

# KRV型QW式誘導環型高速度逆電力継電器

猿 渡 房 吉\*

## Type KRV Form QW Induction Ring Type High Speed Reverse Power Relay

By Fusakichi Saruwatari  
Taga Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

In order to maintain the stability and minimize the fault of the power transmission line, it is very important to clear off the fault as quickly as possible. Particularly, it is necessary for the long and ultra-high voltage line.

Type KRV Form QW High Speed Reverse Power Relay is applied to protect the parallel lines from short circuit fault, and it consists of a directional element and a current element with voltage restraining effect.

This relay has next features: —

- (A) Operating time is about 20 milli-seconds at 2 times the minimum operating current.
- (B) For the reason of voltage restraining effect, the relay may operate with certainty, even if short circuit current is nearly equal to normal full load current, and then it is prevented from functioning by transient phenomena which looks like a fault.
- (C) Influence on the operating current by the change of cycles per seconds is almost negligible.

In this paper, author described mainly the constructions and the special characteristics of this relay.

### [ I ] 緒 言

送電系統を連系してこれを適切に運用し、電力資源の合理的利用を計ることは極めて重要な問題である。このため最近の電力系統は複雑な送配電網を構成されているが、もし系統の主要な幹線に故障が生じた場合、これを出來得る限り速かに健全線より分離しなければならない。でなければ一部の故障は他に擴大し甚大な被害を受けるばかりでなく、時には系統の安定を確保しきれないで全面的停電事故を惹起する虞れがある。我國の送電系統は殆ど高抵抗接地方式を採用しているので、接地事故に對してはとも角、短絡事故に對しては特に高速度継電

器と高速度遮斷器の併用に依り高速度選擇遮斷することが必要である。

KRV型QW式高速度逆電力継電器はこの目的に使用する短絡保護継電器で、並行二回線式送電線の短絡事故に際し、

- (1) 故障點に電力が逆流する
- (2) 故障線間の電壓が降下し、電流が増大することを迅速確實に檢出して、故障線を健全線より分離せしむるものである。

そもそも高速度保護継電器は1サイクル以内で確實に動作することが絶對必要な條件であるが、その反面遮斷器の開閉操作その他による過渡的故障類似現象で動作することがあつてはならない。又本器の様な継電器は一般

\* 日立製作所多賀工場

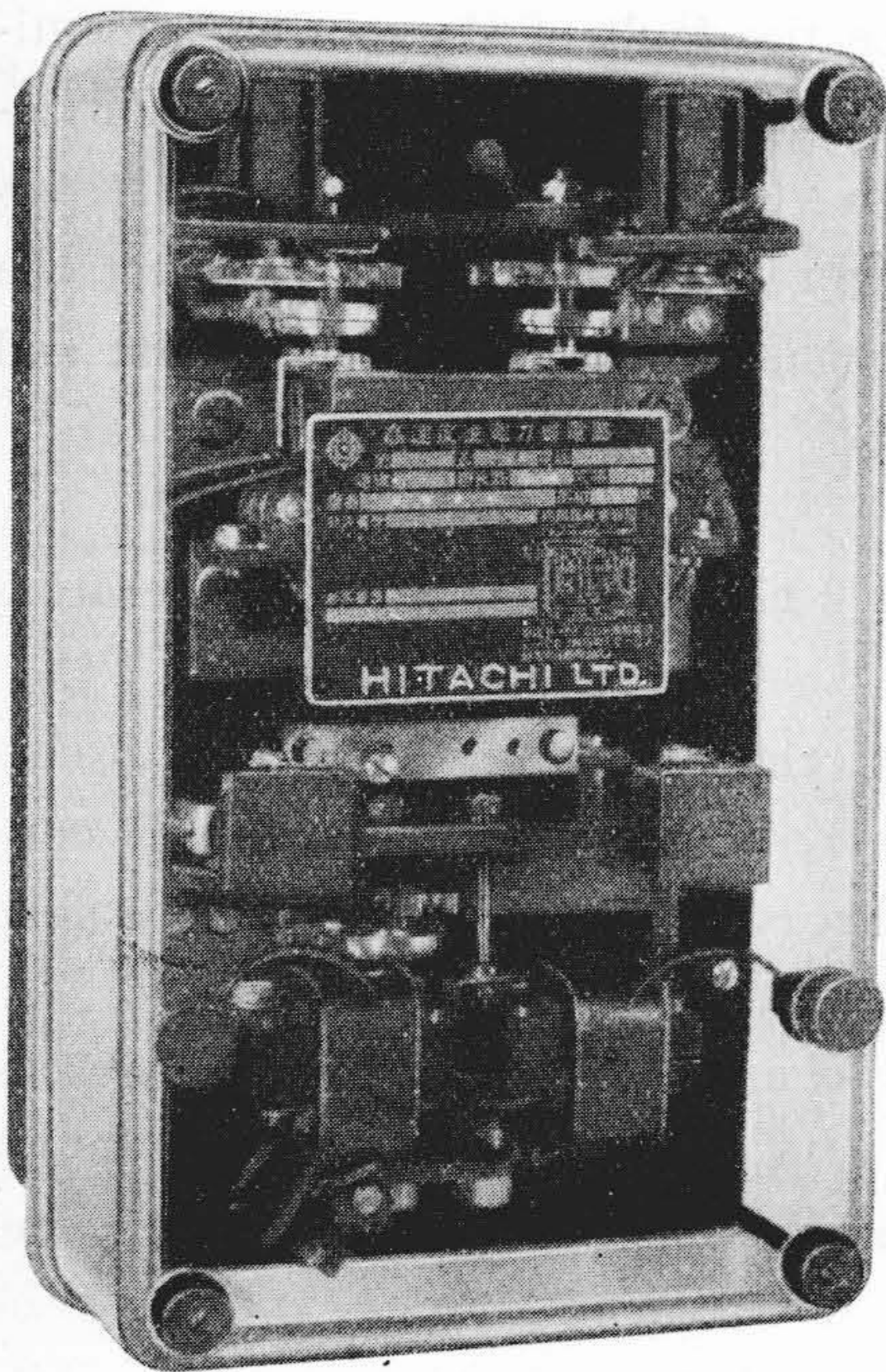


に出力の小さい變成器や變流器と組合せ使用されるので計器その他の二次負擔も考慮に入れれば、消費電力は極力小さくしなければならない。本器はこれ等の條件を満足する様製作されている。

又本器は誘導環型の構造であり<sup>1)</sup>、誘導環型高速度繼電器の一般的事項及び詳細な研究結果は本誌<sup>(1)~(4)</sup>にしばしば發表されているので、今回は主として本器特有の構造及び特性について述べ、繼電器の運用にたづさわる人々の御参考に供したいと思う。

**[II] 誘導環型高速度逆電力繼電器の概要**

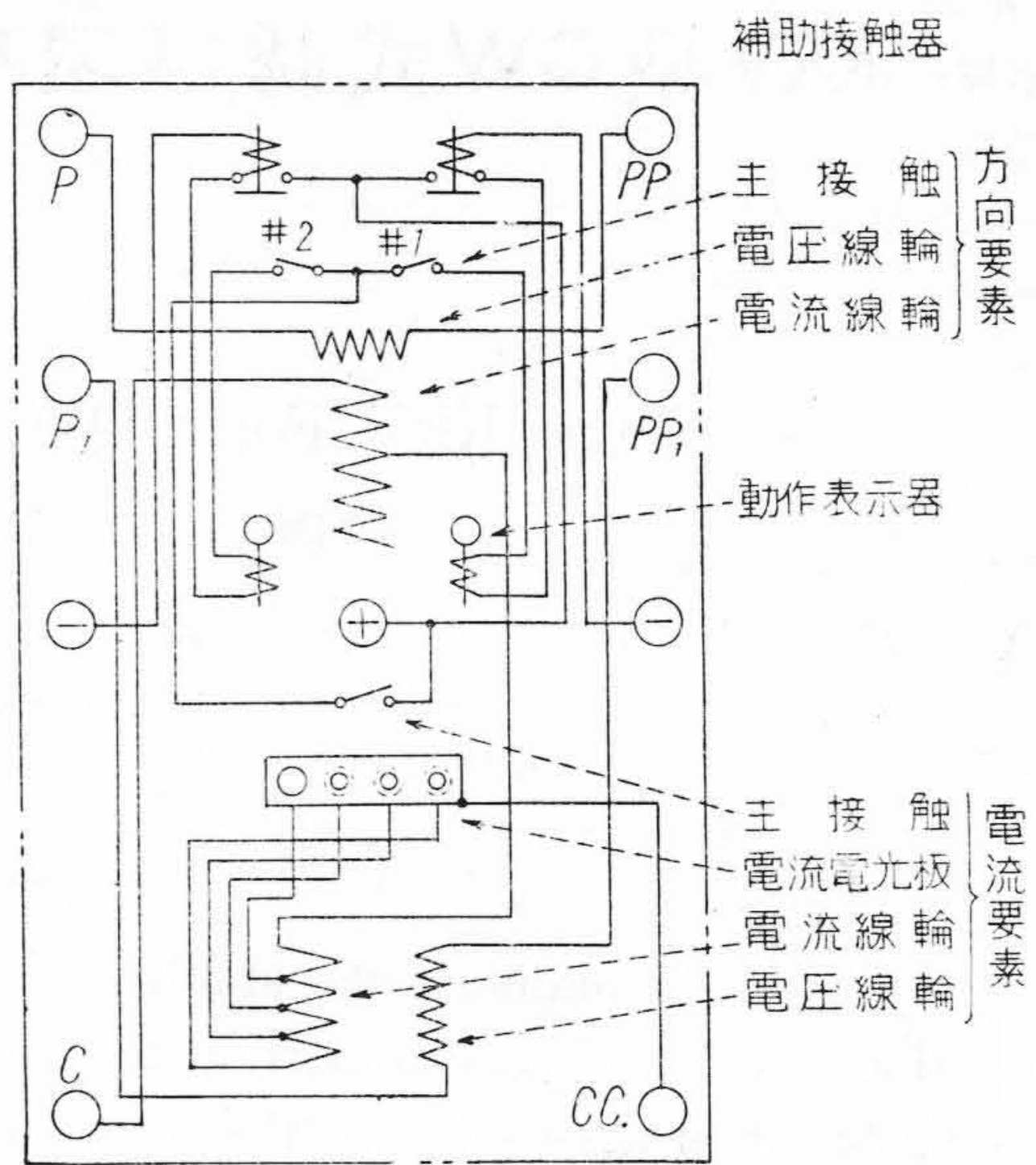
第1圖は本器の外観で、第2圖は内部接續圖である。方向要素と電流要素とから出来ており、方向要素は故障



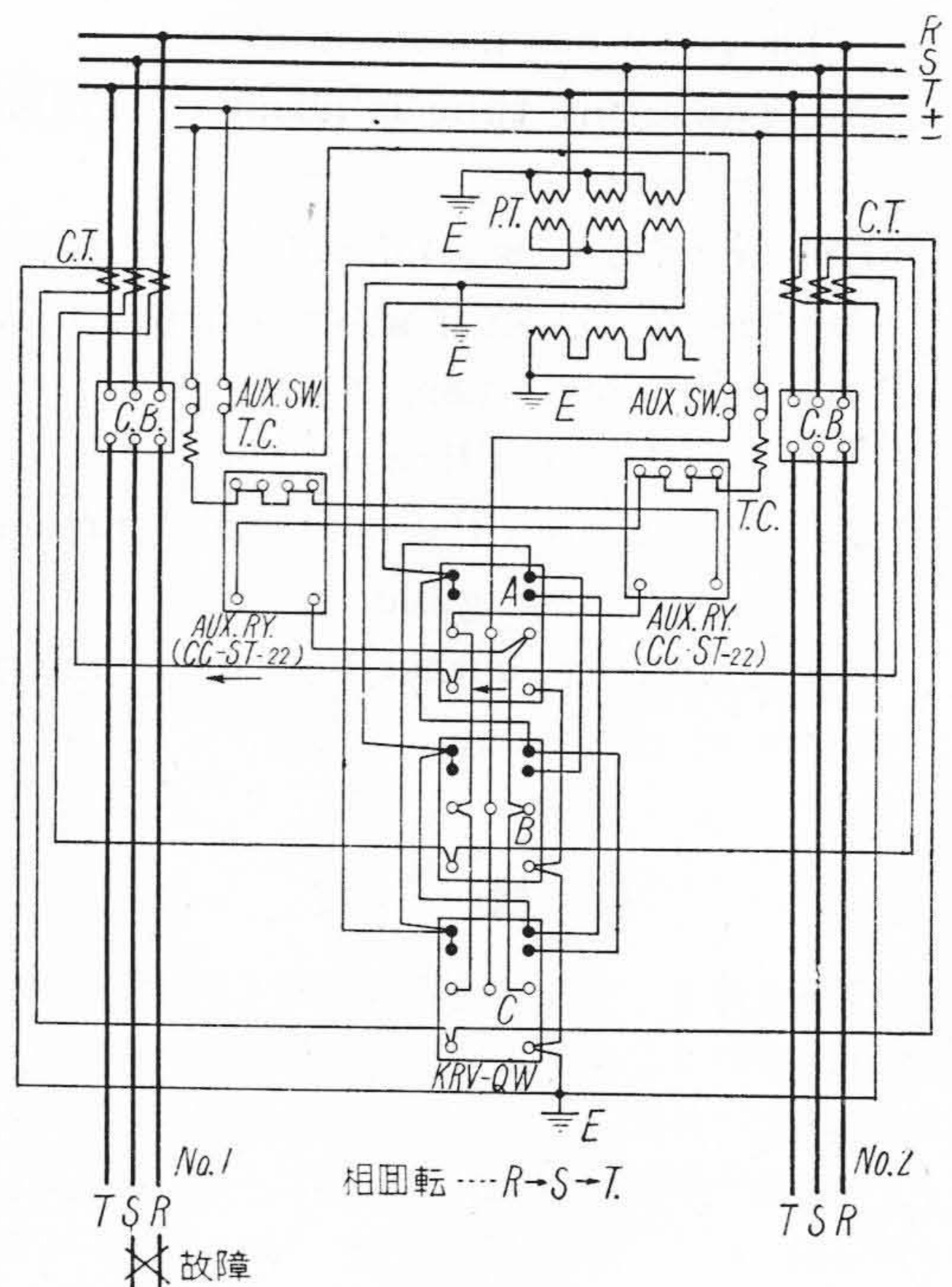
第1圖 KRV 型 QW 式高速度逆電力繼電器  
Fig. 1 Type KRV Form QW High Speed Reverse Power Relay.

時の電力方向により故障線を選択する電力方向繼電器で電流要素は故障時に生ずる過電流と故障線間の電壓降下とにより故障を検出する電壓抑制効果付過電流繼電器である。しかも兩要素の接觸は直列に接續されておるので兩要素が動作して始めて繼電器は動作する。

第3圖は外部接續の一例を示す。電流端子には兩回線の差電流を通ずる如く接續し、これに對し30°遅れ電壓を方向要素の電壓端子に、30°進み電壓を電流要素の電壓抑制端子に接續する。従つて、もし1號線のR-S相間に短絡故障が生じた場合、繼電器Aの電流線輪には



第2圖 内部接續圖  
Fig. 2 Internal Connection Diagram.



第3圖 外部接續の一例  
Fig. 3 An Example of External Connection Diagram.

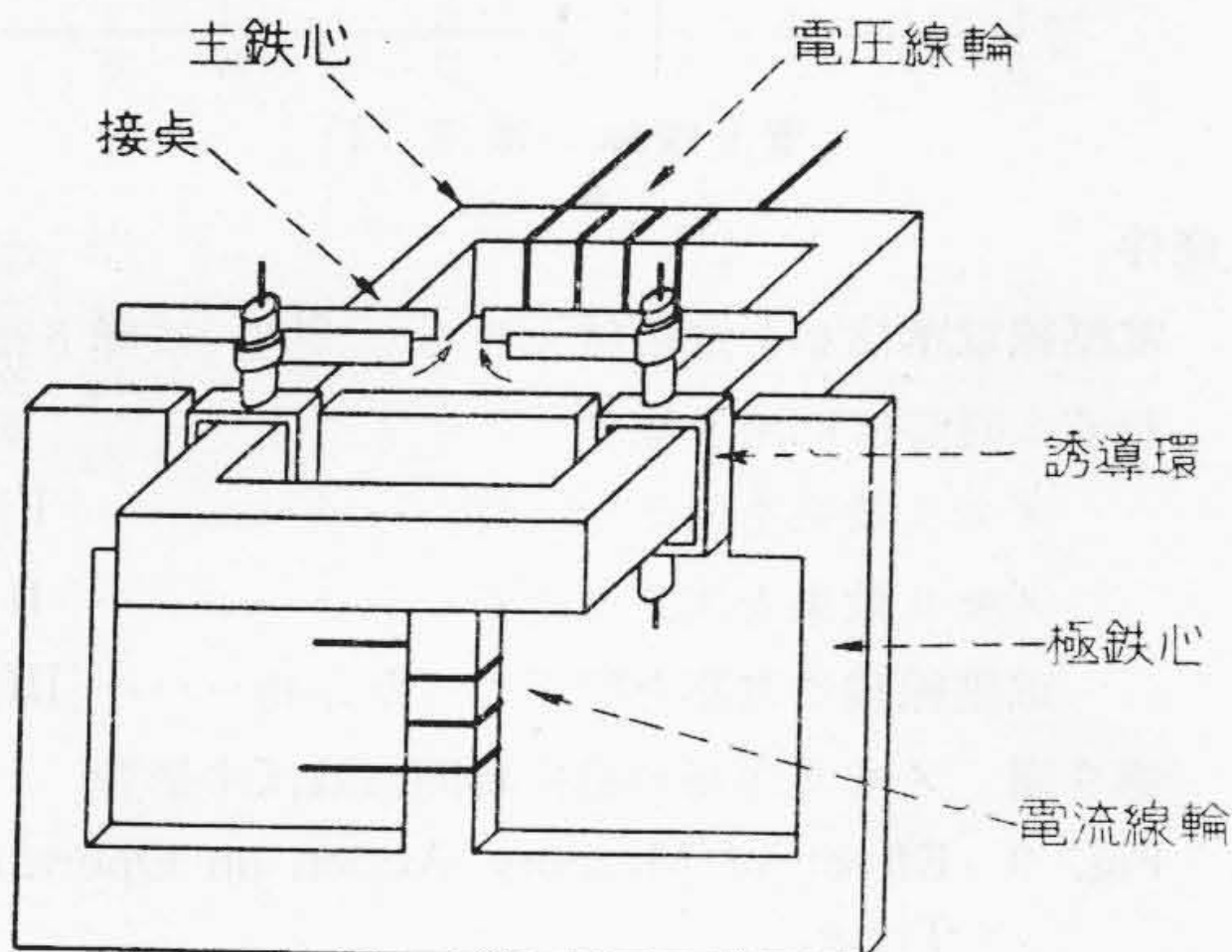
矢の方向の差電流が流れ、方向要素は T-R 相間の電壓との電力方向により左側の接觸を閉じる。一方電流要素



は R-S 相間電圧の降下により電圧抑制効果を失い、その接触を閉じて 1 號線側の遮断器を動作せしめ故障線を健全線より除去する。こゝで CC 型 ST-22 式継電器は一回線遮断の際跳ね返つて他方が遮断されない様インターロックする補助継電器である。

[III] 方向要素

方向要素は一種の電力方向継電器で、第 4 圖はその構造を示す。一箇の電圧線輪に依り勵磁される無空隙の主



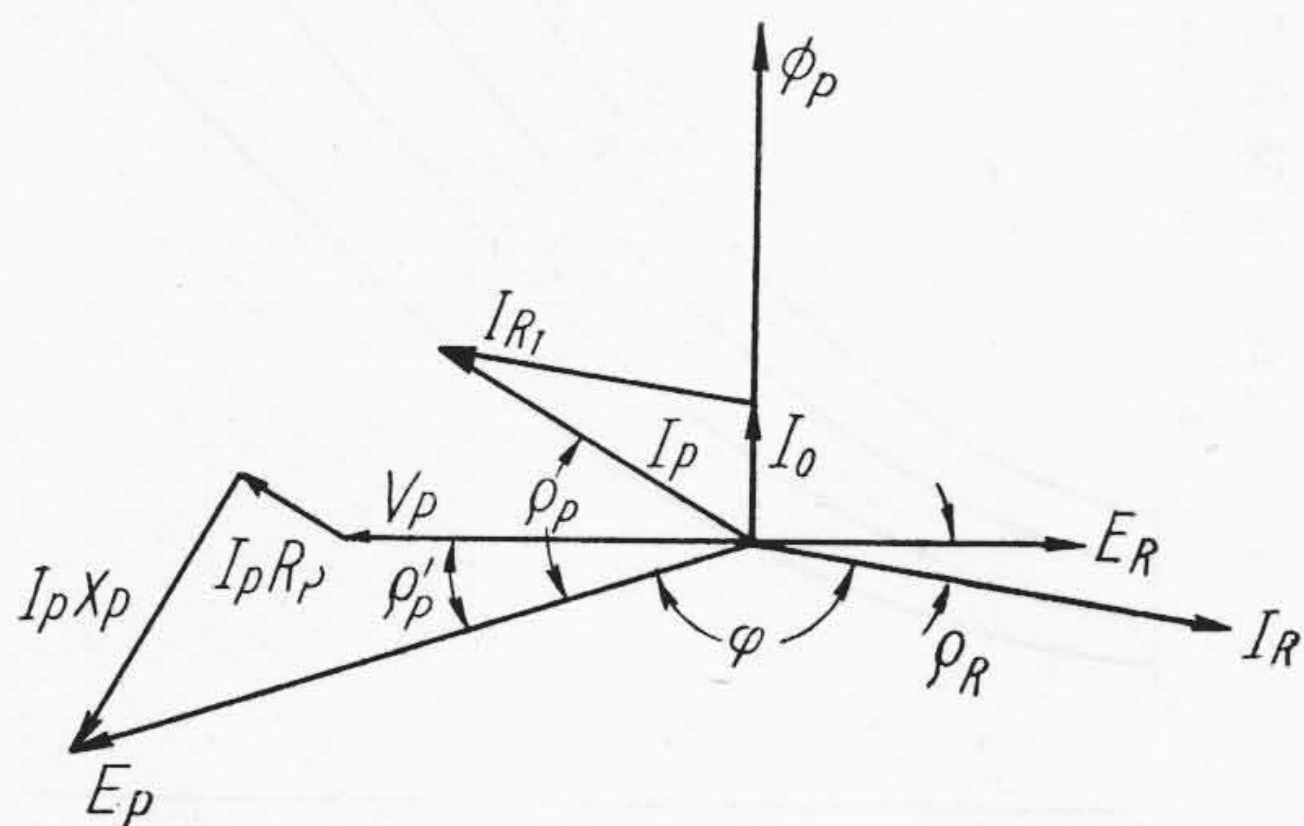
第 4 圖 方向要素の構造  
Fig. 4 Construction of Directional Element.

鉄心に二箇の誘導環を圖の如く配置し、これと直交する E 字形有隙極鉄心に電流線輪を捲いたものである<sup>(5)</sup>。

誘導環電流はその構造上變流器の二次短絡電流として考えられるから、鐵損分を省略し二箇の誘導環を一括して考えた場合、第 5 圖の如きベクトル圖で靜特性が論じられる。こゝで

$E_P$  = 電壓回路の端子電壓

$V_P$  = 電圧線輪の誘起電壓に打ちかつための電壓



第 5 圖 方向要素のベクトル圖  
Fig. 5 Vector Diagram of Directional Element.

$E_R$  = 誘導環の誘起電壓

$I_F$  = 電圧線輪の電流

$I_0$  = 電圧線輪の勵磁電流

$I_R$  = 誘導環の電流

$I_{R1} = I_R$  の電圧線輪側平衡電流

$\phi_P$  = 主鉄心の磁束

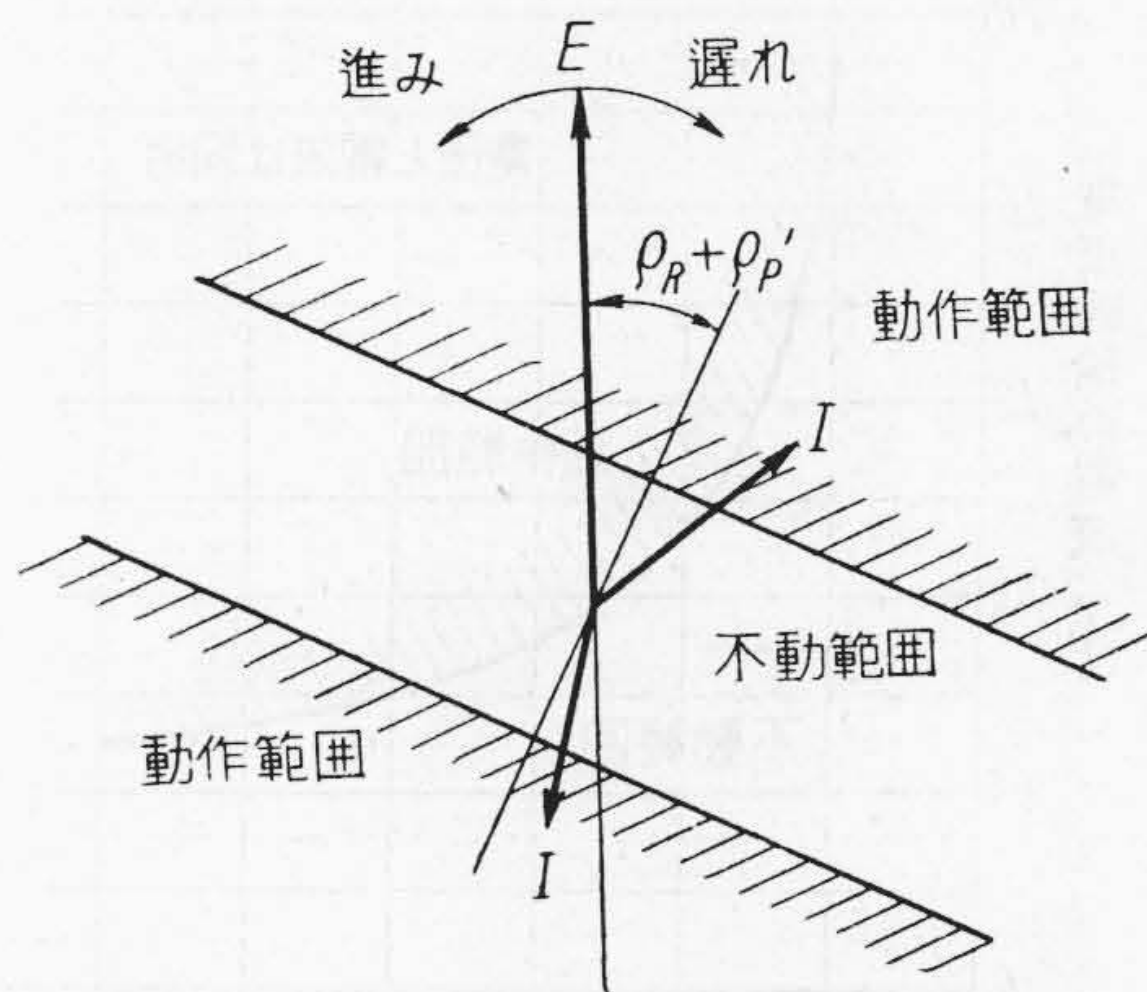
$\rho_R$  = 誘導環のインピーダンス角

$\rho_P$  = 電圧線輪の端子から見たインピーダンス角

$\rho_P' = E_P$  と  $V_P$  との間のインピーダンス角

を示すものとす。

一方誘導環電流は空隙部極磁束に同相又は  $180^\circ$  の位相差の時駆動回轉力は最大となる。ところが空隙部磁束は電流線輪の電流と同相であるから電流と電圧の位相角が  $(\rho_R + \rho_P')$  又は  $(\rho_R + \rho_P \pm 180^\circ)$  の時駆動回轉力は最大になる。従つてこれを力率特性で示せば第 6 圖の如

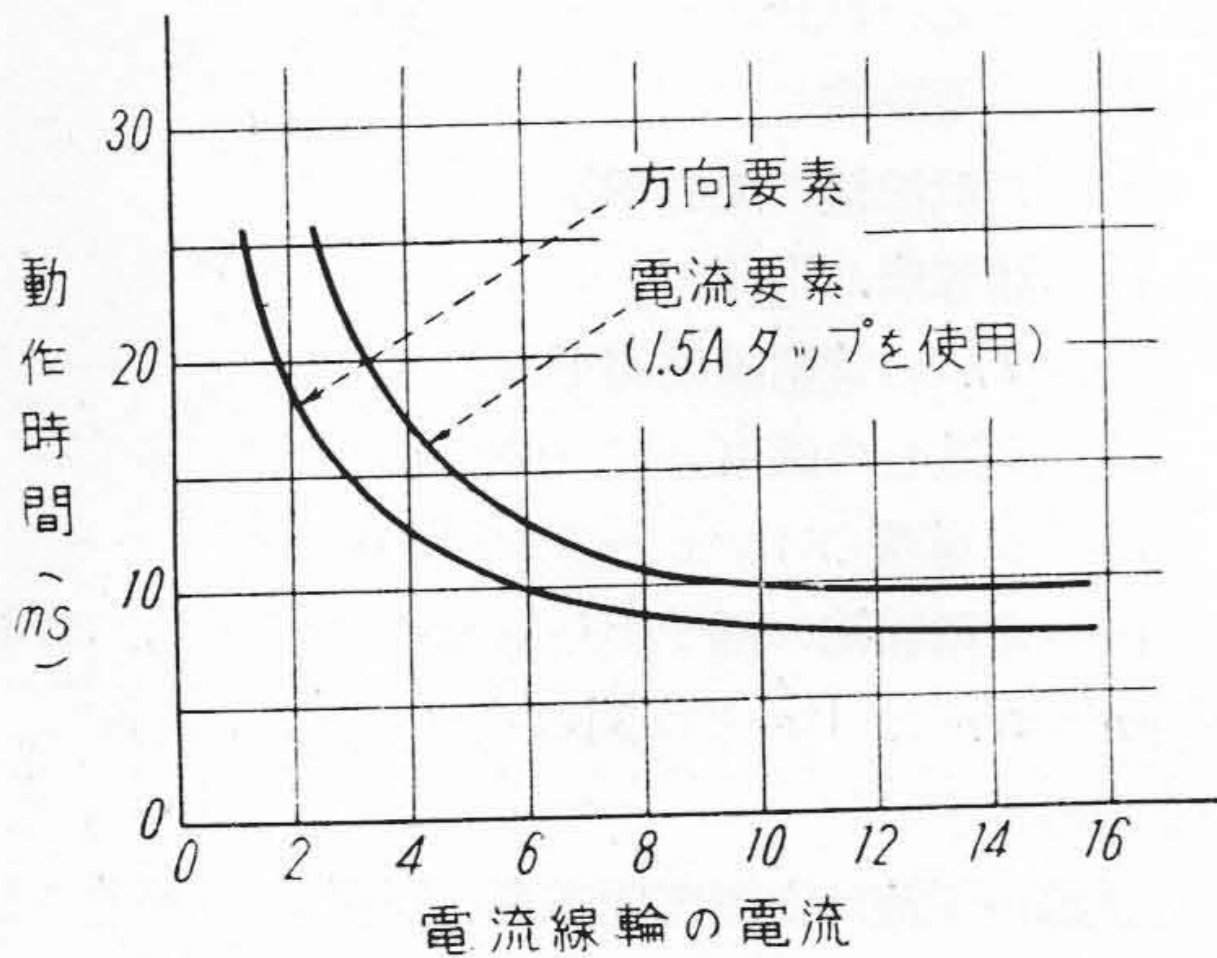


第 6 圖 方向要素の力率特性  
Fig. 6 Polar Characteristics of Directional Element.

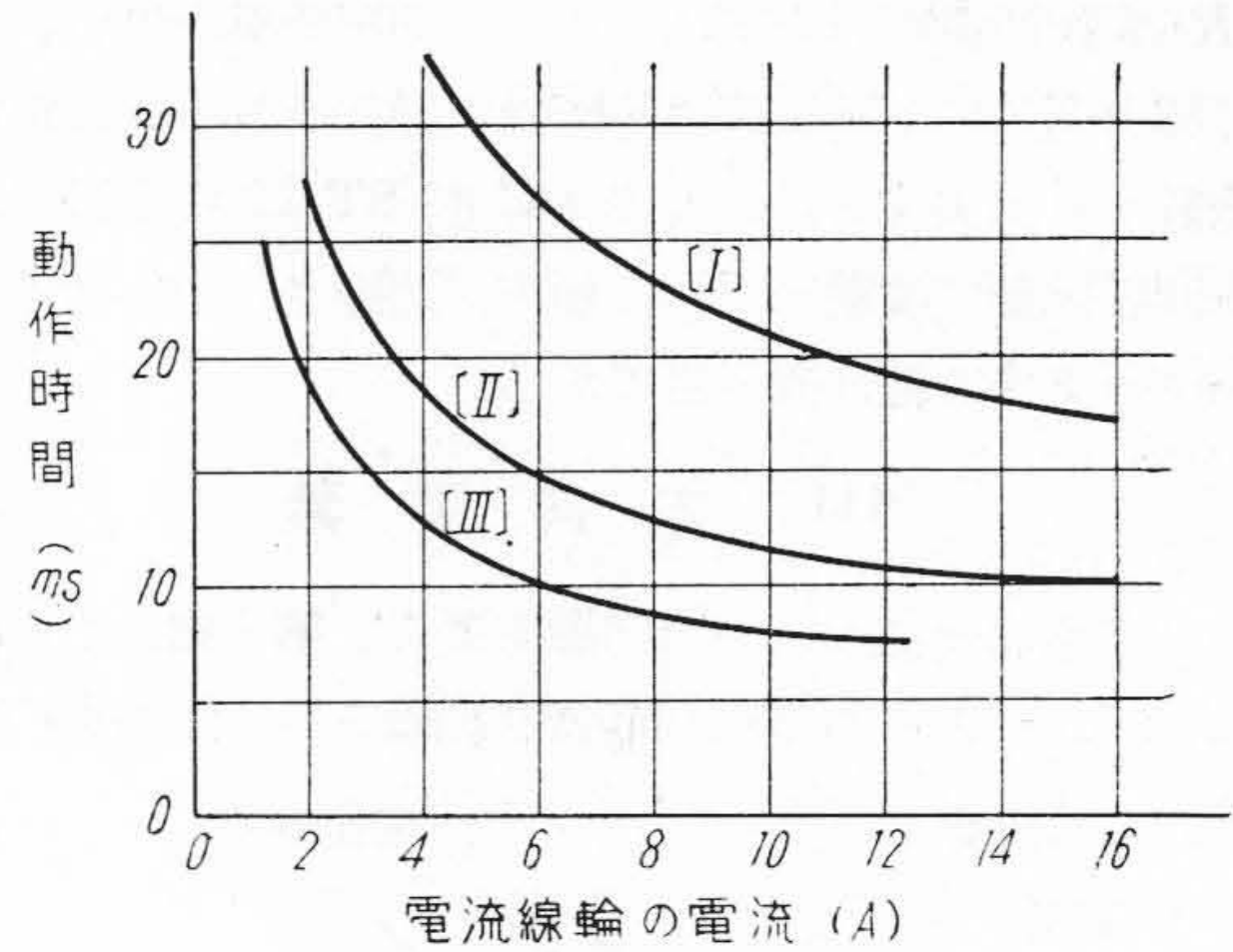
くなる。すなはち位相關係がこの上部で示される状態の時一方の接触が閉路する様にすれば、下部の状態では他の方の接触が閉路し電力方向による選擇動作をする。尙本器は約  $26^\circ$  の遅れ特性を有す。

又本器は電磁的、機械的過渡期に動作をするので、動作時間は故障時の電氣的、機械的條件である程度の變動はあるが<sup>(1)~(4)</sup>、多數の測定結果より平均動作時間を求めると第 7 圖の如くなる。これは電圧端子に定格電圧を加えておき、同相の電流を急激に通じた時の動作時間で電流要素の最小タップ値 (1.5 A) の 3 倍以上の電流では確實に 20 ms 以下で動作し、最小動作時間は約 10ms である。方向要素は故障の方向を選擇すべきものであるから、その動作は電流要素より速いことが望ましい。この點から兩者を比較すれば本器の選擇性は極めて確實なことが推察出来る。





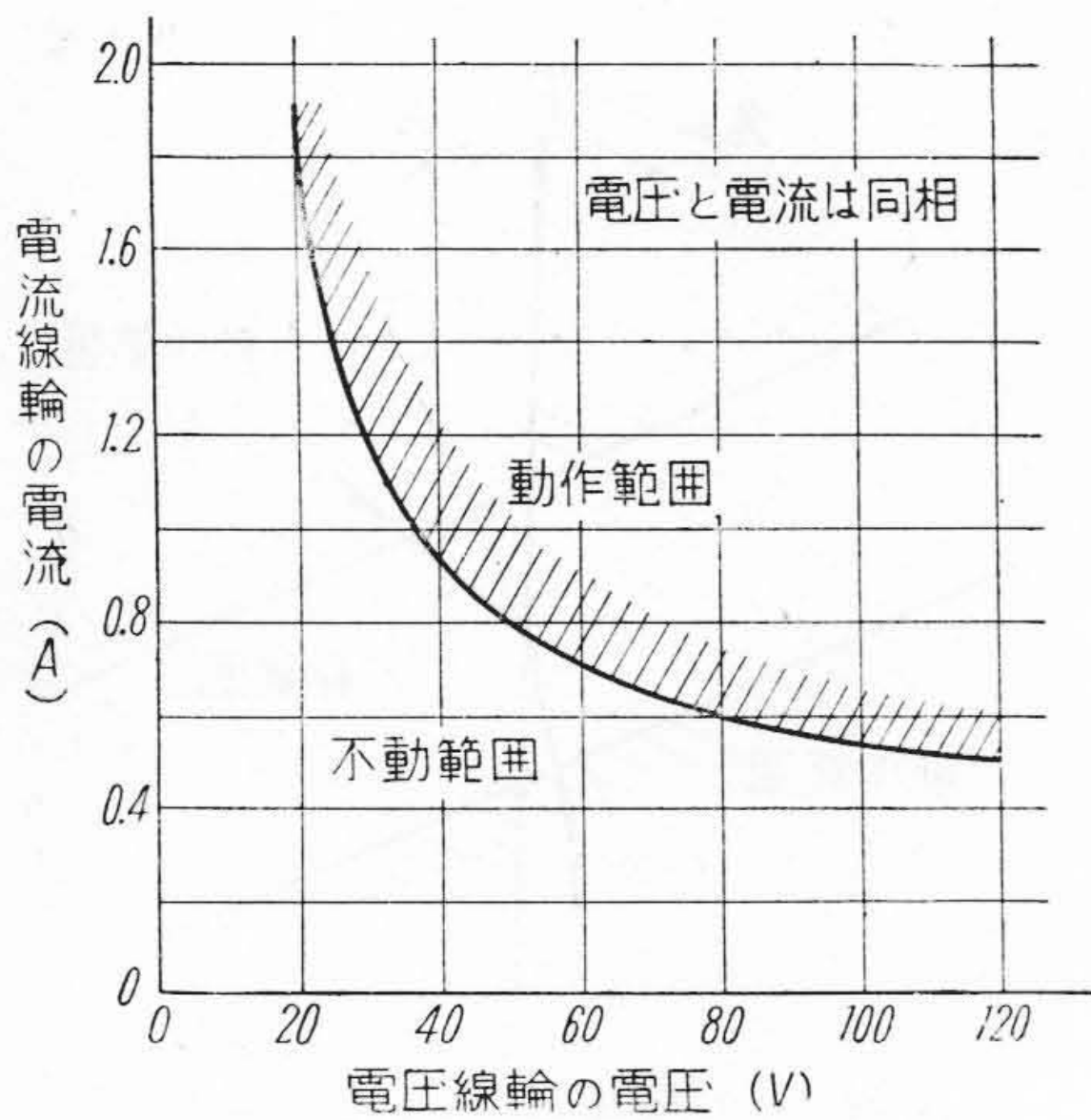
第7圖 動作時間特性  
Fig. 7 Characteristics of Operating Time.



条件  
電圧線電圧輪壓を定格値よりその20%に低下せしむると同時に電流を流す。

- メモリ効果を与えない時.....[I]
- メモリ効果を与えた時.....[II]
- 電圧線輪の電圧を低下させない時.....[III]

第9圖 メモリ作用の動作時間に及ぼす影響  
Fig. 9 Effect of Memory Action on Operating Time.



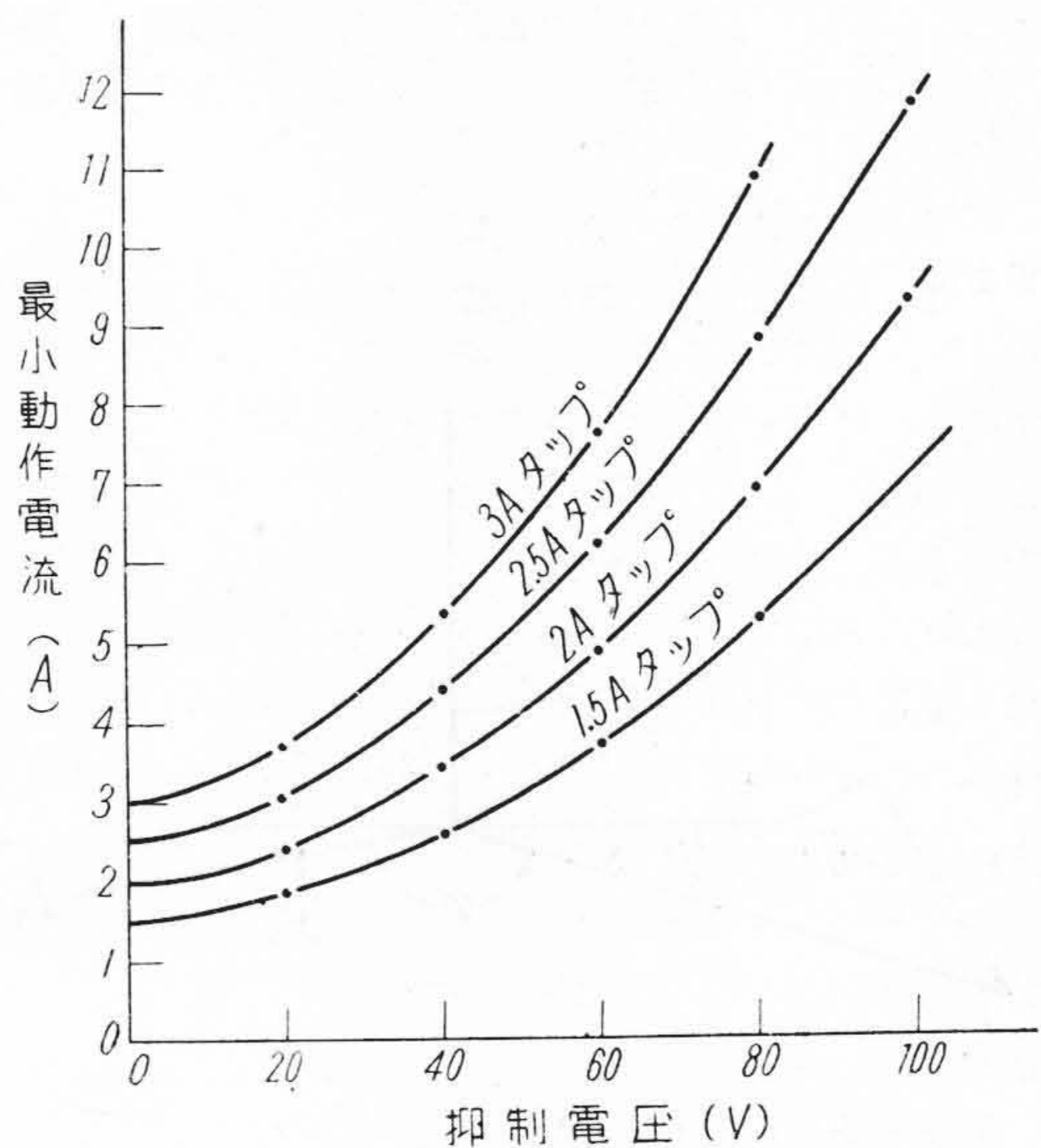
第8圖 方向要素の動作特性  
Fig. 8 Operating Characteristics of Directional Element.

以上は2線短絡の場合における動作時間であるが、3線短絡の場合には故障発生と同時に電圧線輪に加わる電圧が降下するので、動作は遅くなり静特性は第8圖の如くなつて最小動作電流が増加する。しかし、電圧回路に適切な容量の蓄電器を挿入し、これを電圧回路のインダクタンスに同調させれば線間電圧が降下した瞬間においても少しの間故障前の電圧に相当した線輪電流が残留し動作特性は良くなり、これをメモリ効果 (Memory Action) と稱している。第9圖はメモリ効果を動作時間により比較したもので、電流を流すと同時に電圧を定格値よりその20%に低下させ測定したものである。ところが、実際には3線短絡は必ず2線短絡から移行するものであり、且高速度継電器は2線短絡時に選擇動作して遮断器を起動しているので、本器はこの様な考慮を特に拂

つてはいない。

又双方の誘導環は共通の鐵心により勵磁せられ、各々獨立して設けてあるため、跳ね返りその他による誤選擇をする心配はない。

[IV] 電流要素

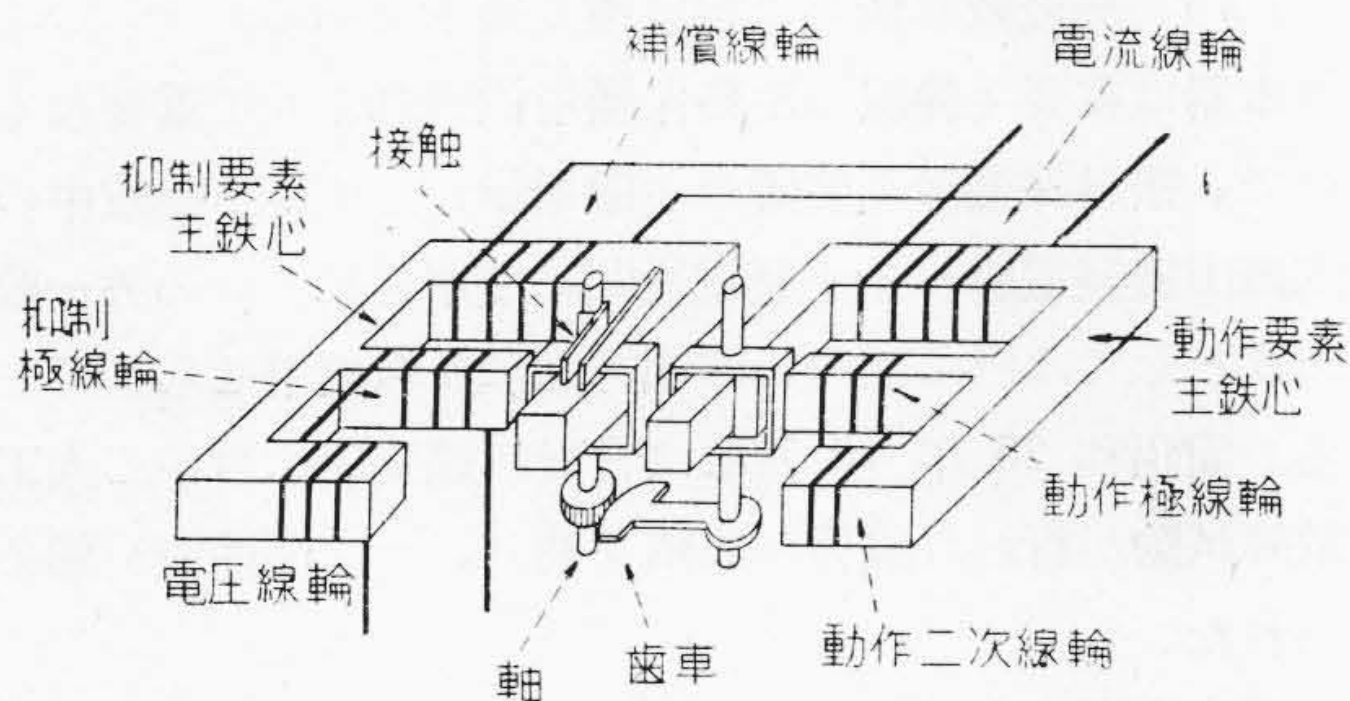


第10圖 電流要素の電圧抑制特性  
Fig. 10 Voltage Restraining Characteristics of Current Element.



長距離超高圧送電線路においては系統の運轉状態によつて故障電流が常時の負荷電流よりあまり大きくなりなない場合がある。従つて、従來の短絡保護繼電器の如く單に過電流のみで故障を検出することは適當でない。電流要素はこの點にかんがみ電壓抑制効果を加味した過電流繼電器である。第 10 圖はその電壓抑制特性で常時はタップ電流値の數倍の過電流迄抑制しているが、短絡故障により抑制電壓が降下するとそれに従い最小動作電流は低下し、過電流と相まつて高速度動作をする。又遮斷器の開閉その他により故障類似的過渡現象が現われても、抑制効果が充分効いているので誤動作をする心配はない。

第 11 圖は電流要素の構造圖で、各獨立した動作要素と抑制要素とからなり、それ等は互に齒車機構により結

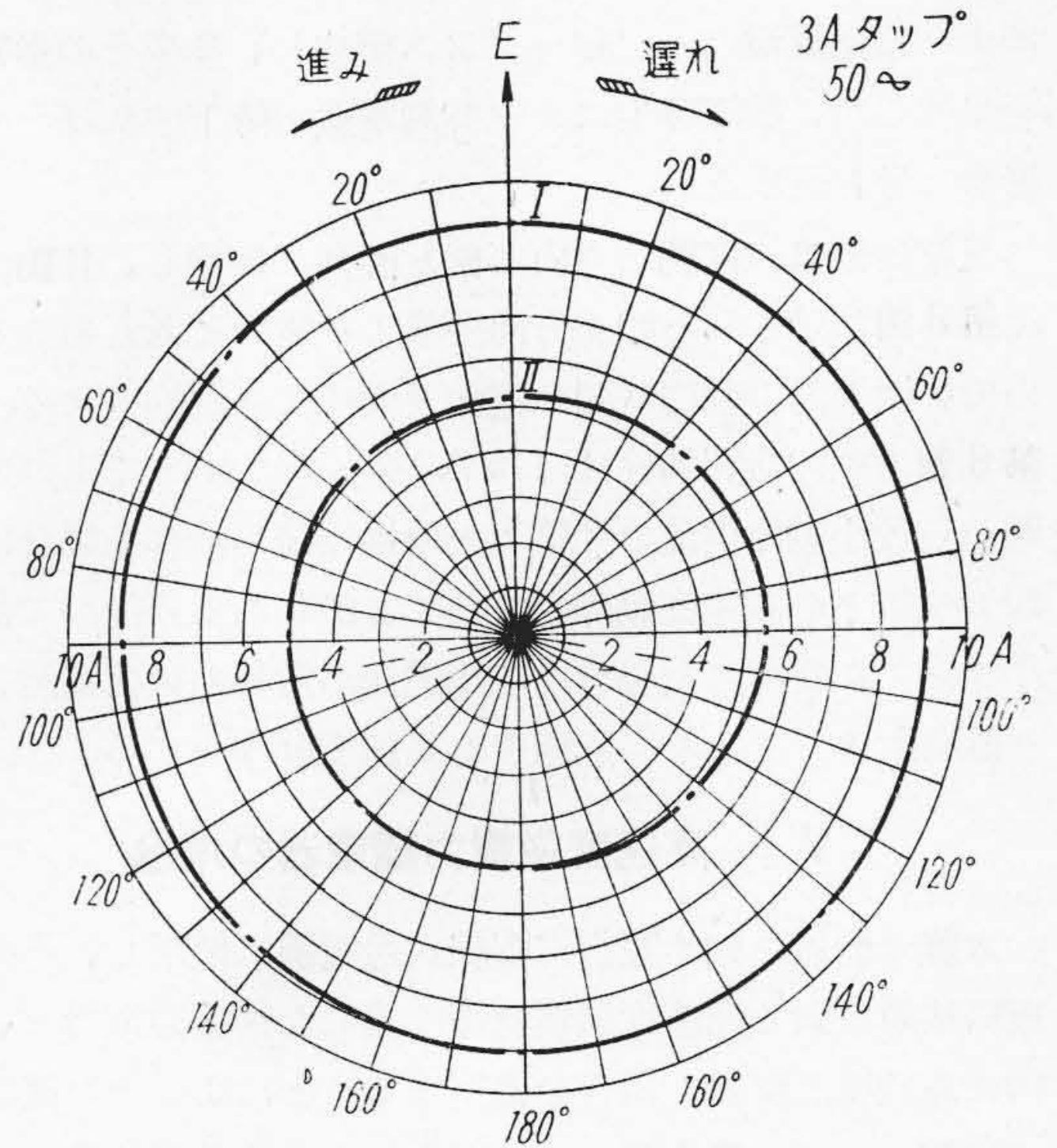


第 11 圖 電流要素の構造  
Fig. 11 Construction of Current Element.

合されている。動作要素は主として電流線輪により動作する電流繼電器で常に誘導環を接觸閉路方向に回轉せしむる如く出來ている。一方抑制要素は主として電壓線輪により動作する電壓繼電器で常に誘導環を接觸開路方向に回轉せしむる様に出來ている。

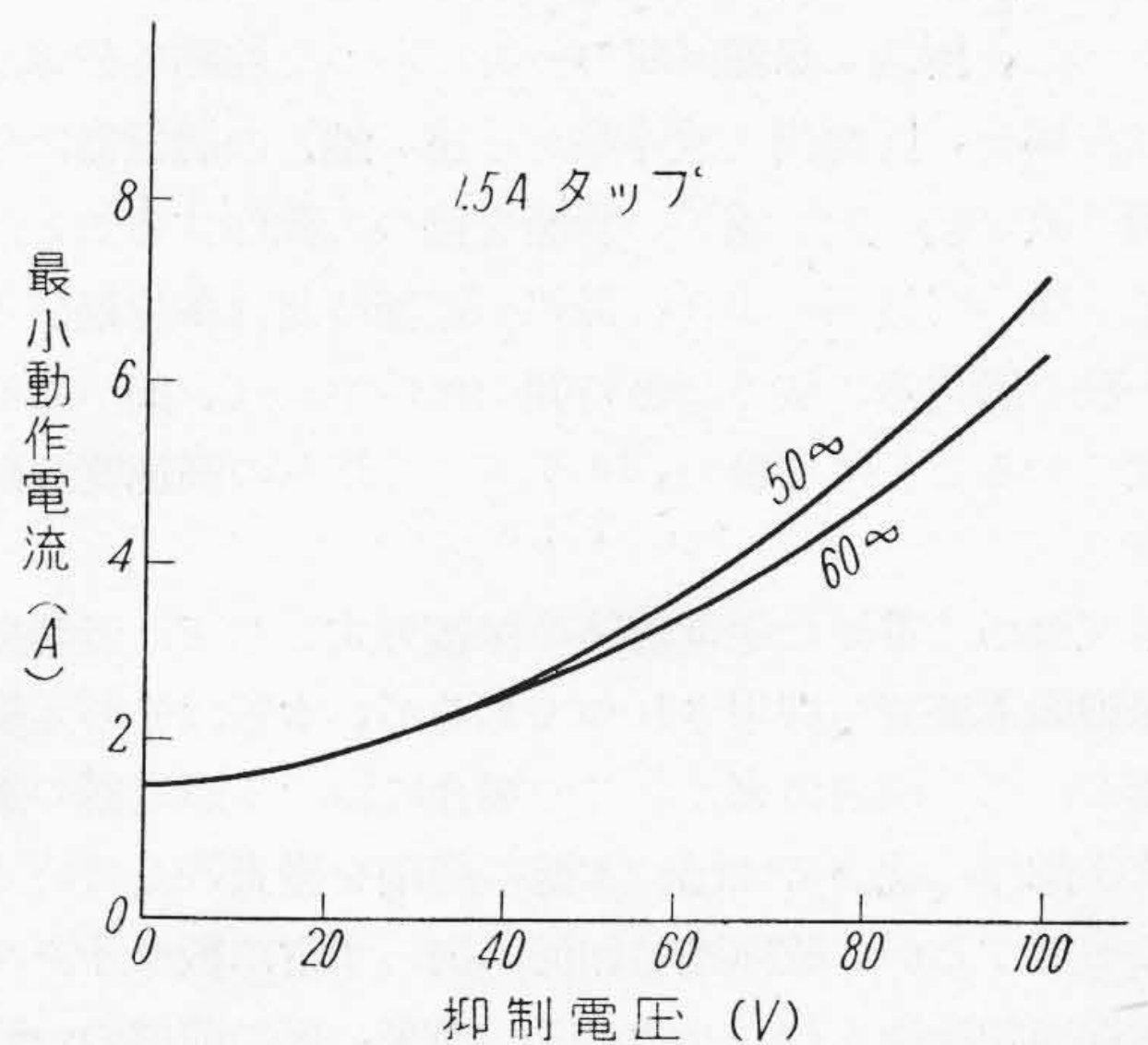
動作要素で極線輪及び二次線輪のない構造の誘導環型繼電器についての詳細な研究結果は已に本誌(1)~(4)に發表されているのでこゝでは省略する。一般に電流線輪を極鐵心に捲き、これを主線輪と直列に結べば、主線輪のみの場合に比較して消費電力を大きくすることなく回轉力を大きくするのに有效であるが、本器は一般の過電流繼電器と同様系統の状態に應じ容易に動作感度を整定出來る様電流整定タップを附するので、圖に示す如く二次線輪及び極線輪を施し、これと同様の目的を果して(6)いる。二次線輪及び極線輪は鐵心の寸法主線輪のアンペアターン等により適當に決めるべきもので、その効果を回轉力/消費電力で示すと適當に設計された場合約 50% 増加する。

抑制要素は感度整定用のタップを付ける必要がないので極鐵心に直列線輪を施し回轉力の増大を計つた(7)しかし動作要素と抑制要素とは甚しく接近しているので、その間の漏洩磁束及び相互誘導により抑制効果は電壓と電



I --- 抑制電圧 70V の場合  
II --- 抑制電圧 40V の場合

第 12 圖 電流要素の力率特性  
Fig. 12 Polar Characteristics of Current Element.



第 13 圖 電流要素の電壓抑制効果に及ぼす影響  
Fig. 13 Effect of Frequency on Voltage Restraining Effect of Current Element.

流の位相角の影響を受け、或る位相角の時には充分抑制が効いても或る位相角の時にはあまり効かない場合が生ずる。補償線輪はこれを補償する目的に工夫されたもので第 12 圖は位相の影響を力率特性で示したものである。従つて故障の種類、方向或は送電線路のインピーダンス角等により検出動作が影響を受けない。

第 13 圖は周波数特性で抑制電圧が大なる時は周波数



により電圧線輪のインピーダンス變化し、多少その影響を受けるが、故障發生により抑制電壓が降下すればその影響は殆ど受けない。

又電流要素の接觸は方向要素と直列に接續し、且動作は第 8 圖に示される如く方向要素より遅いと考えられるので、繼電器の動作時間は電流要素により制約される。第 8 圖の動作時間特性は 1.5 A タップにおけるもので圖から最小動作電流の 2 倍以上の過電流が流れた場合は 20 ms 以下の高速度動作をすることがわかる。従つて最小タップを使用した場合は故障電流が常時の負荷電流より餘り大きくならない状態でも高速度動作をする。

### [ V ] 高速度逆電力繼電器の用途

本器は前述の如く並行二回線式送電線に使用し、その短絡故障に對し高速度選擇遮斷に適した保護繼電器で、特に高速度遮斷器と組合せ使用することによりその眞價は發揮される。第 3 圖はこの場合における外部接續の一例で、故障發生時の繼電器動作については既述の如くであるが、兩回線の差電流と電壓との電力方向により動作させるため、系統にバックパワーのない場合においても確實に選擇動作をすることが出來、又運轉中誤つて電壓回路を開放した場合においても誤動作することがない。しかし、極端に保護區間の一方に寄つた地點で故障が生じた場合、反對側（故障點から遠い端）の繼電器は他の側（故障點に近い端）の遮斷を待つて動作することがある。従つて最悪の場合、最終の遮斷時間は多少延びるが一般の繼電器に依る遮斷時間に比較すれば、遙かに高速度であることは勿論で、10 サイクル餘りの高速度遮斷を行う。

又極めて重要な送電線路の保護方式としては近時搬送保護繼電装置が採用されつつあるが、本器はその主繼電器としても使用出來る。この場合における繼電器の適用及び動作に就いては已に本誌に詳細を發表<sup>(8)</sup>しているので省略するが、故障點の如何に拘らず常に數サイクルの兩端同時遮斷を行わせることが出來、更に前述の一般的方式を併用すれば一層遮斷時間を短縮出來る。この方式は目下建設中の國鐵山邊發電所一千手發電所間に採用し、その成果は期待されているところである。

### [ VI ] 結 言

本器は昭和 24 年 6 月日發猪苗代舊幹線における人工故障試験で好成績を納めた日立搬送保護繼電装置の主繼電器として使用した KRV 型 QW 式高速度逆電力繼電器をその後根本的に改良した新型製品で、以上の特性を總括すれば次の如き特長を擧げられる。

- (1) 1 サイクル以内の高速度で確實に故障選擇動作をする。
- (2) 電壓抑制効果を加味した電流要素を有するため
  - (A) 故障檢出動作は極めて確實である。
  - (B) 遮斷器開閉等に依る故障類似の過渡現象で誤動作することがない。
  - (C) 故障電流が常時負荷電流より餘り大きくない場合でも確實に檢出動作をする。
- (3) 周波數に依る影響は極く僅少である。

本器は重要主幹線の短絡保護用繼電器として重要なもので、搬送保護繼電装置の主繼電器として目下建設中の國鐵山邊發電所一千手發電所間に使用されている外一般方式としては已に九州、四國方面に多數使用せられている。尙昭和 25 年 10 月には日發四國支店において人工故障試験が行われ優秀な成績を納め、その高性能が認められた。

電力資源の合理的利用に並行して高速度遮斷方式はいよいよ送電技術上重要な問題になりつつある。本器は日立製作所がこの一環として製作している高速度繼電器の一つで、重要主幹線に使用してその本領を發揮すると共にこれが取扱の参考ともなれば筆者の幸とするところである。

最後に本器の試作、研究に際し多大の御指導と御支援を賜つた日立研究所並に工場の各位に厚く謝意を表する次第である。

### 参 考 文 獻

- (1) 永田、猿渡：日評、31, 321 (昭 24 年)
- (2) 西堀：日評、32, 865 (昭 25 年)
- (3) 西堀：日評、32, 951 (昭 25 年)
- (4) 西堀：日評、32, 1020 (昭 25 年)
- (5) 永田：實用新案 356838
- (6) 猿渡、黒澤：實用新案出願中
- (7) 猿渡、黒澤：實用新案出願中
- (8) 藪野、森山、川井：日評、31, 291 (昭 24 年)