

# 最近の送変電用保護継電器

猿 渡 房 吉\*

## Recent Protective Relays for Transmission Lines and Substations

By Fusakichi Saruwatari

Taga Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The transmission line may well be said the artery of the power system, its fault seriously disturbing the running system of transmission or the electric supply. Hence, it is quite natural that the protective relays for transmission line use have undergone a remarkable improvement of late, side by side with the protective relaying systems, which are taken into service in such combinations as instanced below:

- (1) Balance protecting system by means of the high speed protective relays.
- (2) Distance relaying system by means of the high speed distance relays.
- (3) Carrier current protective relaying system by means of the carrier current on power line.
- (4) Pilot wire protective relaying system by means of the pilot wire.

By choosing most suitable one among these for each power system and transmission line requirement, high stability of the power system can be expected.

It is a noted tendency in these days, furthermore, that the relays on switchboard are designed in square semi-flush type to the innovation of the switchboard appearance, and that the protective relay is built in swing-out type to facilitate its manipulation and inspection.

### 〔I〕 緒 言

山間僻地に点在する水力資源を利用して電力を発生し、これを所望の消費地に輸送するためには、発電機、変圧器、送配電線などの電力設備を必要とし、そのいずれにおいてもときに電氣的故障の発生することが考えられるが、一般的統計においては絶えず最も危険にさらされている送電線の事故がその大部分を占めている。

電力系統における送電線の役割はあたかも人体における動脈のごとく、その故障は系統の運転をまひせしめ、送電継続に重大な障害をおよぼすこと勿論である。

特に最近の送電線はその送電容量が増大されると同時に系統がいよいよ複雑となり、従来のごとき時限協調ま

たは差動保護方式のみに依存した選択保護継電方式では万全を期すことができなくなつて来た。戦後経済的に系統の安定度を高めるため継電方式は高速度化に向つて急速の進歩を遂げ

- (1) 高速度継電器による差動保護継電方式
- (2) 高速度距離継電器による距離継電方式
- (3) 電力線搬送による保護継電方式
- (4) 表示線による保護継電方式

等誠に目覚しいものがあり、それぞれ系統ならびに線路に適應した方式が採用され、その成果を挙げている実例も多数にのぼっている。

また継電器の点検、試験等を容易にするため引出回転式継電器を製作したが、これに引続いて埋込式継電器を開発したので、SR<sub>25</sub>型広角度指示計とともに配電盤は外觀的にも体裁が全く一新された。

\* 日立製作所多賀工場



## 〔II〕 送電線保護用継電器

## (1) 短絡保護

(A) KRV 型 QW 式高速度逆電力継電器<sup>(1)</sup>

重要な送電線にあつては一般に並行二回線式が採用されているが、この送電方式における高速度短絡保護には KRV 型 QW 式高速度継電器が最も適している。

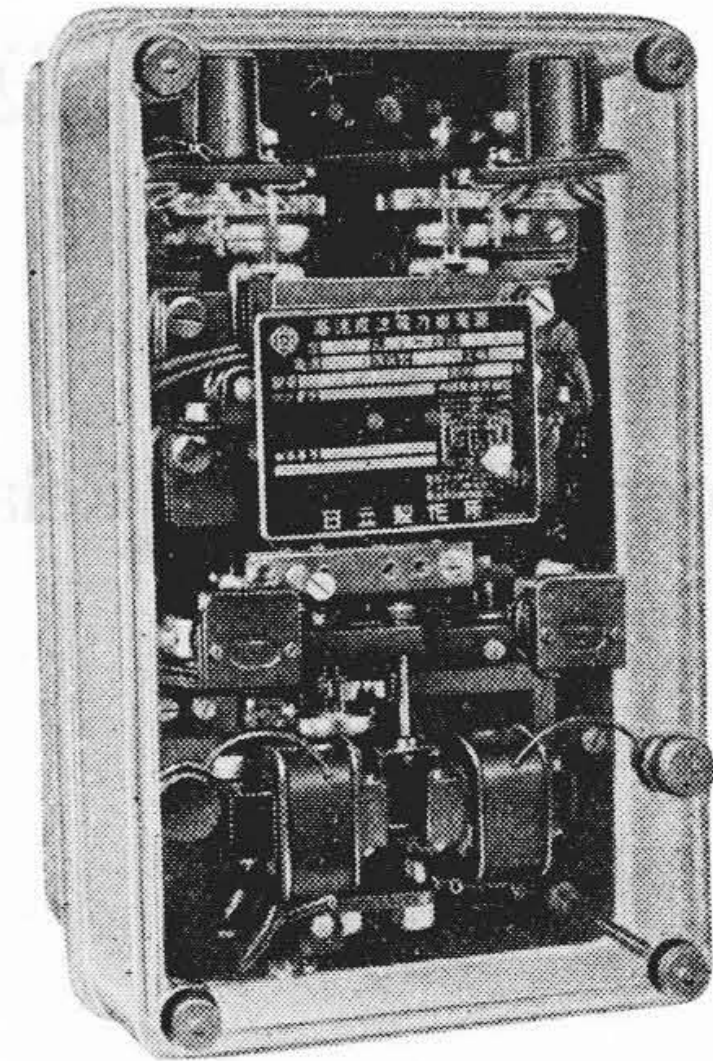
本器は従来の IR 型 WL 式誘導型継電器と同様方向要素と過電流要素とからなり、方向要素は約  $30^\circ$  の遅れ力率特性を有し、二重動作式になつているが反転誤選択を防止するため、その接触は各々独立している。また過電流要素は電圧抑制効果を加味し、常時はタップ電流の4倍以上の過電流が流れなければ動作しないようになつている。

したがつて、常時運転中は遮断器の開閉サーチなどによつて過渡的にある程度の過電流が流れることがあつても誤つて動作することなく、かつ短絡故障のときにのみこの抑制電圧が降下し、方向要素の動作と相まつて 1 前後の高速度で選択動作する。

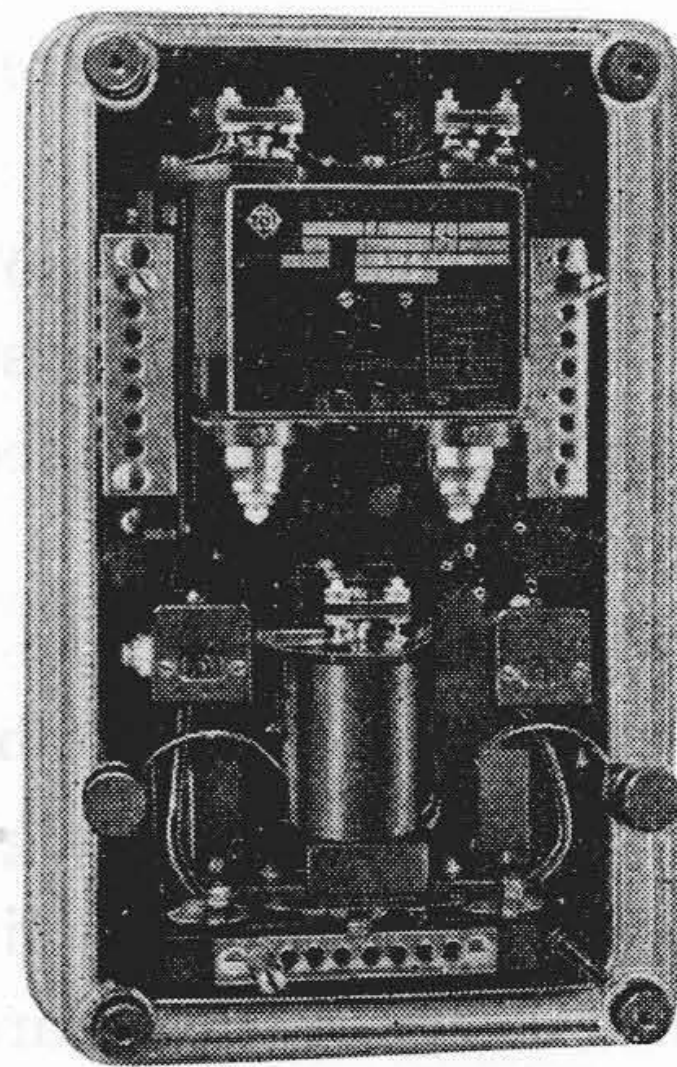
本継電器は高速度動作式であるから、継電器自体で選択能力をもつていない。したがつて、一般には並行二回線における第二回路電流によつて動作するよう、変流器の差動回路に接続される。それは外部故障のとき、理論的に差動回路に電流が流れないからであるが、この場合においても両回線がはなはだしく不平衡であつたり、また変流器の過電流における過渡特性に不平衡のあるときは誤動作のおそれがある。

また本器は後備電力の有無にかかわらず高速度保護することができるが、故障点が保護区間の両端に接近しているときは第二回路の電流が僅少となり直列遮断する。すなわち遮断器の遮断時間を 5 〰 とすれば故障点が保護区間の中央のときは約 6 〰 で両端同時に遮断するが、その母線に近いときはまずそれに近い方の継電器が動作し約 6 〰 で遮断した後反対側の継電器が動作し、最終の遮断時間は前者の 2 倍の約 12 〰 となる。これを防止するためには方向比較式搬送保護継電方式によらなければならない。

方向比較式搬送保護継電装置においては本器を第一、第二回路の合成電流で動作させることができるので、並行二回線、一回線を問わずまた故障点のいかににかかわらず常に内部故障に対しては両端同時遮断する。日本国有鉄道千手—小千谷間の搬送保護継電装置はこの実施例である。すなわち保護区間の中央に故障を生じたときは継電器自体で両端同時遮断を行い、母線に近い故障に対しては一方は継電器単独で、他端は搬送電流で同時に遮断する。



第1図 KRV 型 QW 式高速度逆電力継電器  
Fig. 1. Type KRV Form QW High Speed Reverse Power Relay



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

(B) AZ 型 QC 式高速度インピーダンス継電器<sup>(2)</sup>

以上は並行二回線式送電線の保護継電器について述べたが、一回線式送電線または並行二回線中一回線が故障し、他の一回線で送電を続けている場合の高速度保護を KRV 型 QW 式継電器のみで行うことは前項に述べたごとく不適當である。

この場合は搬送保護継電装置によるのが最も適しているが、継電方式が複雑になるので、簡単にこの目的を達するために AZ 型 QC 式インピーダンス継電器を使用する。

本器は継電器設置点から故障点までの距離を線路のインピーダンスによつて測定し、これが所定の距離内にあるときのみ動作するから、構造とか取扱いは他の継電器よりやや複雑であるが、継電器自体で限時協調によるこ



となく高速度遮断することができ、現在の技術における最高級の保護継電器といえよう。

本器には第3図に示すごとく短絡方向を検出するためのKHV型QC式高速度方向継電器や故障区間の選択のためのCM型限時継電器を併用するが

- (a) 距離測定精度が高く5%以下の誤差で確実に動作し、選択能力の高いこと
- (b) 内部故障に対しては1〜前後の高速度で動作し、安定度確保上きわめて有効であること
- (c) 外部故障で電力方向が反転するような場合があつても誤動作のおそれがないこと

など従来の保護継電器ではえられないすぐれた性能を有することが、去る昭和27年10月四国電力祖谷ループにおける人工故障試験<sup>(3)</sup>で確認された。

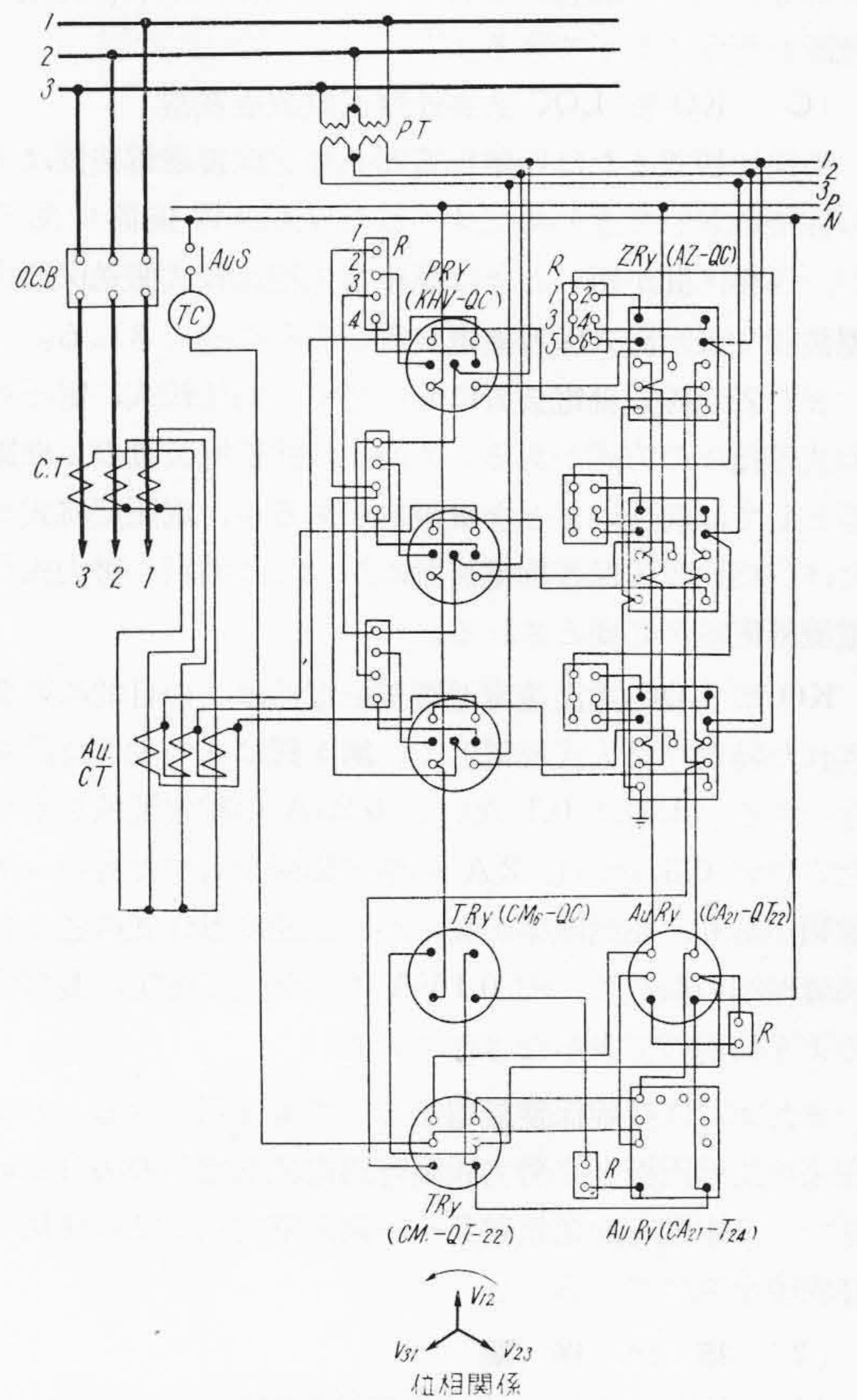
勿論短絡故障の場合、被保護区間の100%を高速度保護すべきであるが、計器用変圧器、変流器および継電器の誤差、特に過渡時の誤差を考慮すると瞬時遮断範囲を若干狭くしなければならない。このため継電器は第一段、第二段および第三段の3つのインピーダンス測定要素を有し、第一段要素は前記の瞬時遮断を行わせるよう選定する。線路および系統の状態によつて多少異なるが、この第一段要素は全保護区間の80ないし90%に整定し、残部の10ないし20%に対しては第二段要素とCM型限時継電器とによつてつぎの区間の瞬時遮断時間との限時協調を保ちつつ高速度遮断しうるよう適当な値に整定する。一般に第二段要素は約150%に整定し、CM型限時継電器は遮断器の遮断時間に若干の余裕をもつて整定する。

またインピーダンス継電器を系統の電気的中心付近に設置したときは系統に擾乱を起した場合継電器から見た見掛上のインピーダンスが小さくなり、短絡故障と見誤り誤動作することがある。第三段要素はこれを防止するために使用し、第3図はこの結線を示している。

並行二回線式送電線をKRV型QW式継電器で差動する際には故障点が保護区間の母線に近いとき直列遮断し、遮断時間が若干長くなるが、一回線式線路をAZ型QC式継電器で保護する場合もほぼ同様のことがある。

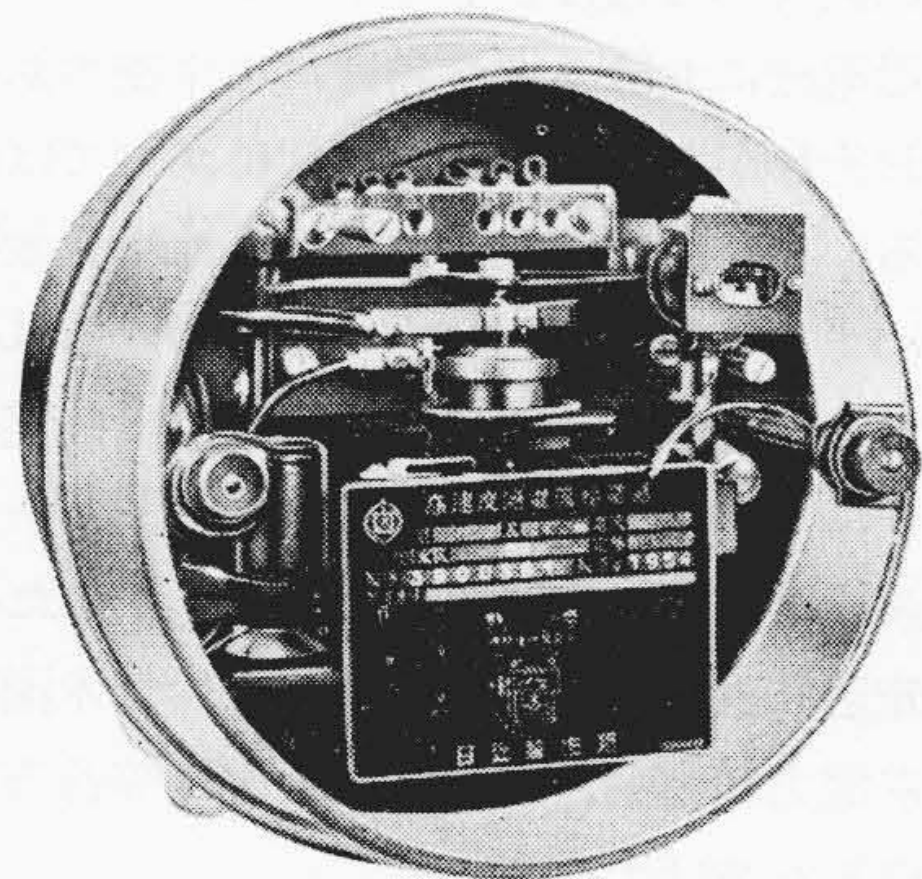
これは前述のごとく第二段要素で遮断するため、これを避けるためには搬送保護継電方式にする必要がある。すなわちAZ型QC式継電器の第二段要素とKHV型QC式継電器で搬送電流を制御し、両端同時遮断を行わせる。この場合は

- (a) 次区間との限時協調を図る必要がないから保護区間の全区間にわたり高速度同時遮断ができる
- (b) 継電器自体の選択性能もそのまま利用できるもので特に後備保護用継電器を設置する必要がない



第3図 AZ型QC式インピーダンス継電器を使用した送電保護方式電線接続図

Fig. 3. Wiring Diagram of Transmission Line Protecting Relay System Using Type AZ Form QC Impedance Relays



第4図 KO型LQC式高速度過電流継電器

Fig. 4. Type KO Form LQC High Speed Over Current Relay

ので絶対的に高速度遮断を要求される系統の保護方式として最も進歩したものといえる。関西電力の新北陸幹線成出—新愛本間保護継電装置はこの実施例で、3〜遮



断器を使用し、最悪の場合においても6 $\mu$ 以下の高速度遮断を行うことができる。

### (C) KO型LQC式高速度過電流継電器

方向比較式または距離継電器式搬送保護継電装置はその性能においてきわめてすぐれた保護継電装置であるが、保護区間が短いときは簡単な位相比較式搬送保護継電装置や表示線式保護継電装置が有利に適用される。

また表示線式継電装置においても方向比較式、電圧対向式等種々の方式がある。方向比較式継電装置の主継電器としては前述のごとき継電器があるが、電圧反抗式または位相比較式保護継電装置にあつては特別小勢力式過電流継電器が必要とされる。

KO型LQC式高速度過電流継電器はこの目的に開発された特別小勢力式継電器で、第5図はこの動作時間特性である。本器は0.1ないし0.25Aの整定範囲をもつたものと0.3ないし2Aの整定範囲をもつたものゝ2種類があり、駆動能率が高くかつ高速度動作式に適した誘導環型の構造で、約0.1VAの小勢力で確実に動作するよう特別の工夫がなされている。

また本器は接地保護継電器としても使用できることは在来の誘導円板型小勢力式限時過電流継電器の場合と同様で、日本国有鉄道新鶴見—東京電力川崎間に使用し好成績を挙げている。

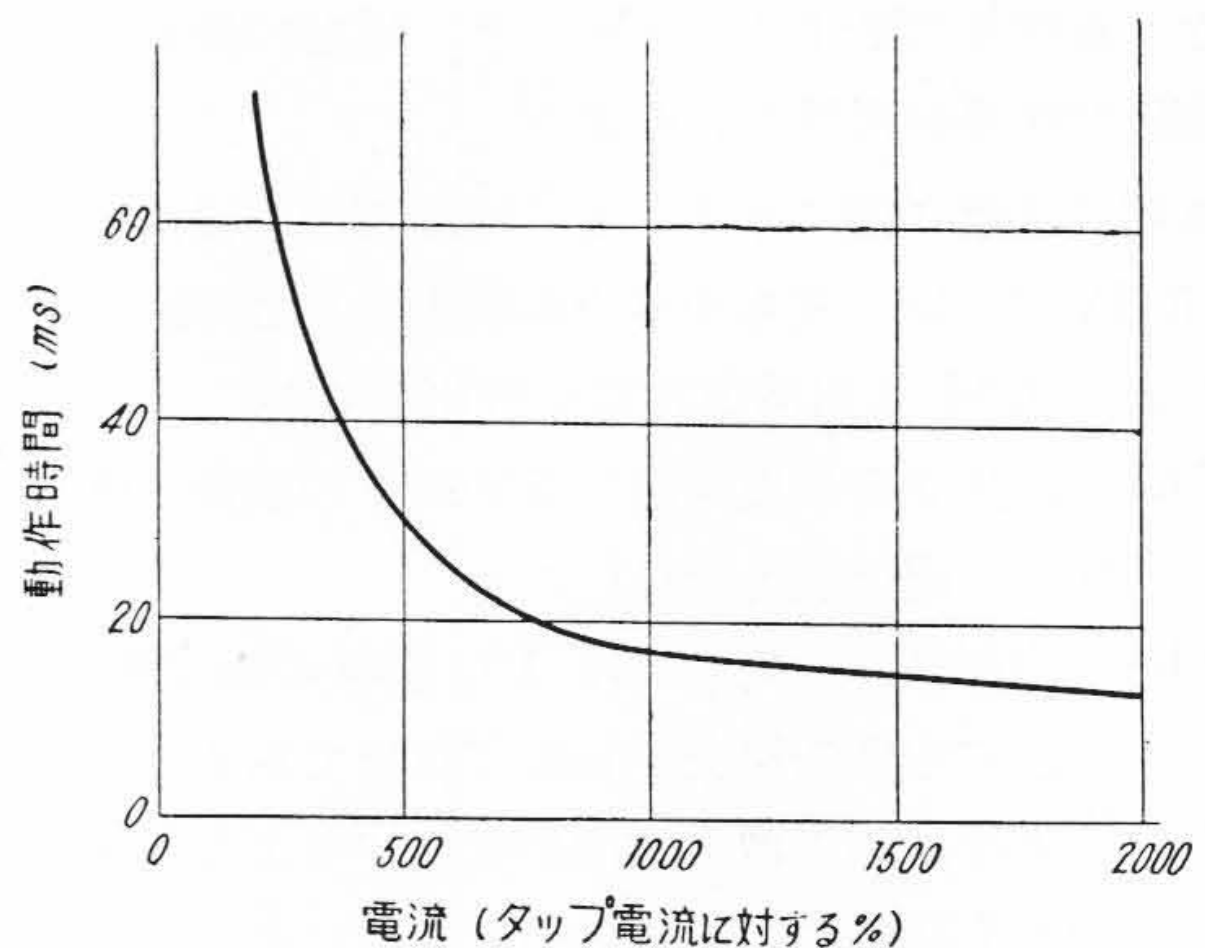
## (2) 接 地 保 護

### (A) KG型QC式高速度接地継電器

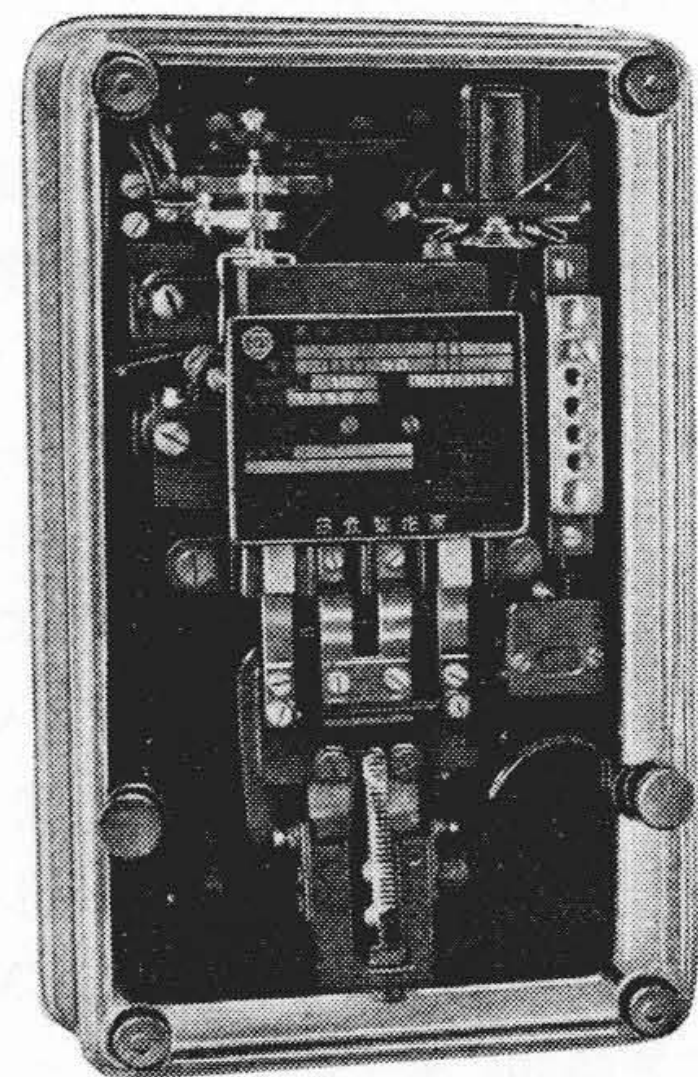
並行二回線式送電線の高速度接地保護にはKG型QC式高速度接地継電器が適している。

本器は約10°の進み力率特性を有し、零相第二回路電流によつて動作するよう差動接続するが、短絡保護の場合と同様両回線がはなはだしく不平衡であつたり、また変流器の過電流における過渡特性に不平衡のあるときは誤動作のおそれがあるからこの適用にあつては注意する必要がある。また残留回路に使用された場合並列変流器への分流による感度低下を防止するため本器は特に低インピーダンスとし、約0.1VAの小勢力で確実に選択動作するようになつている。また本器は開閉サーヂ等故障類似の過渡現象で誤動作することを防止するため約0.05秒の直流定限時継電器を内蔵してあり、日本国有鉄道新鶴見、東京電力和田堀、四国電力松尾川等各方面に使用されその成果を挙げている。

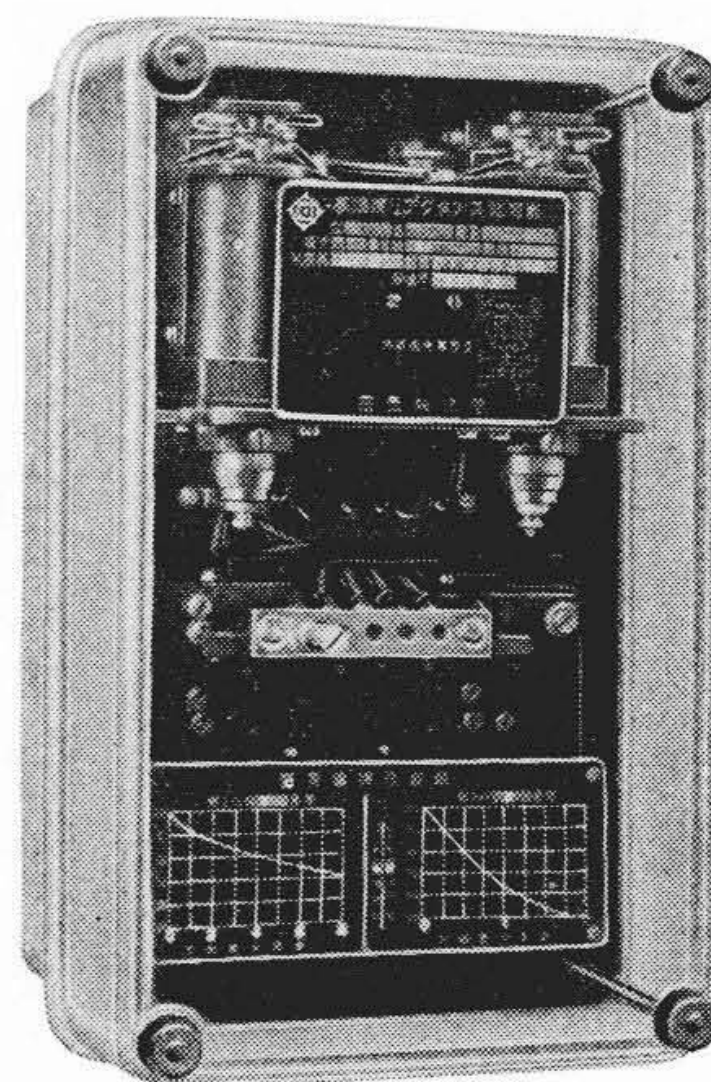
また第二回路電流で動作するよう接続するから、短絡保護の場合と同様故障点が保護区間の母線に近いときは直列遮断する。これを防止するためには継電器を零相第一、第二回路の両電流の合成値で動作するよう接続し搬送保護継電装置を使用すればよく、日本国有鉄道千手—小千谷間の搬送保護継電装置はこの実施例である。



第5図 KO型LQC式継電器の動作時間特性  
Fig.5. Operating Time Characteristics of Type KO Form LQC Relay



第6図 KG型QC式高速度接地継電器  
Fig.6. Type KG Form QC High Speed Ground Relay



第7図 AX型QC式高速度リアクタンス継電器  
Fig.7. Type AX Form QC High Speed Reactance Relay



(B) AX型QC式高速度リアクタンス継電器<sup>(4)</sup>

一般の送電線のように中性点を高抵抗接地したり、リアクトル接地をした系統にあつてはともかくとして、直接々地した系統においてはその安定度確保の点からいつてもまた誘導障害の点からいつても高速度遮断が絶対必要な条件である。

KG型QC式継電器は単独で故障区間の高速度選択能力がないので、一回線で送電のとき万一搬送装置に故障を生ずると高速度遮断することができない。したがって中性点直接々地方式の系統のごとく高速度遮断が絶対条件とされる場合にはAX型QC式高速度リアクタンス継電器が使用される。

本器の詳細はすでに本誌に発表<sup>(4)</sup>してあるのでここでは省略するが、継電器の設置点から故障点迄の距離を線路のリアクタンス分によつて測定し、その故障点が所定の保護区間内にあるとき高速度遮断せしむる距離継電器で、第一段および第二段要素の二つの測定要素からなり、AZ型QC式継電器と同様の区分により使用される。

本器は線路のリアクタンス分によつて距離を測定するので故障時の電弧抵抗、大地抵抗など抵抗分の影響を受けない。したがって直接々地方式の系統における接地保護継電器として適し、関西電力の新北陸幹線成出—新愛本間に使用され、AZ型QC式継電器による短絡保護と同程度の高速度遮断を行うことができる。

【III】送変電機器保護用継電器

送電線は絶えず風雨および雷の危険にさらされているので、その故障は他の機器の故障に比較して非常に多く、この保護継電器は急速な進歩を遂げているが、これと平行して送変電機器の保護継電器も種々の進歩を示している。

(1) 変圧器の保護

(A) KYT型高速度差動電流継電器

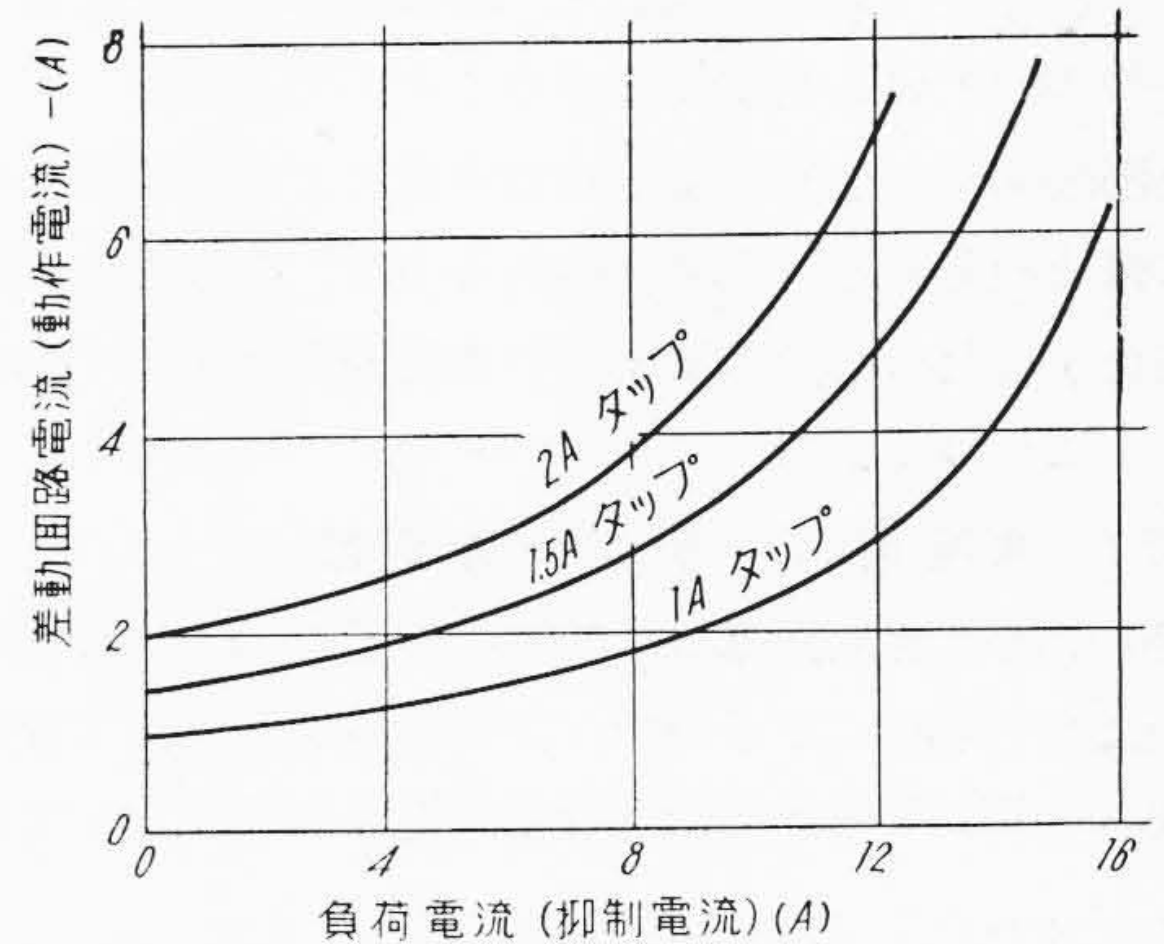
従来変圧器の内部故障保護にはIY型誘導型比率差動電流継電器が使用され、その性能のすぐれていることは広く認められているところであるが、これを高速度かつ高感度に保護するためKYT型高速度差動電流継電器を製作した。

変圧器の無負荷投入時においては過渡的に異状に大きな突入電流が流れ、故障時の保護を高感度にしようとするれば突入電流で動作するので、従来の継電器においてはある程度感度を低下せしめかつ時延効果を与えて誤動作を防止している。また突入電流と内部故障電流とを比較すれば第1表<sup>(5)</sup>に示すごとく前者においては直流分および高調波分が多く、後者においては基本波が多い。

第1表 突入電流の波形分析結果

Table 1. Analytical Result of Rush Current Wave Form

	突入電流	内部故障電流
基本波	100%	100%
直流波	58	38
第2高調波	63	9
第3高調波	22	4
第4高調波	5	7
第5高調波	34	4



第8図 KYT型差動電流継電器の動作電流特性

Fig. 8. Operating Current Characteristics of Type KYT Differential Current Relay

本器は高速度動作式に適した誘導環型の構造で、基本波に同調する同調回路によりその基本波をもつて動作するように工夫された継電器である。したがって突入電流に対しては感度悪く内部故障に対して高感度で高速度動作をする。なお本器は動作要素と抑制要素とを有し、継電器を変圧器の一次、二次両回路に差動接続する。この場合の差動回路電流による動作電流と負荷電流による抑制電流との関係は第8図のごとくであるから外部故障に対しては誤動作することがない。

(2) 同期調相機の保護

同期調相機の内部故障を保護する場合は発電機の保護と同様に行うことができ、これについてはすでに本誌<sup>(6)</sup>に述べているのでここでは省略するが、簡単にこの保護継電器を紹介すると

(A) KY型高速度比率差動電流継電器

本継電器は誘導環型の構造で、在来のIY型誘導型継電器と特性を同一にしかつこれを高速度化したものであるから同期調相機の短絡保護用として適している。

(B) KGY型高速度接地継電器

同期調相機巻線の接地故障を保護するため中性点接地方式として100A抵抗接地方式を一般に採用しているが、KGY型高速度接地継電器はこの場合に使用する保



護継電器で誘導環型の構造を有する比率要素と過電流要素とからなる。比率要素はその感度を鋭敏ならしめるため接地電流をもつて附勢するごとくなっているが、これによる誤動作を防止するため CM<sub>1</sub> 型限時継電器を併用し、巻線の 95% を高速度で保護することができる。

### (C) KGV 型 XQC 式高速度接地継電器

同期機に接地故障を生じたときその故障電流を極端に制限するためその中性点を柱上変圧器で接地する場合がある。KGV 型 XQC 式高速度接地継電器はこの場合に使用する一種の電圧継電器で、誘導環型の構造を有し、巻線の 95% を高速度保護することができる。

外部故障のとき変圧器の結合容量により同期機の中性点に電圧のあらわれる場合があるので、この際の誤動作を防止するため本器は変圧器の高圧側零相電圧で抑制するようになっている。

### (3) 進相用コンデンサの保護

力率改善用静電蓄電器に故障を生じた場合は各相の充電電流が不平衡になるので、この現象をとらえて動作する IQC 型不平衡継電器を静電蓄電器保護用として使用する。

本器は2箇の誘導円板型回転力平衡式継電器からなり、二つの電流の間にある値以上の差を生じたとき動作する。この差電流は比率で表わし、10ないし20%の間を目盛板とレバーとによつて任意に調整できるようになっている。

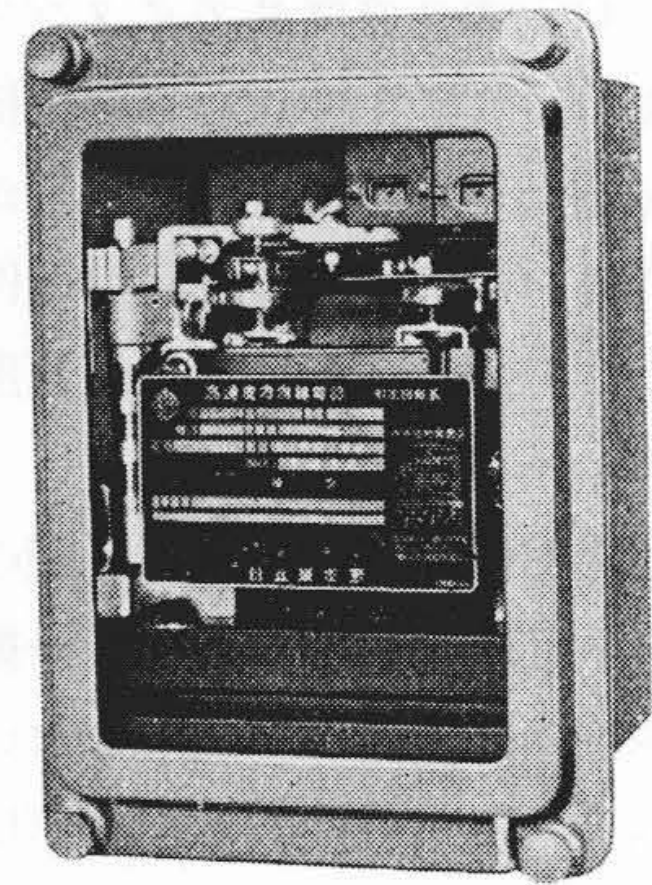
## 〔IV〕 引出回転式および埋込式継電器

短絡継電器、接地継電器など従来の継電器はすべて表面取付型であるが、最近の配電盤においては色彩調節を施すとともに継電器の形状を埋込式とし、その体裁が一変しつつある。

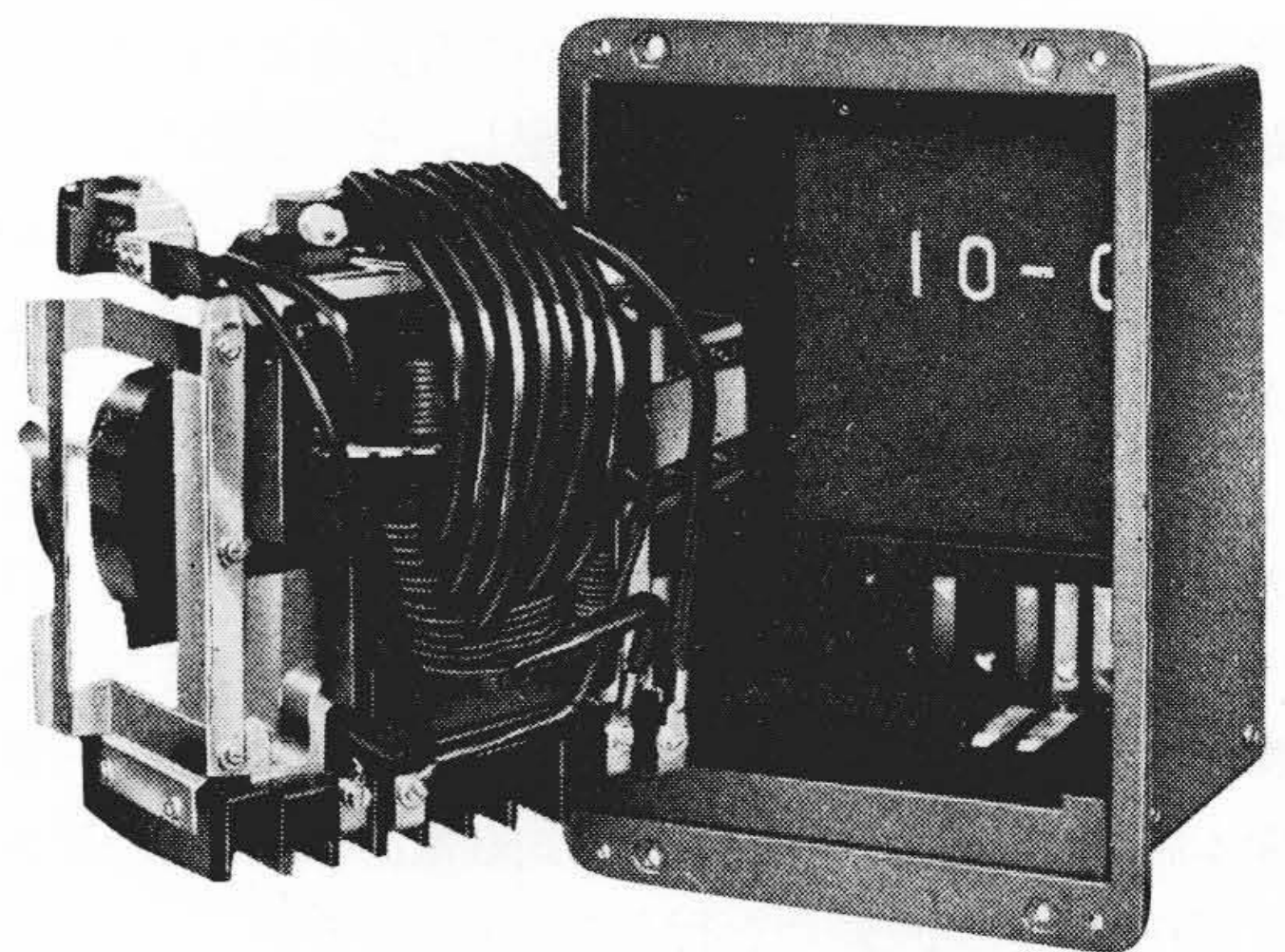
一般に保護継電器は継電器の中でも重要なものであり、定期的にその点検および試験を行う必要がある。従来の継電器はその都度制御電源を開放し、外部配線を外さなければならぬ不便があつた。引出回転式継電器は内部要素を従来のものゝまゝとし、外面に特別の工夫を織り込んだもので取扱上つぎのような便がある。

- (1) 外部配線を外すことなくかつ配電盤に取り付けたまゝ内部の点検ができる。
- (2) 外部配線を外すことなく継電器の取り換えおよび試験ができる。
- (3) 予備の継電器を持つていればほとんど無保護の状態なしに点検、試験ができる。
- (4) 外部配線を外さないから点検、試験後配線上の誤りを生ずる心配はない。

補助継電器、操作継電器はこれと全く外観を同一にし

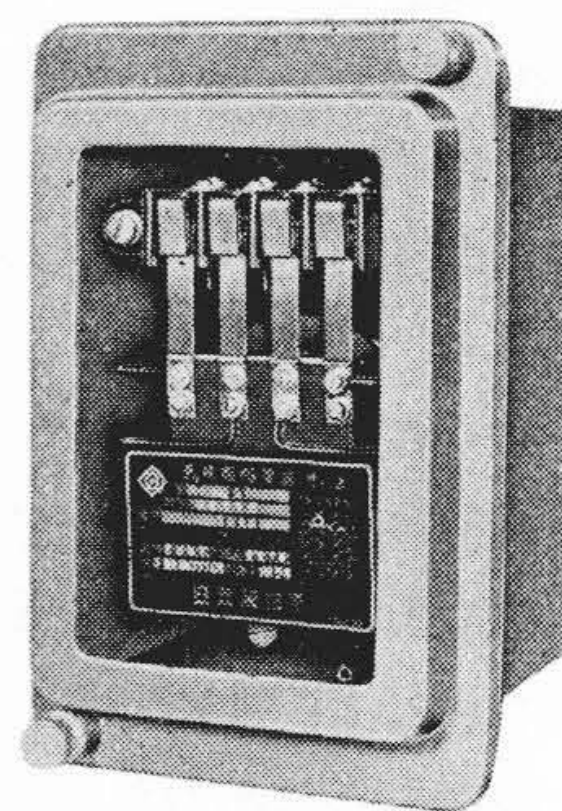


第9図 引出回転式継電器  
Fig.9. Swing Out Type Relay



第10図 引出回転式継電器の内部要素を回転したところ

Fig.10. Turning Out the Internal Element of Swing Out Type Relay



第11図 CA型T式多接触継電器埋込式  
Fig.11. Type CA Form T Multi-Contact Relay (Semi-Flush Type)

であるので、配電盤は整然とした体裁を保つことができる。

## 〔V〕 結 言

電力技術の進歩によつて必然的に高度の継電方式が要求せられ、これに伴つて継電器も従来と一変した進歩を



とげつゝある。特に高速度継電器の開発は継電方式および高速度遮断器の進歩と相まって飛躍的に高速度遮断を可能とし、系統の安定度がいつそう高められた。

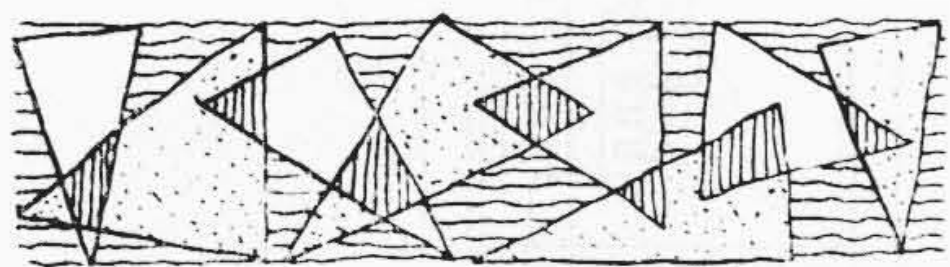
また最近の配電盤は周囲との調和を計るため色々の工夫がなされているが、継電器も従来の表面型から埋込式に移り、色彩調節を施して配電盤との調和を計っている。特に保護継電器は引出回転式としその点検、試験を容易にしてある。

以上のごとく継電器は性能の上からも、外観の上からもその様相が大転換しつつあり、日立製作所は不断の研

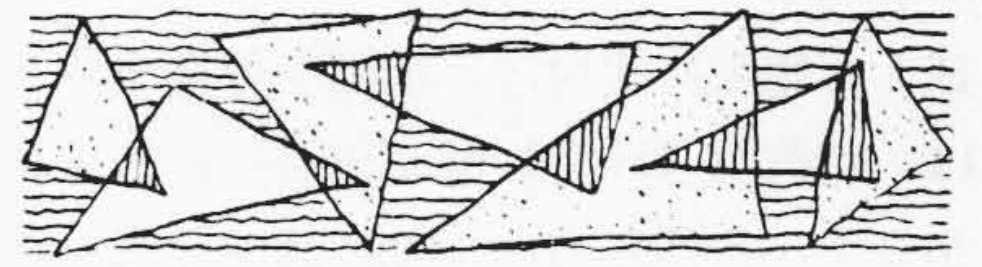
鑽により絶えずこの線に沿うすぐれた性能と信頼度の高い継電器を市場に送るべく努力を続けている。

参考文献

- (1) 猿渡：日立評論 33 605 (昭 26)
- (2) 猿渡：日立評論 34 939 (昭 27)
- (3) 乾, 西堀, 広吉, 猿渡：日立評論 35 1043 (昭 28)
- (4) 猿渡, 渡井：日立評論 35 1569 (昭 28)
- (5) L. F. Kennedy, C. D. Hayward: E. E. 57 262 (May 1938)
- (6) 清水, 渡井：日立評論 36 729 (昭 29)



特許の紹介



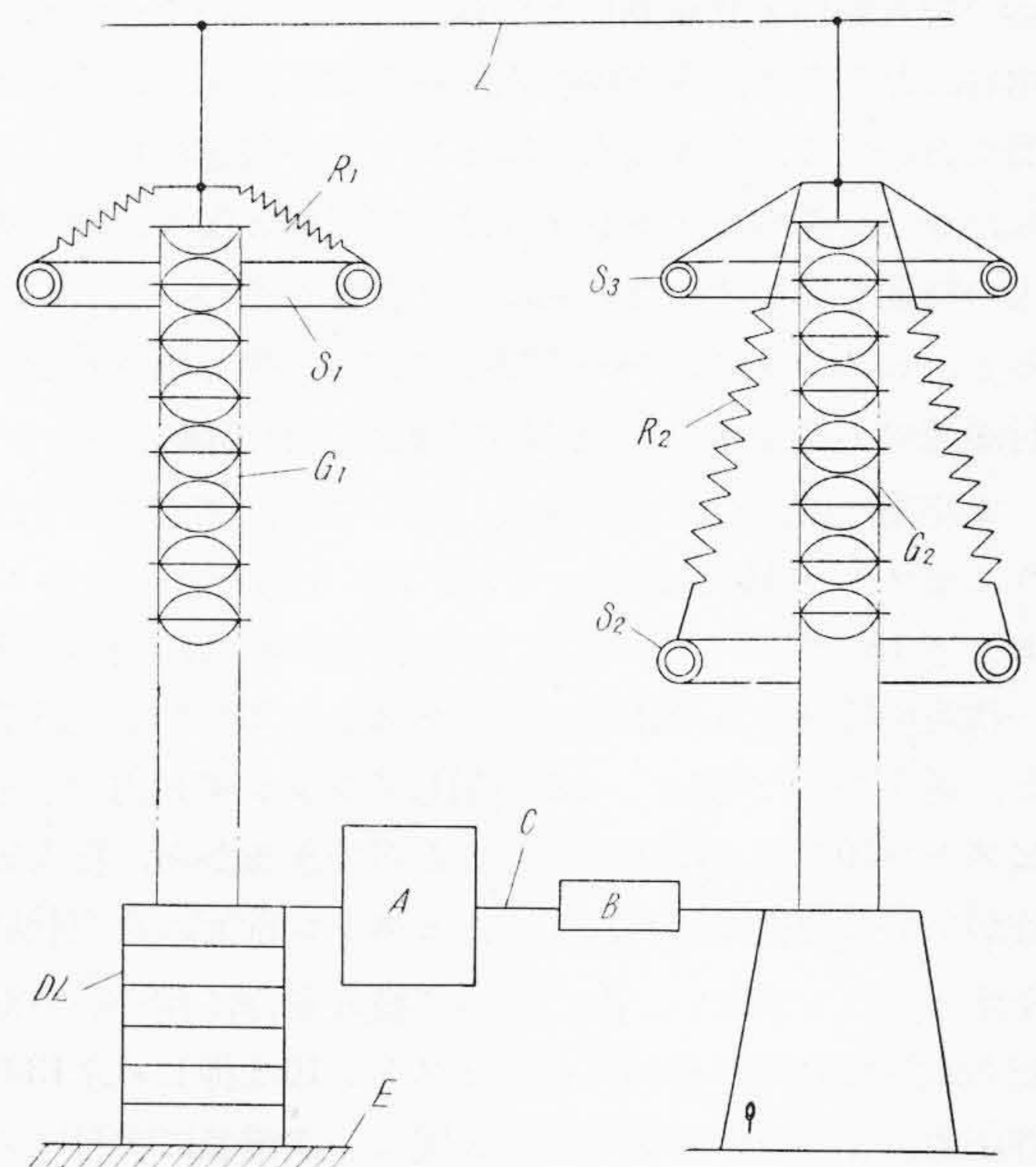
特許第200469号

三浦倫義

避雷装置

この発明の目的は、衝撃性異常電圧のみならず低周波異常電圧(弧光接地などに基づいて発生し継続性を有す)に対しても保護を完うする新しい避雷装置を提供せんとするにある。図はその一実施例を示すもので、 $G_1$ および $G_2$ は公知の直列多間隙で間隙数や形状その他同じものである。 $S_1$ および $S_2$ はシールド環で $R_1$ および $R_2$ はそれぞれ高抵抗を示す。しかして $S_1$ は $G_1$ の上部に位して低周波に対しては間隙各箇の電圧均等化の働きをなし、また $S_2$ は $G_2$ の下部深くまで配置されて低周波に対し電圧不均等化の作用をなす。 $S_3$ は $G_2$ の上部に高抵抗なしの形で設けられて、これは衝撃電圧に対して電圧均等化の働きをなすシールド環である。 $DL$ は避雷器特性要素(ミウライト) $E$ は大地、 $L$ は高压線路、 $C$ は両間隙の接続線路、 $B$ は可熔器のような過電流遮断器、 $A$ はミウライト補助要素である。

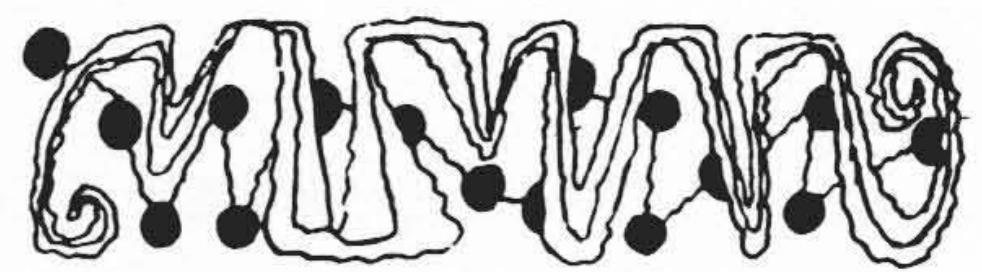
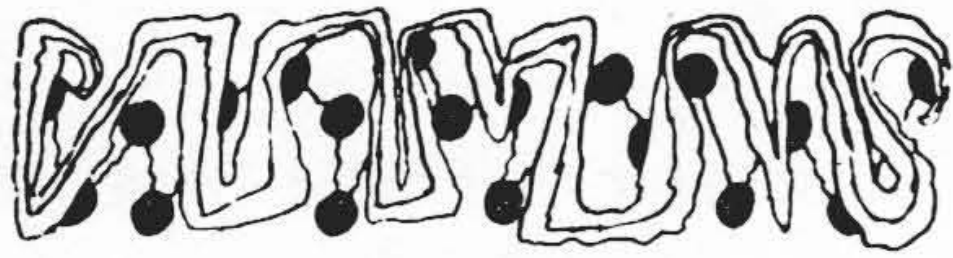
周知のように今まで使用されている直列多間隙はそれぞれ特有の衝撃値を有し、衝撃性異常電圧に対して一旦ある定まつた放電々圧を採用した以上は低周波異常電圧に対する放電々圧もそれに相応して定められ、結局一方により他方が拘束を受けて異常電圧防護の希望が一組の避雷器ではどうしても満足できなかつた。本発明は上記したような構成により、衝撃電圧に対してのみ動作する直列間隙 $G_1$ と低周波異常電圧に対してのみ動作する直列間隙 $G_2$ とを特性要素に共通に設けたことにより各々を所望の放電々圧に保持せしめることを得て所期の効果



を發揮せしめることができるのである。なお補助特性要素 $A$ を主特性要素 $DL$ に対して遮断器 $B$ を介して $G_2$ 側に接続するときは、低周波異常電圧の放電にあたりこの機流の続流に対し制限電圧の異常昇騰を招くことなしに $G_2$ 側全体の熱容量の増強に役立つ比較的長時間動作しうるものの実現に役立つ特別の効果がある。

(宮崎)





特許第205220号

桑山正俊

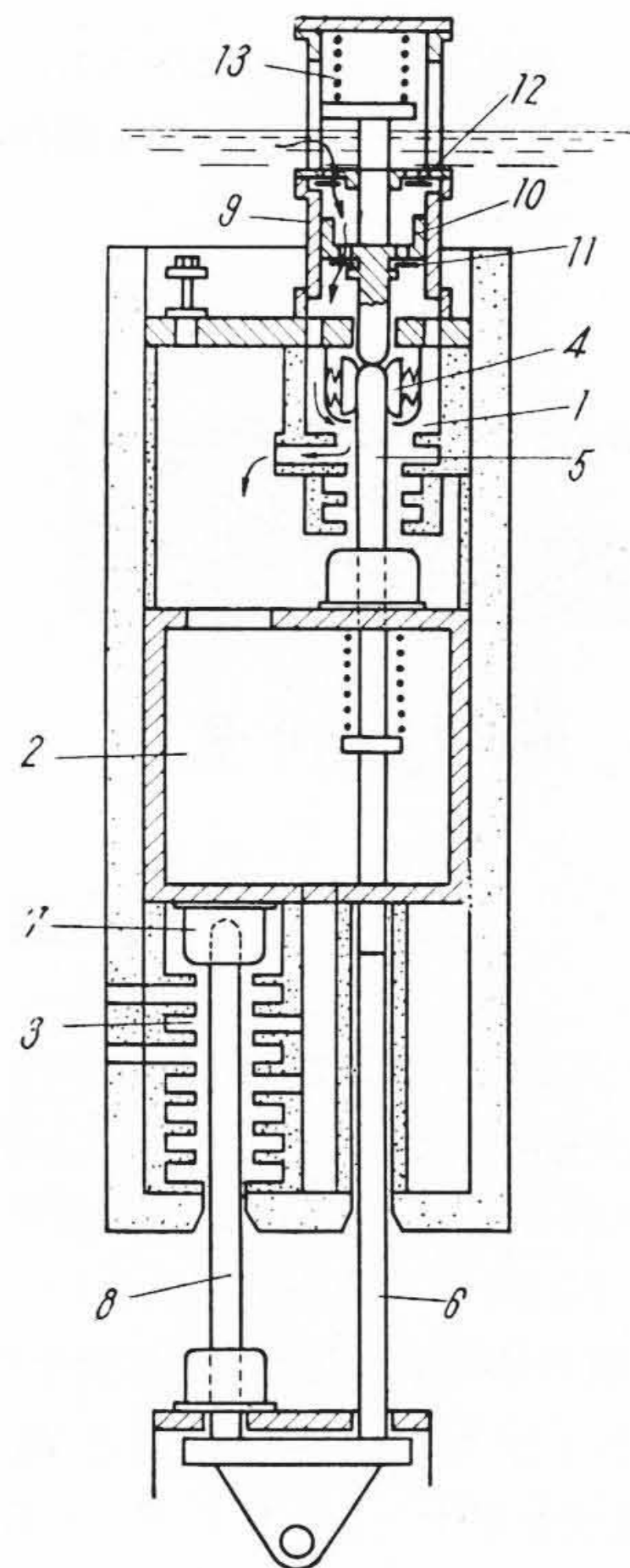
### 消弧室に附加した油流ピストン装置

消弧室内部に一次遮断室1と中間貯油室2と二次遮断室3をと設け、固定接触子4と可動接触子5と押棒6とにより一次遮断点を、また固定接触子7と可動接触子8とにより二次遮断点を構成し、両遮断点を直列に結び、電路遮断に当り一次遮断点に引成した電弧による発生油圧を利用し、中間貯油室2内の清浄油を二次遮断点に引成した電弧に吹付け、消弧を促進するようにした遮断器は、特許第190801号明細書に記載され周知である。しかして一次遮断点の上部に油流ピストン装置を備え、一次遮断点の可動接触子5の動作に連動し、ピストンを動作して一次電弧に対しシリンダ内の油を吹付け少電流の遮断特性を改善した方式も、同特許明細書に開示されている。

しかるにこの油流ピストン装置ではその性能上、遮断器の投入動作と遮断動作とが短時間に相ついで行われる場合、たとえば高速度再投入遮断方式に使用される遮断器においては、急速投入時はピストンが急速に押し上げられ、シリンダのピストン下面は真空状態となり、油の流入の時間をおかずただちに遮断動作が相ついで行われると、ピストンにより一次電弧に向つて押し出される吹付油流の不足を生じ、遮断能力が低減される嫌いがある。

本発明は前記の欠点を除去したもので、図面に示すようにピストン10およびシリンダ9にそれぞれ逆止弁11および12を設けることにより、遮断器の投入に当つては一次可動接触子5の頭部によりピストン10を押し上げると、逆止弁11が開き、12が閉じてシリンダ9内の油をピストン10の前面に送り込むことができるから、投入動作がいかにか急速に行われても、ピストン前面に真空状態を生ずることがない。したがつて投入動作に相ついでただちに遮断動作が行われてもピストン10は押しバネ13の押圧力によりその前面の油を確実に一次電弧に吹付けることができる。

なお遮断動作によりピストン10が下動すると、逆止弁



11は閉じ、12は開くから弁12を通して消弧室外部の清浄油をシリンダ9内に吸込む作用が行われる。すなわち本発明になる油流ピストン装置においては、シリンダ9に設けた逆止弁12とピストン10に設けた逆止弁11との協働作用により、ピストン10の動作に応動して消弧室外の清浄油を矢印で示すように継次的にかつ強制的にピストン10の前面に送り込むようにしたから、遮断器の投入動作と遮断動作とが短時間内に相ついで行われても、遮断の都度一次電弧に対し確実に消弧油流を吹付けることができ、遮断器の遮断特性を著しく改善しえたものである。

(滑川)