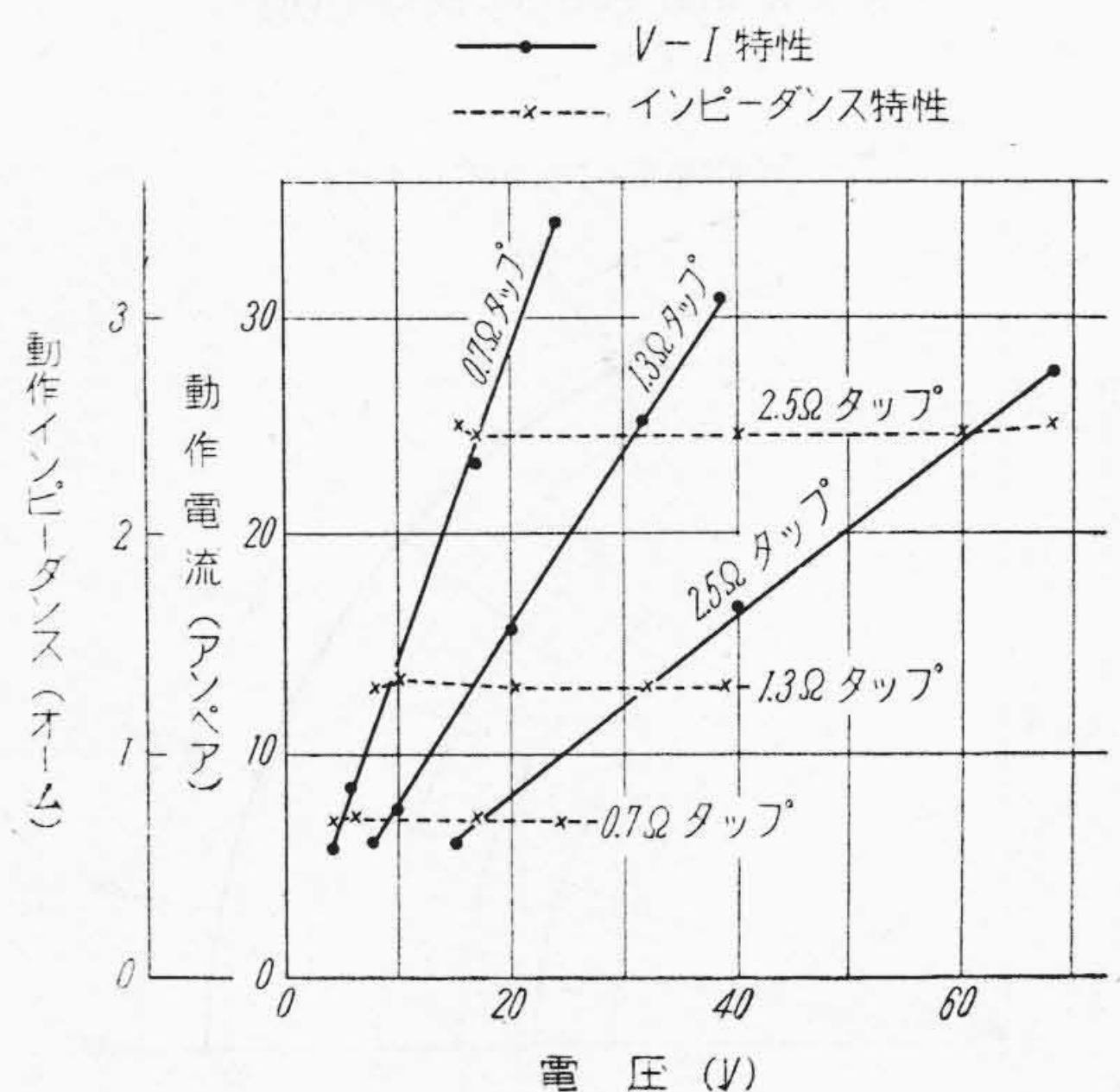
第4図 電圧線輪の入力とサーチコイルの誘起電圧との関係

Fig. 4. Relation between Input on Pressure Coil and Induced Voltage of Search Coil



第5図 電流線輪の入力とサーチコイルの誘起電圧との関係

Fig. 5. Relation between Input on Current Coil and Induced Voltage in Search Coil



第6図 インピーダンス特性

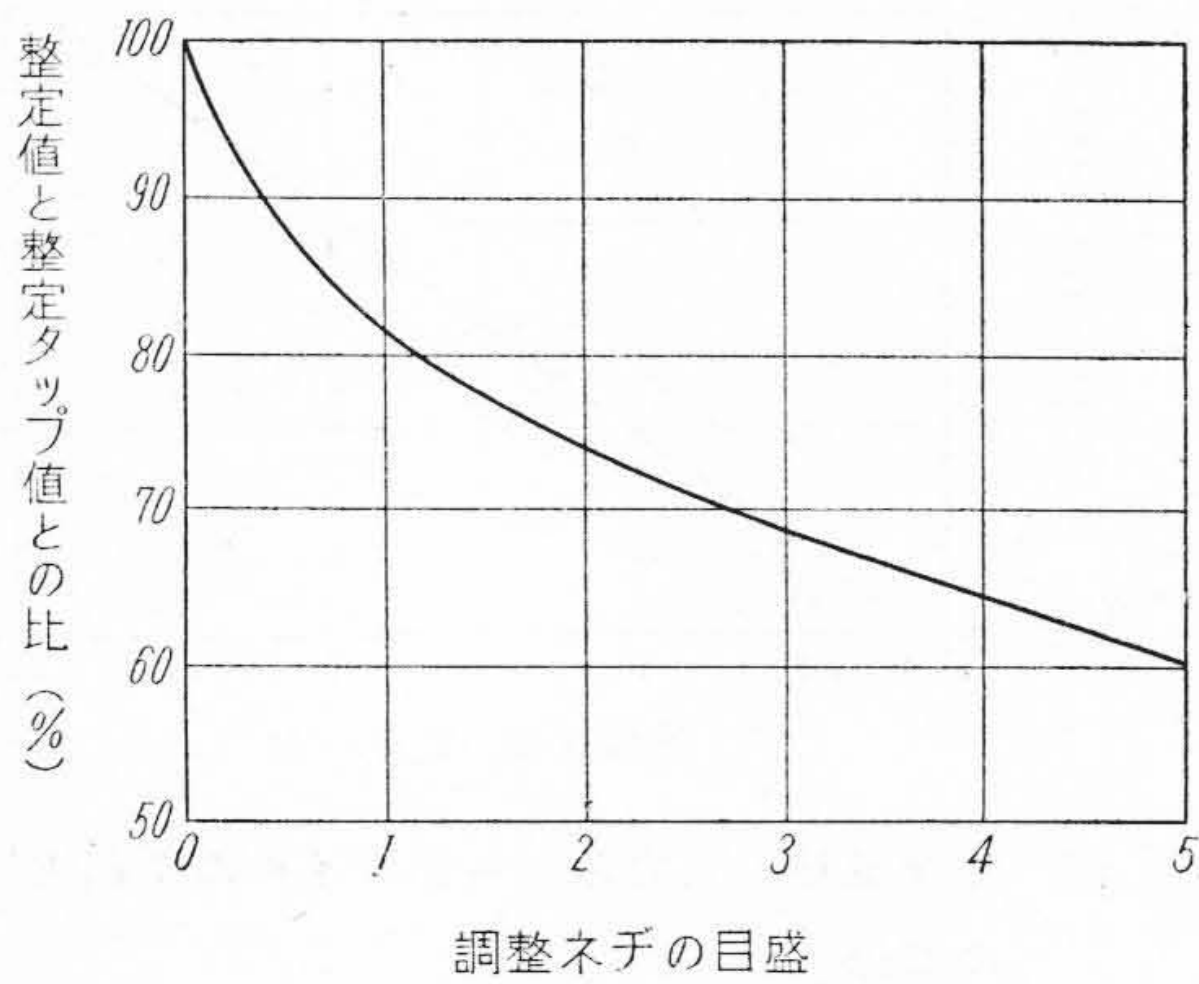
Fig. 6. Impedance Characteristics

感度整定タップは第2図に示す如く、電圧線輪から出し、そのアンペアターンをかえるようになっており段階的に整定出来る。

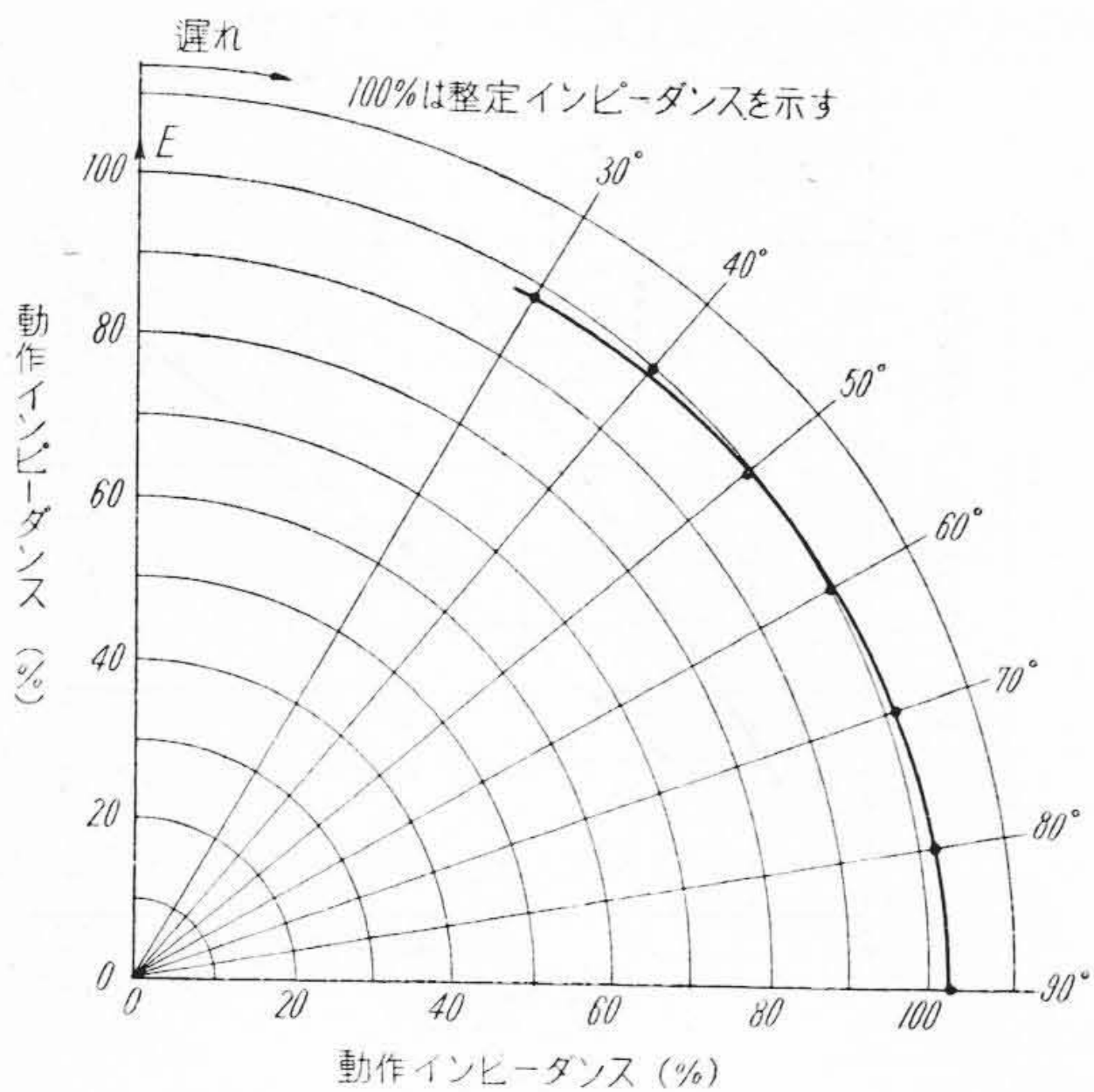
微動調整機構はネジを回して電流線輪内の鉄心間隙を微動調整し、タップ間を連続的に整定出来るようになってい。その間の目盛は約 50 等分されているのでタップ間約 1/50 まで細かく整定出来る。

第7図はこの機構の目盛と整定感度との関係を示したもので、縦軸の%はタップ整定値を 100% として示してある。タップ板にはオームで感度を記入してあるから、例えば 0.4 オームタップで微動調整ネジを目盛 1.5 に整定した時は 0.31 オームで動作する。

各タップは電圧線輪から出し微動調整ネジの調整と無関係なところから、第7図の特性はタップを切り換えるために変化することが殆どない。



第 7 図 微動整定ネジの目盛と整定感度との関係
Fig. 7. Relation between Scale of Fine Adjusting Screw and Setting Sensitivity



第 8 図 力率特性
Fig. 8. Polar Diagram

(3) 位相及び周波数の影響

短絡故障の際継電器から見た電圧及び電流の位相角は線路の構造によつて異なるので一般の送電線のインピーダンス角附近において一定の感度であることが望ましい。一般に本継電器が使用されるような送電線は 60° 乃至 85° の遅れ特性であるところから、本継電器の力率特性を 45° 乃至 90° 遅れ力率間で示せば第 8 図の如くで、力率角による感度の相異は 5% 以内である。

本器の構造は可動鉄心型であるため誘導型と異り周波数の影響は殆どない。

[IV] 継電方式

本継電器は他に方向継電器及び限時継電器を必要とする。第9図はその標準方式、第10図は外部接続を示す。

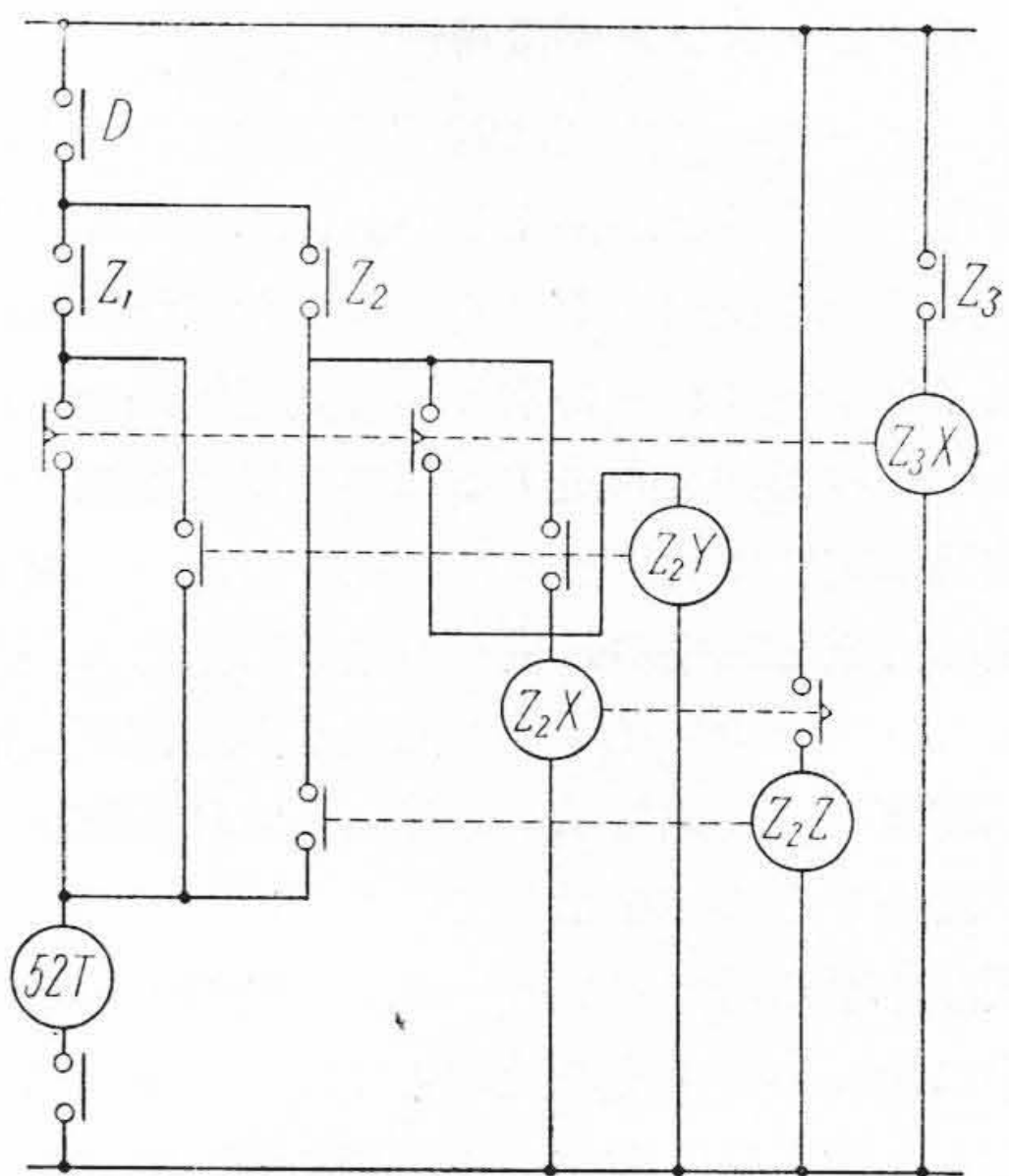
被保護線路の 1 線当りインピーダンスを Z_1 とすれば第 10 図の如くインピーダンス要素の電圧側には線間電圧を、電流側にはその差電流を通ずるので 2 相短絡、3 相短絡を問はず継電器からみたインピーダンス Z_R は

$$Z_R = Z_1 \cdot \frac{\gamma_c}{\gamma_p} \dots \dots \dots (8)$$

で表わされる。ここで

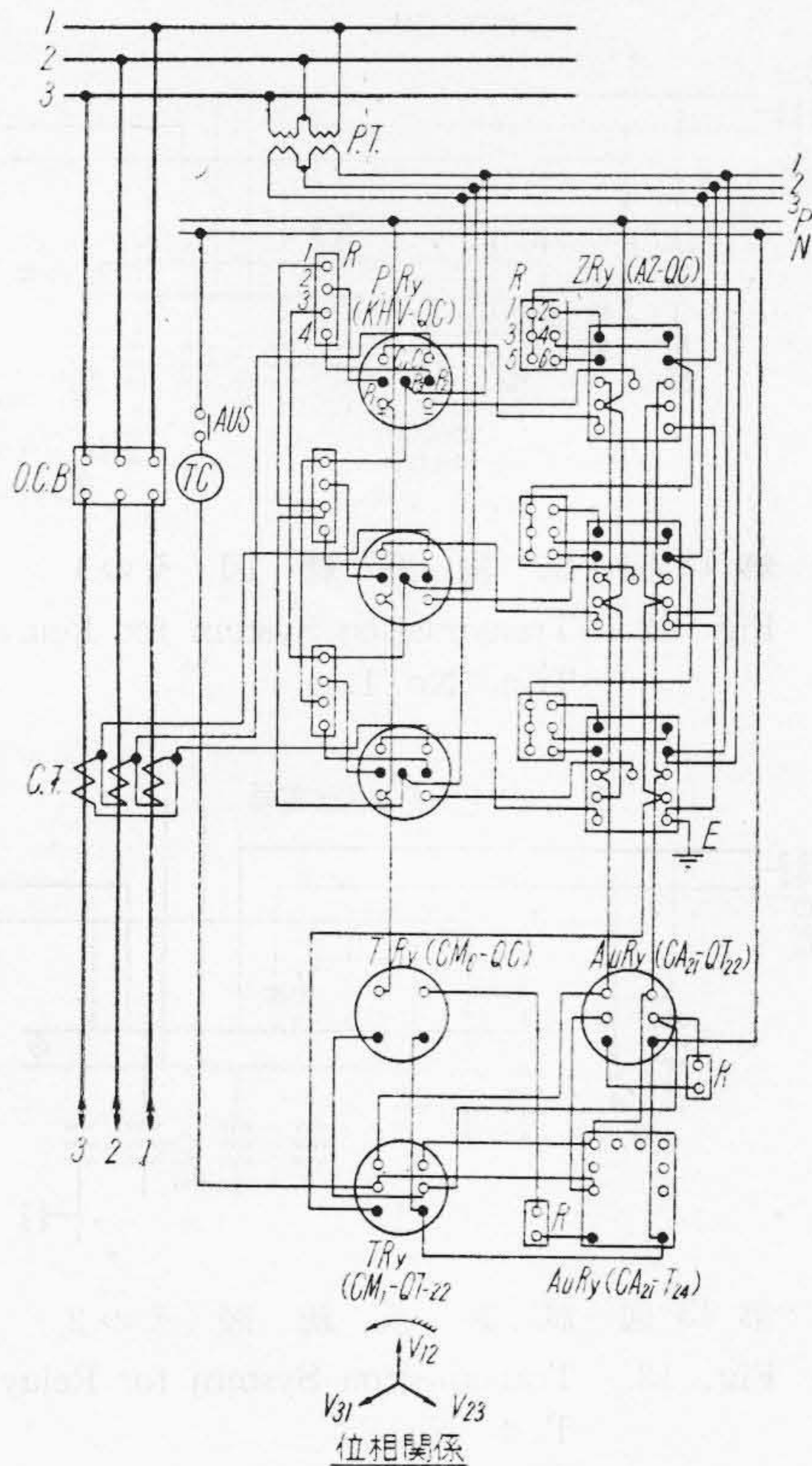
γ_c …… 変流器の変流比

γ_p …… 計器用変圧器の変圧比



- D KHV型 QC 式方向継電器
- Z₁ AZ 型 QC 式インピーダンス継電器第 1 段要素
- Z₂ " " " 第 2 段要素
- Z₃ " " " 第 3 段要素
- Z₂X CM₆ 型 QC 式限時継電器
- Z₂Y CA₂₁ 型 QT₂₂ 式高速度補助継電器
- Z₃X CM₁ 型 QT₂₂ 式限時継電器
- Z₂Z CA₂₁ 型 T 式補助継電器

第 9 図 送電線保護用インピーダンス継電器接続図
Fig. 9. Schematic Diagram for Impedance Relay for Transmission Line Protection

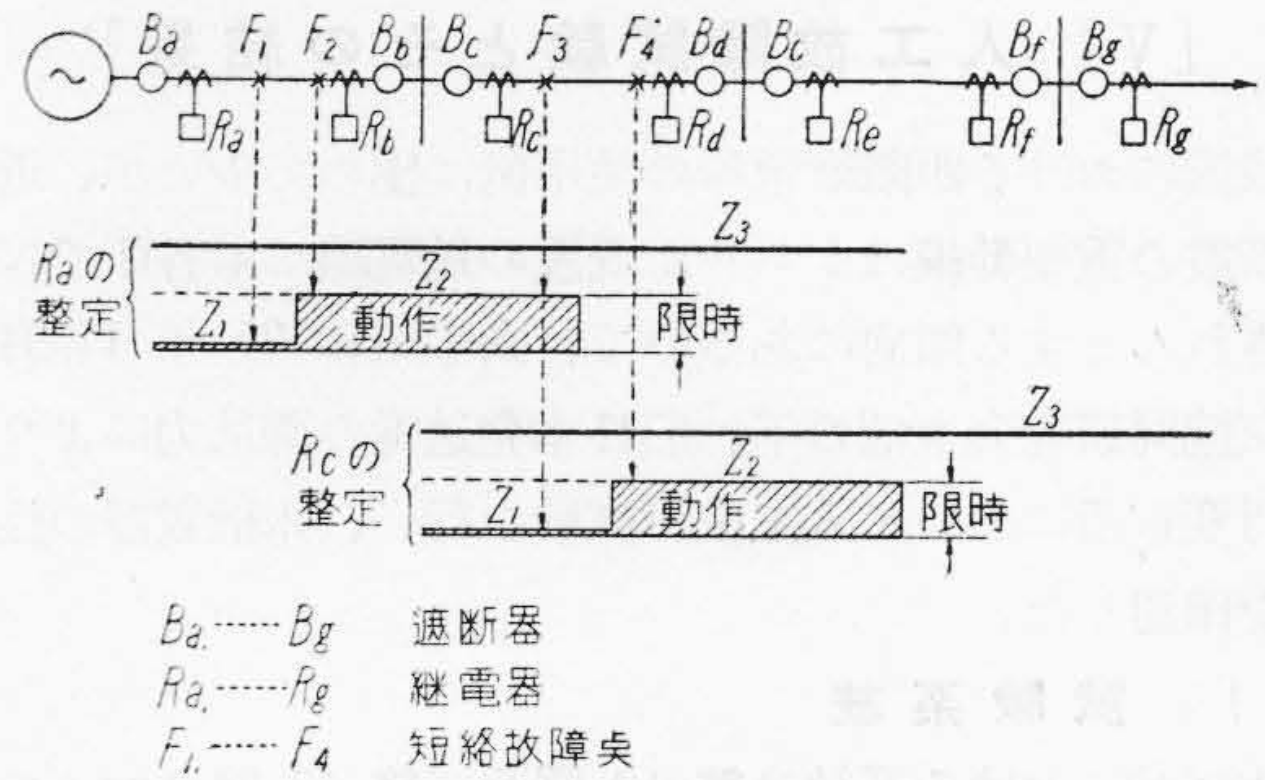


第 10 図 インピーダンス継電器外部接続図
Fig. 10. External Connection Diagram for Impedance Relays

従つて、継電器は Z_R に整定さるべきである。

さて、本装置で第 11 図の如き線路を保護する場合各インピーダンス要素の整定は参考のため同図に添記したが一般に下記要領による。

- Z_1 ... 継電器、計器用変圧器及び変圧器等の誤差を考慮に入れて保護区間の 80 乃至 90% の距離に相当するインピーダンス
 - Z_2 ... 保護区間を含み、更に次の区間の約 50% 迄の距離に相当するインピーダンス
 - Z_3 ... 保護区間及び次の区間を含み、更に次の区間の約 50% 以上の距離に相当するインピーダンス
- 且 CM_6 型 QC 式継電器の限時は遮断器の遮断時間に若干の余裕を含み整定する。このように整定すれば故障点が F_1 か、 F_2 か、 F_3 か、 F_4 かにより遮断器 B_a 、 B_c 及び継電器 R_a 、 R_c は第 1 表の如く動作し、所望の選択遮断をする。但しこの場合 F_2 又は F_4 の故障除去には 10 サイクル前後又はそれ以上の時間を要するが、搬送保護継電方式を併用すれば Z_2 にて搬送電流の制御を行わすことが出来るので、 CM_6 型 QC 式継電器の動作を待つことなく数サイクルで遮断する。



第 11 図 インピーダンス要素の整定要領説明図
Fig. 11. Instruction for Setting of Impedance Elements

第 1 表 故障点の位置と継電器、遮断器の動作関係
Table 1. Relation between Fault Position and Function of Relays and Circuit Breakers

故障点	継電器 R_a		継電器 R_c		遮断器 B_a	遮断器 B_c
	Z_1	Z_2	Z_1	Z_2		
F_1	○	○			瞬時遮断	
F_2		○			定限時遮断	
F_3		○	○	○	遮断せず	瞬時遮断
F_4				○	遮断せず	定限時遮断

○印は継電器の動作を示す。

又系統内の同期機が同期をはずれた場合継電器から見たインピーダンスは滑り角に応じて次第に小さくなり、 180° において最小になる。特に継電器がその電気的中心付近にある時は甚だしく、従つて継電器はこれを短絡事故と誤り動作し易い。 Z_3 は CM_1 型 QT_{-22} 式継電器 (Z_3X) と共にかかる誤動作を防止する目的に使用せらるゝもので、第 9 図及び第 10 図の如く接続する。 Z_1 、 Z_2 及び Z_3 は前述の如く次第に大きいインピーダンスに整定するので同期はずれの場合は滑りに応じ、先づ Z_3 、次に Z_2 更に Z_1 の順序で動作する。しかも Z_3 動作時より Z_2 動作時迄に若干の滑り時間を必要とし、その間に (Z_3X) が動作して Z_2 及び Z_1 の接触回路を開放するのでその後 Z_1 又は Z_2 が動作しても遮断は行われない。

一方保護区間内に短絡故障が発生した場合には Z_2 が Z_3 と殆ど同時に動作し、(Z_3X) がその常時閉路接触を開放する前に CA 型高速度補助継電器 (Z_2Y) でその常時閉路接触を閉路して、(Z_3X) の接触回路を短絡するので第 1 表の如き所定の選択遮断をする。

尙 CM_1 型 QT 式継電器 (Z_3X) は約 100ms の限時を有するから、 Z_3 は系統に応じ適当な感度に整定しなければならない。

[V] 人工故障試験とその結果⁽³⁾

我国における距離継電器の使用例は極めて少ないが、近時新設の重要幹線はもちろん既設の送電線にも各所で採用されんとする傾向にあるので、去る昭和 25 年 11 月電気協同研究会主催の下、旧日本発送電の御尽力により伊丹変電所において人工故障試験を行い、本継電器の性能を確認した。

(1) 試験系統

本試験における系統は第 12 図及び第 13 図の如くで伊丹変電所に継電器を設置し、姫路変電所において故障を発生せしめた。その間の線路の 1 線当り線路常数(計算値)は第 2 表の如くでこれから求めた総合インピーダンスは 34.9 オームである。

第 2 表 被保護線路の 1 線当り線路常数
Table 2. Line Constant per Line in Respected to Protected Line

区 間	距離 (km)	線 路 常 数			
		リアク タンス (Ω)	抵抗 (Ω)	インピ ダンス (Ω)	インピ ーダン ス角
伊丹—姫路分岐点	68.11	33.26	4.98	33.8	$\sqrt{81^{\circ}30'}$
姫路分岐点—姫路 故障点	1.9	0.948	0.187	0.966	$\sqrt{78^{\circ}50'}$

(2) 試験の方法と記録

継電器の整定値を種々変更し、3 相金属接地、ヒューズ接地、ニクロム線接地及び 2 相ヒューズ接地故障発生時における継電器の動作をオシログラムにより調査した。

試験の結果は第 3 表及び第 4 表の如くである。こゝで

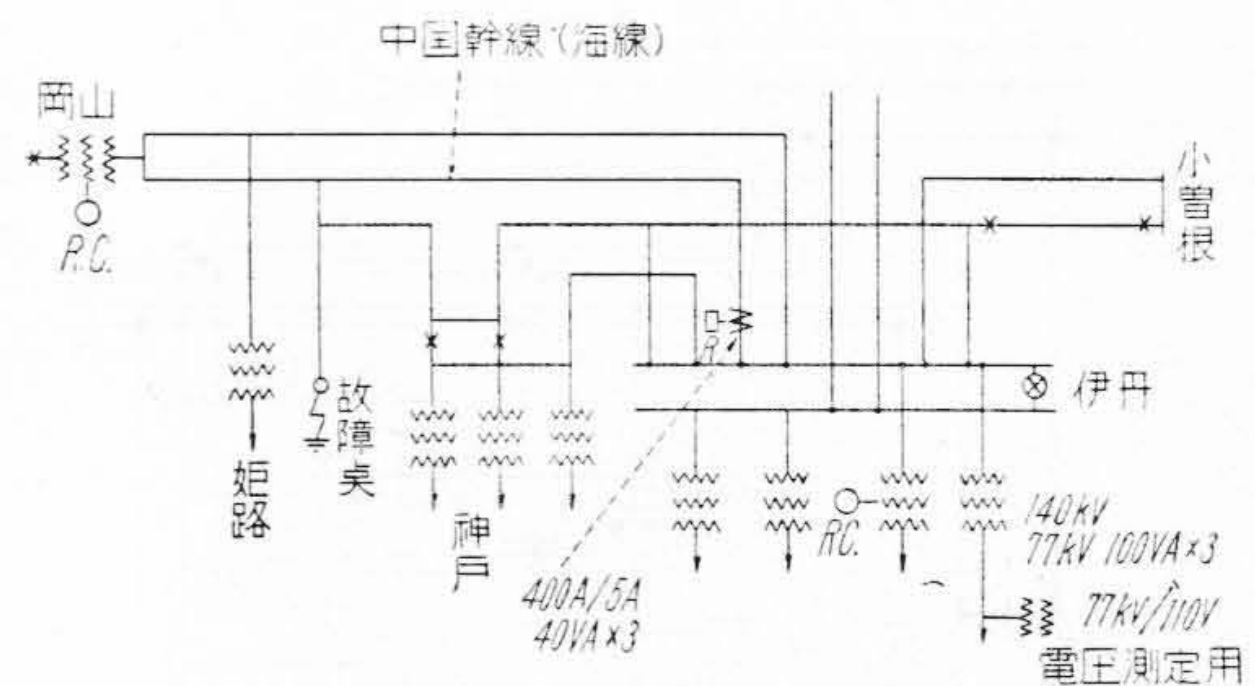
$Z_2(\%)$ ……故障時に継電器から見た見掛上のインピーダンス(オシログラムにより校正した値)を基準インピーダンス 2.9 オームに對し%で示した比率

$Z_1(\%)$ …… Z_1 の整定値を基準インピーダンス 2.9 オームに對し%で示した比率

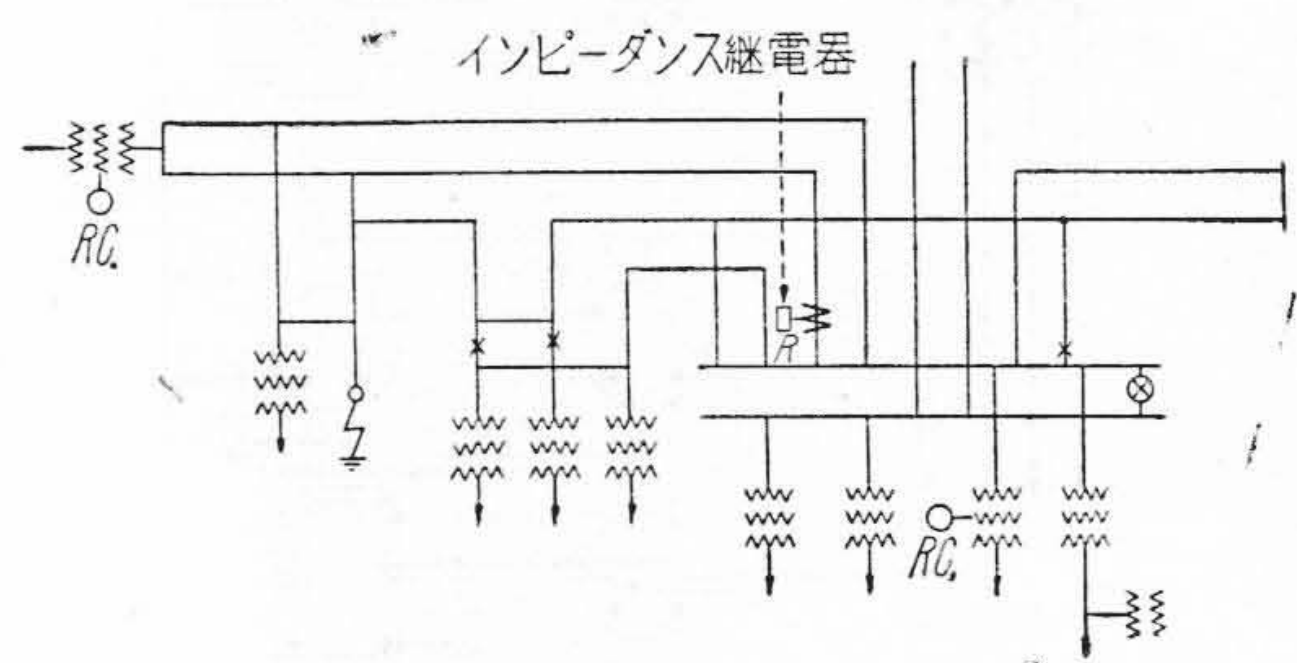
$Z_2(\%)$ …… Z_2 の整定値を基準インピーダンス 2.9 オームに對し%で示した比率

を示し、括弧内は故障発生後 3 サイクル目、括弧外は 1 サイクル目における値を示す。従つて Z_1/Z , Z_2/Z は継電器の整定比で、これが 100% 以上の時は継電器動作し 100% 以下の時は不動作となるべきである。

本試験において使用した変流器は過渡時における誤差が予想外に大きく且バラッキも大きかつたので継電器の動作を検討するため上記 Z_1/Z , Z_2/Z により判定した。判定記号で○、△、▲は



第 12 図 試験系統図(その 1)
Fig. 12. Transmission System for Relay Test (No. 1)



第 13 図 試験系統図(その 2)
Fig. 13. Transmission System for Relay Test (No. 2)

- ……継電器が動作すべき時に動作したもの
- △……継電器が動作すべからざる時に不動作のもの
- ▲……継電器が動作すべき時に不動作のもの

を示す。

(3) 試験結果

以上人工故障試験の結果、過渡時における継電器の動作は次の如く言える。

(A) 距離測定精度

第 3 表及び第 4 表に示される如く試験回数 58 回中正規動作をしていないものは 4 回であり、6.9% に相当する。その内誤つて動作したものは無く、総て誤つて動作しなかつたと考えられるいわゆるアンダーリーチで、その大きさも 4% 程度と考えられる。ところが前述の如く本試験においては変流器の過渡時における比誤差が予想外に大きかつたため継電器に加わる電圧及び電流をオシログラムにより測定し、その結果に従つて判定したのでオシログラムの校正誤差を考慮に入れれば上記のアンダーリーチ的現象もはたして真に誤つて動作しなかつたか否か断定し兼ねるものである。このような観点から継電器自体の過渡測定誤差は ±2% 以内にあるものと考えて差支へなく、本継電器の過渡特性が如何に優れているかがわかれよう。

(B) 動作時間

第 3 表 動 作 成 績 一 覧 表 (第 12 図 の 系 統 の 場 合)

Table 3. Function Results (in Regard to the System Given in Fig. 12.)

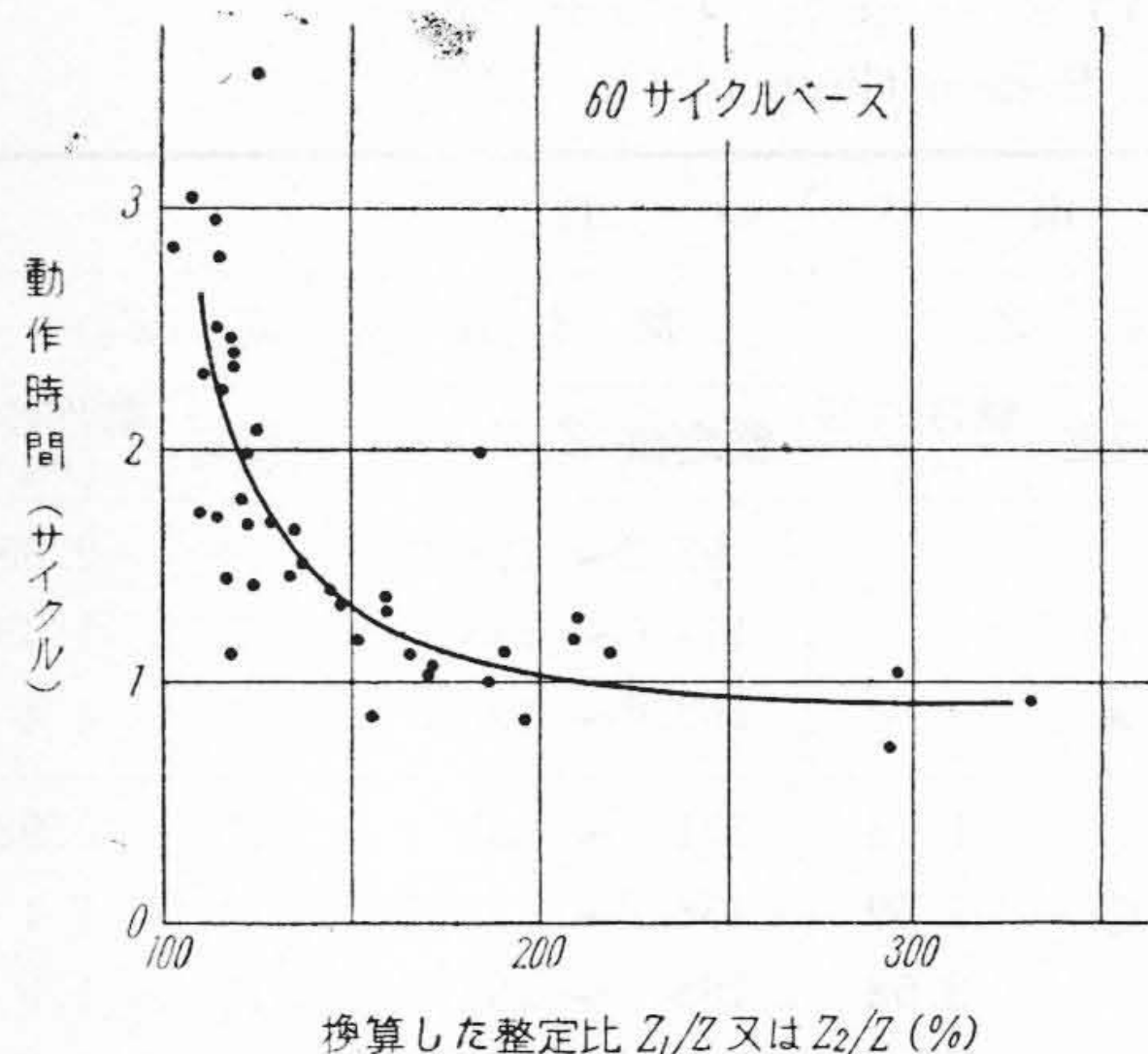
故 障 の 種 類	測 定 相	見 掛 け の イ ン ピ ー ダ ン ス Z (%)	継 電 器 の 動 作					
			第 1 段 要 素 (Z ₁)			第 2 段 要 素 (Z ₂)		
			整 定 値 Z ₁ /Z (%)	判 定	動 作 時 間 (∞)	整 定 値 Z ₂ /Z (%)	判 定	動 作 時 間 (∞)
3 M	A-B	108.0~(97.0)	87.9~(97.8)	△		97.2~(108.2)	○	2.85
	B-C	96.0~(93.0)	93.7~(97)	△		114.6~(118.7)	○	1.45
	C-A	96.5~(93.0)	103.6~(107.5)	▲		103.6~(107.5)	○	4.4
3 M	A-B	90.6~(89.5)	220.8~(223.5)	○	1.13	331 ~ (335)	○	0.92
	B-C	94.0~(86.4)	122.4~(133)	○	1.69	138.2~(150.5)	○	1.4
	C-A	79.8~(79.8)	125.2~(125.2)	○	3.58	188 ~ (188)	○	1.0
3 M	A-B	108.5~(94.7)	184.2~(211)	○	0.85	276.5~(316.5)	○	0.74
	B-C	91.0~(80.7)	126.3~(142.5)	○	1.64	142.9~(161)	○	1.18
	C-A	97.5~(95)	102.5~(105.2)	▲		153.9~(157.9)	○	0.86
3 M	A-B	114.9~(90.5)	174 ~ (221)	○	1.14	261 ~ (331.8)	○	1.03
	B-C	102.8~(91.8)	112.1~(125.2)	○	2.35	126.8~(141.5)	○	1.45
	C-A	89.6~(86)	115.5~(116.2)	○	4.4	167.3~(174.3)	○	1.03
3 F (フューズ)	A-B	91.5~(91.5)	114.8~(114.8)	○	2.24	103.7~(103.7)	▲	
	B-C	84.6~(71.5)	112 ~ (119.3)	○	2.8	142 ~ (151)	○	1.33
	C-A	92.0~(88.0)	119.5~(125)	○	1.68	97.8~(102.1)	△	
2F (A-B)	A-B	94.0~(86.0)	117.0~(128)	○	1.98	159.5~(174)	○	1.06
2F (C-A)	C-A	97.0~(90.0)	108.1~(111.7)	○	1.75	98.0~(101.0)	△	
3 F (ニクロム線)	A-B	93.5~(90.0)	112.2~(116.7)	○	2.96	101.5~(105.5)	▲	
	B-C	91.8~(82.5)	103.5~(112.5)	○	3.05	130.7~(142.1)	○	1.5
	C-A	93.3~(82.5)	118 ~ (133.2)	○	2.07	96.4~(109)	△	

第 4 表 動 作 成 績 一 覧 表 (第 13 図 の 系 統 の 場 合)

Table 4. Function Results (in Regard to the System Given in Fig. 13.)

故 障 の 種 類	測 定 相	見 掛 け の イ ン ピ ー ダ ン ス Z (%)	継 電 器 の 動 作					
			第 1 段 要 素 (Z ₁)			第 2 段 要 素 (Z ₂)		
			整 定 値 Z ₁ /Z (%)	判 定	動 作 時 間 (∞)	整 定 値 Z ₂ /Z (%)	判 定	動 作 時 間 (∞)
3 M	C-A	101.0~(94.5)	113.5~(121.5)	○	1.12	84.2~(90.2)	△	
3 M	C-A	95.2~(89.2)	120.7~(128.7)	○	1.43	89.3~(95.3)	△	
3 M	C-A	100.2~(93.5)	114.7~(123)	○	2.39	84.7~(91.0)	△	
3 M	C-A	100.2~(92.4)	109.7~(119)	○	2.5	149 ~ (168.5)	○	1.31
3 M	C-A	90.7~(90.7)	121.2~(121.2)	○	1.78	165.5~(165.5)	○	1.12
3 M	C-A	97.0~(90.2)	113.6~(122)	○	2.46	154.6~(166.5)	○	1.37
3 M	C-A	118.5~(98.7)	88.5~(106.2)	△		168.5~(200.7)	○	1.98
3 M	C-A	94.3~(90.2)	111.3~(116.3)	○	1.71	199. ~ (220.5)	○	1.18
3 M	C-A	95.3~(94.1)	110 ~ (111.8)	○	2.31	209.3~(212.8)	○	1.27

3 M...3 相金属接地、3 F...3 相ヒューズ又はニクロム線接地
動作時間の (∞) は 60 サイクルベースとす。



第 14 図 動作時間特性

Fig. 14. Characteristics of Operating Time

第 14 図は第 3 表及び第 4 表に示された動作時間をプロットしたもので、動作時間は故障時の短絡電流その他により一概に断定は出来ないが、概ね継電器の整定値の 50% 以内の故障に際しては 1 サイクル程度で動作する。

[VI] 高速度インピーダンス継電器の用途

本継電器は送電線の短絡保護に適した高速度選択継電器で、故障発生の際故障点の位置を確めそれが所定の保護区間内にある時のみ高速度遮断せしむるものである。従つて並行二回線式送電線に使用し得ることはもちろんであるが一回線送電の場合も同様にその機能を発揮する。しかし線路が非常に短いとか又は途中に分岐線のある場合は特別な線路でない限り、一般に距離測定誤差が大となり好ましくない。

[VII] 結 言

本器はその試作品の過渡特性を人工故障試験により確認し、更に研究改良を加えた新型製品で以上の特性を総

括すれば

(1) 静特性

(A) インピーダンス感度は故障電流の影響を受けること極めて少くほぼ一定である。

(B) 第 1 段要素、第 2 段要素は共に粗整定用タップと微動調整ネジとにより規定範囲内を連続的に任意に整定出来る。

(C) 送電線路のインピーダンス角による影響はほとんどうけない。

(2) 過渡特性

(A) 継電器自体の過渡測定精度は ±2% 以内である

(B) 継電器の整定値の 50% 以内に故障が発生した時は 1 サイクル前後で動作する。

我国においては高速度距離継電器採用の実績に乏しいが、電力供給の重要性が増大するに従い送電系統が複雑化し、故障を軽微に止めるためにも又系統の安定度を増すためにも選択保護の高速化が要望される。

日立製作所はこの要望に沿い AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器並びにそれに附属する一連の継電器類を製作し台湾電力天冷発電所に納入し、更に内地各方面にも納入すべく製作中である。ここにその概要を述べて広く諸賢の御批判を仰ぐ次第である。

最後に本器の研究に多大の御尽力と御援助を仰いだ電気試験所並びに旧日本発送電の各位に心からの謝意を表わすと共に試作研究に当り絶えず御指導と御援助とを賜つた日立研究所並びに多賀工場の各位に厚く感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 猿渡：日評 33.605 (昭和 26 年)
- (2) 家形、川井、森井、猿渡：日評 33.455 (昭和 26 年)
- (3) 山田、三上、吉川、酒井：電学誌 71.118 (昭和 26 年)

