

# 最近の日立継電器に就いて

猿 渡 房 吉\*

## The Recent Protective Relays

By Fusakichi Saruwatari  
Taga Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The recent transmission lines, increasingly complicated because of interconnected operation of several lines, have come to need the adoption of high speed protective relay system for preventing a fault occurred in one spot on any line from affecting the extensive portion of the line and causing the failure of the whole transmission system.

To comply with the above situation, Hitachi has developed a series of high speed protective relay group for shortcircuit or ground protection of transmission lines and for the protection of generator windings, and high speed multi-contact auxiliary relays.

These relays, as partly introduced in the previous issue, have succeeded to enhance the stability of transmission lines and withheld damages to the machines on the system to a minimum.

The writer relates again in this article some features of the function of those relays and touches, furthermore, on the turning type relays designed on the new idea for facilitating the periodical relay tests.

### 〔I〕 緒 言

最近の送電系統は殆ど高圧側又は低圧側に於て連系され、その内で電力の需給が行われているので、若しその一部に事故が発生すると、故障はその局部に止まらず広範囲に波及し、時には系統が全停するに致ることも考えられる。

戦後これ等の電力線及び電力機器の保護継電方式は急速な進歩を遂げ、あらゆる方式が高速化するに至つた。特に通信技術の電力方面への応用は一層高速度保護を可能ならしめ、機器の損傷を軽微に止むるばかりでなく、系統の安定度を高め送電不断の実を挙げている。

日立製作所はこの線に沿い

1. 送電線の短絡又は接地保護用継電器
2. 発電機巻線保護用継電器

を始め一連の高速度継電器を開発した。

又定期的に行われる検査とか試験を容易ならしむるため、体裁を一新した日立引出回転式継電器を製作し、すでに関西電力大津発電所に納入した。

\* 日立製作所多賀工場

### 〔II〕 短絡保護継電器

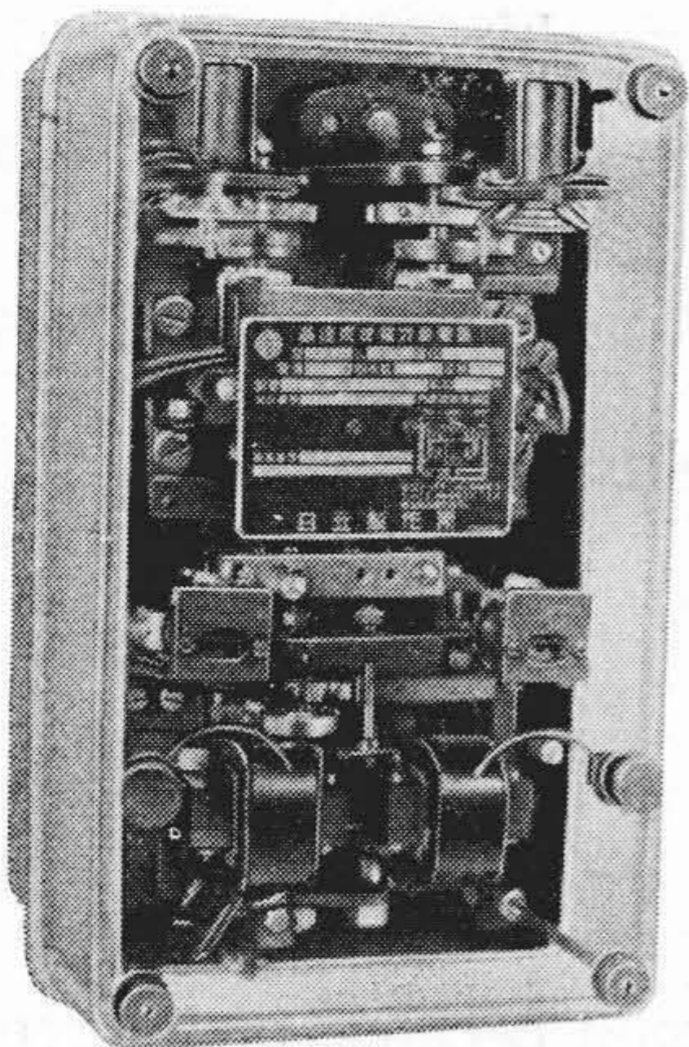
従来送電線の短絡保護には IR 型 WL 式逆電力継電器又は IO 型 C 式過電流継電器が主として使用されている。共に誘導円板型で限時式継電器としては極めて優れた特性を有しているが、高速度遮断方式に使用する高速度継電器としては不適當である。

#### (1) KRV 型 QW 式 高速度逆電力継電器

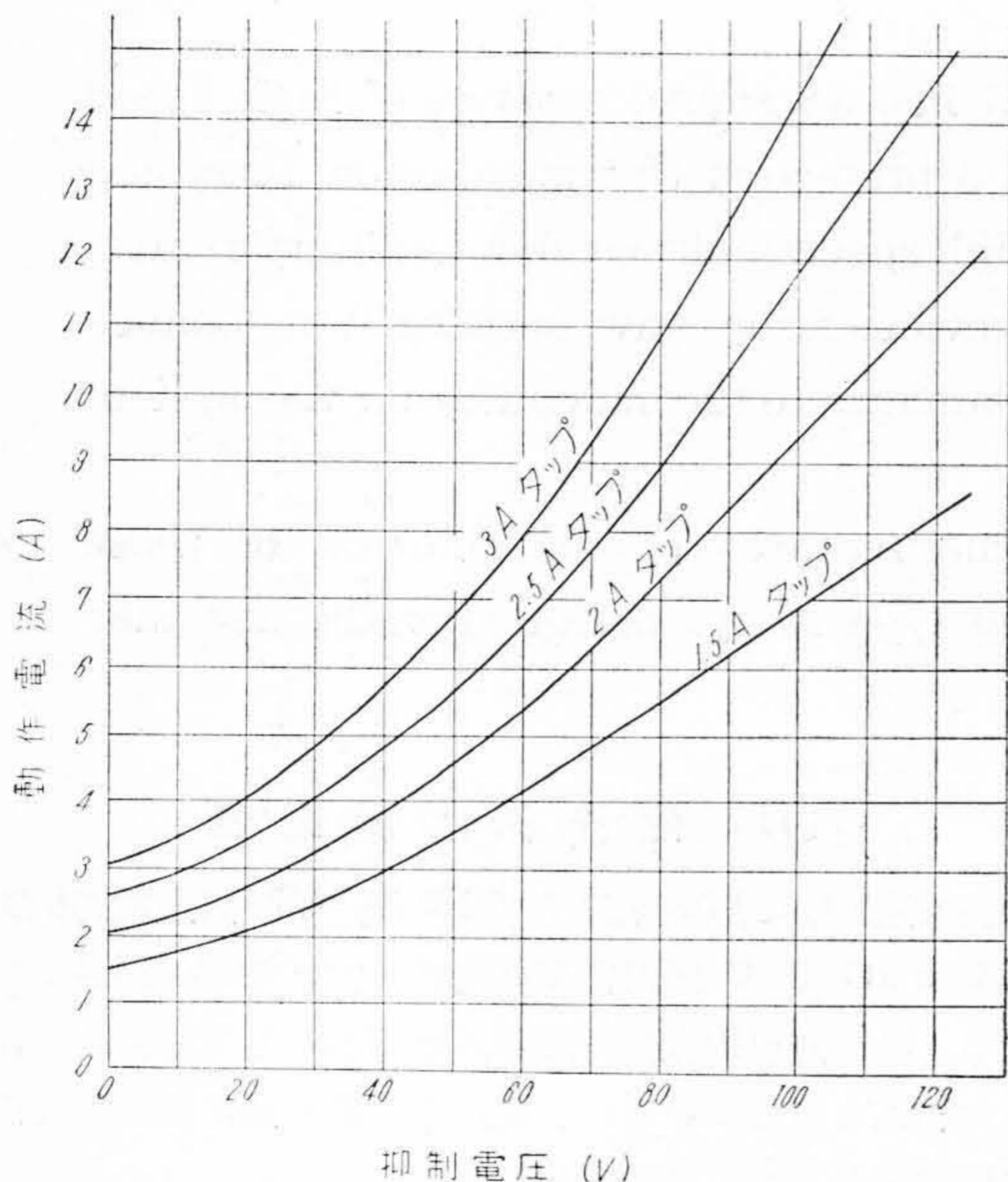
そこで並行 2 回線式送電線の高速度短絡保護継電器として KRV 型 QW 式高速度逆電力継電器を開発した。この継電器は高速度継電器に適した誘導環型の構造で、その詳細は已に本誌に発表<sup>(1)</sup>しているのでここでは省略するが、本器は短絡故障に際し

- (A) 故障点に電力が逆流する
- (B) 故障線間の電圧が降下すると同時に電流が増大する

ことを検出して動作するもので、その動作の確実迅速なことは過去何回かの人工故障試験で実証<sup>(2)</sup>されているところであり、重要な幹線には多数使用され、その成果を挙げている。



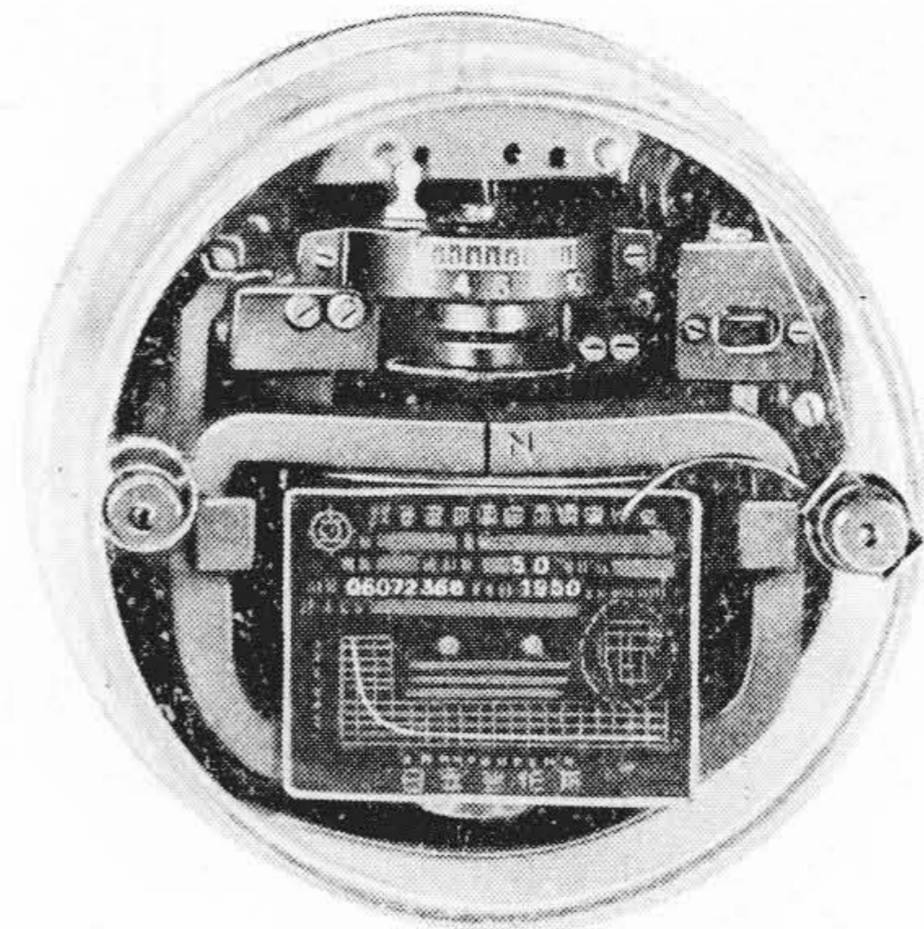
第1図 KRV型 QW式 高速度逆電力継電器  
Fig. 1. Type KRV Form QW High Speed Reverse Power Relay



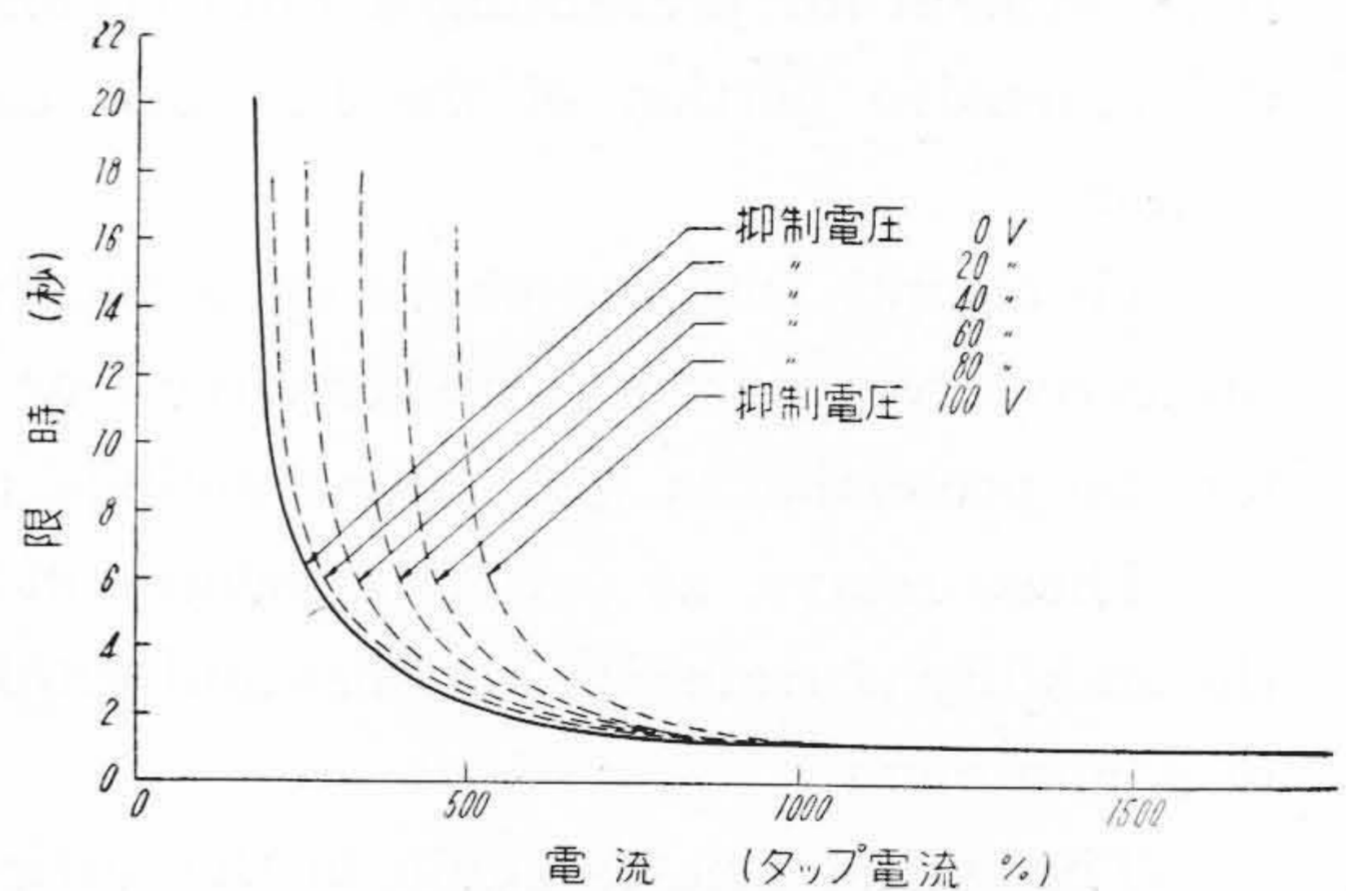
第2図 KRV型 QW式 高速度継電器の電圧抑制特性  
Fig. 2. Voltage Restraining Characteristics of Type KRV Form QW High Speed Relay

本器は限時要素を有していないため1回線送電になった場合は故障の選択遮断が出来なくなる。従つて若しこのような場合多少の限時を許されるならばCM型限時継電器を併用すればよいが、それが許されない場合は後述の高速度インピーダンス継電器を使用するか又は搬送保護継電装置によらなければならない。

本器は又電圧抑制効果を加味しているのので、たとい故障電流が変流器の定格電流より大きくなならないような場合でも確実に高速度動作をする。このような線路に於け



第3図 IOV型 C式 限時過電流継電器  
Fig. 3. Type IOV Form C Overcurrent Relay



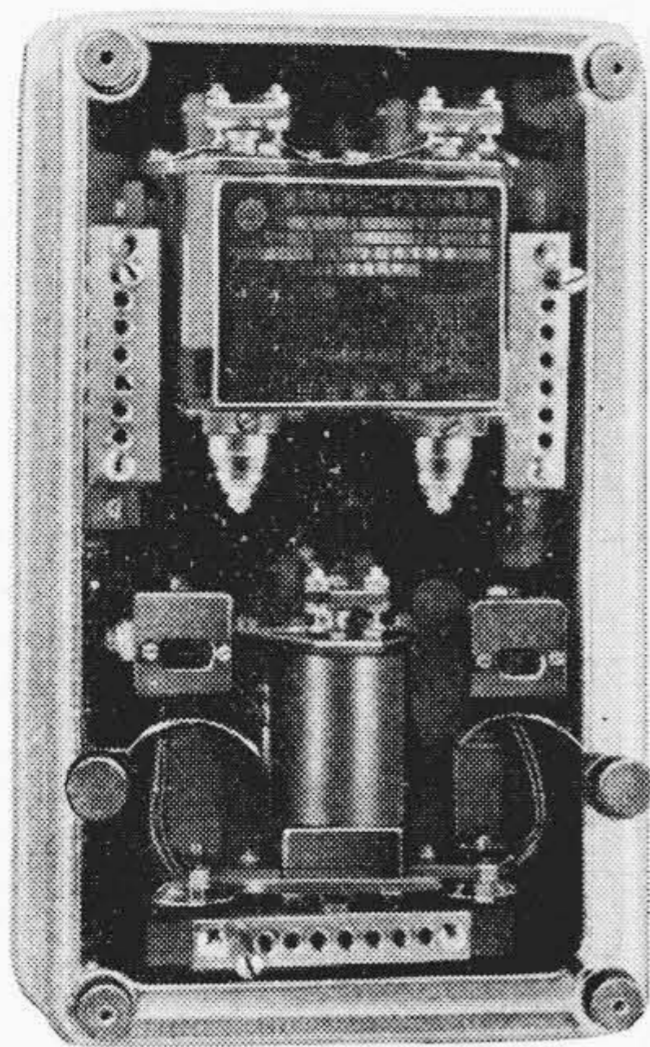
第4図 IOV型 C式 過電流継電器の限時特性  
Fig. 4. Time Characteristics of Type IOV Form C Overcurrent Relay

る後備保護は、同じく抑制付のものでなければならないが、IOV型C式限時過電流継電器はこの目的に製作されたもので、限時を有することと方向性を有しないことの他はKRV型QW式継電器と殆ど同様で、限時レバ-10に於ける抑制電圧と故障電流と動作時間との関係は第4図のようである。最低タップ1.5Aに整定した場合、常時は抑制電圧が110V近く加わっているのので6A以上の過電流が流れなければ動作しないが、故障が発生して抑制電圧が降下するとその故障電流が比較的小さい場合でも殆ど定限時特性で動作する。

(2) AZ型QC式 高速度インピーダンス継電器

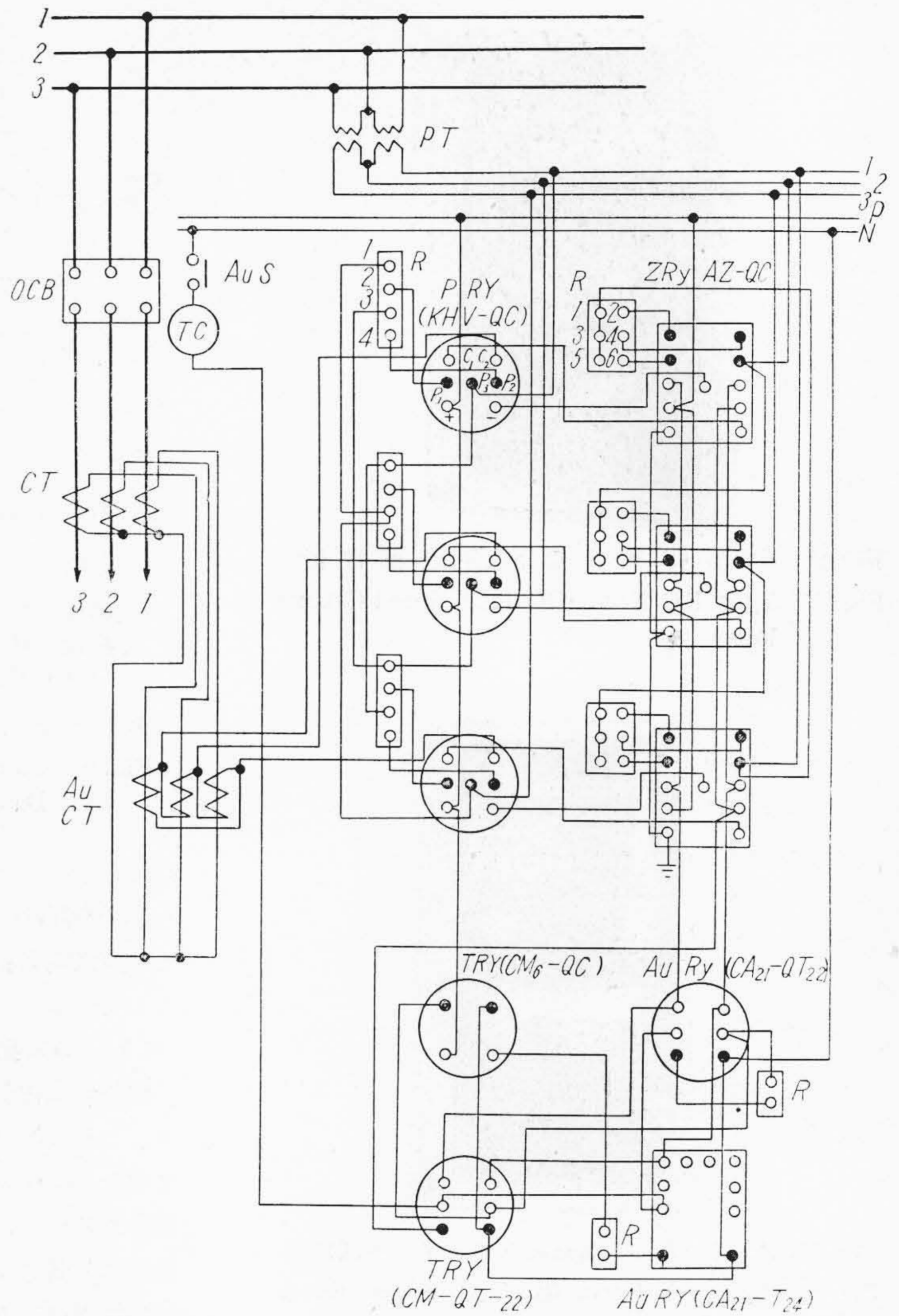
前にも述べた如く1回線送電の場合、KRV型QW式継電器単独では高速度保護は出来ないが、近時急速に進歩を遂げた距離継電器はこの欠点を全く一掃した継電器で、一般の線路の短絡保護にはAZ型QC式インピーダンス継電器が使用される。

この継電器の詳細に就いては先に本誌に発表<sup>(3)</sup>しているので、こゝでは省略するが、本器は継電器設置点に於ける線間電圧とその差電流とから故障点迄の距離を測定



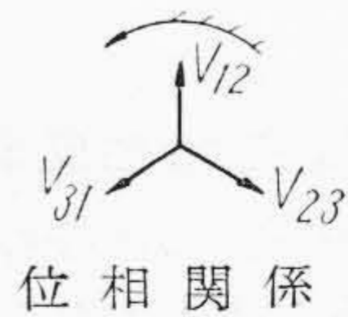
第5図 AZ型 QC式 高速度インピーダンス継電器

Fig. 5. Type AZ Form QC High Speed Impedance Relay



第6図 AZ型 QC式 インピーダンス継電器の外部配線図

Fig. 6. External Wiring Diagram of Type AZ Form QC Impedance Relays



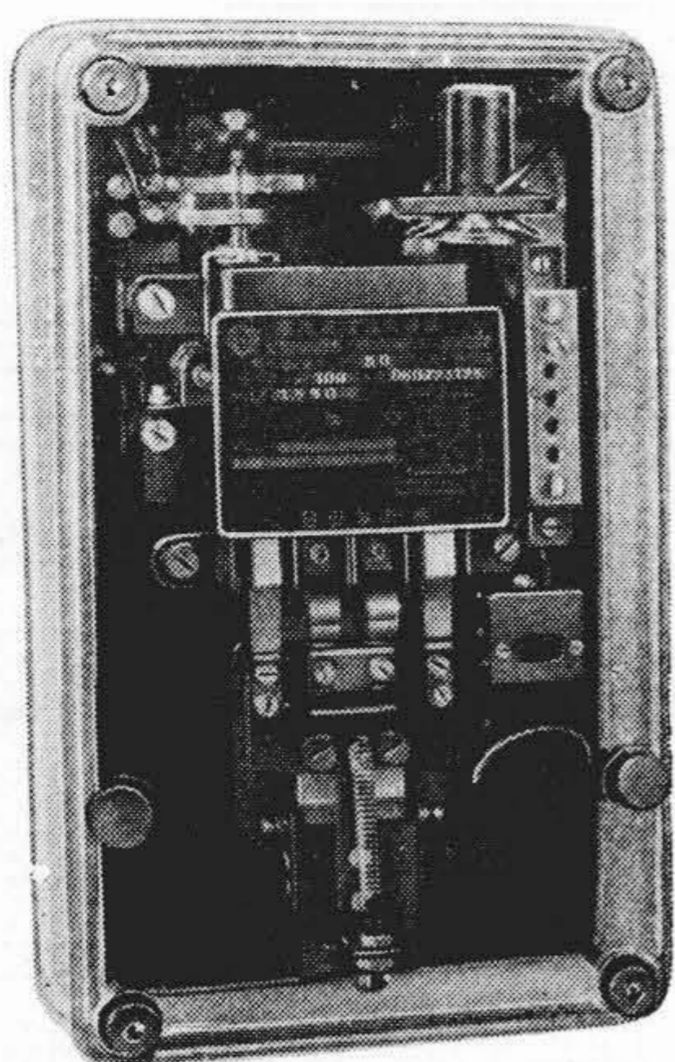
し、若し故障点がその継電器の所定の保護区間内であれば瞬時的に動作して遮断せしむるものであるから、1回線送電の場合でも2回線送電の場合でもそれに無関係に高速度遮断が出来る。従つて構造とか取扱は他の継電器に比し少々複雑であるが、現在の技術に於ては最高級の保護継電器といえよう。

尙本器は方向性をもつていないので別に KHV 型 QC 式高速度方向継電器や故障区間の選択のため CM 型限時継電器を必要とする。第6図はこの外部接続図で、去る昭和27年10月四国電力祖谷ループに於て人工故障試験が行われたが<sup>(4)</sup>、その結果在来の継電方式には得られない優れた性能のあることが確認された。

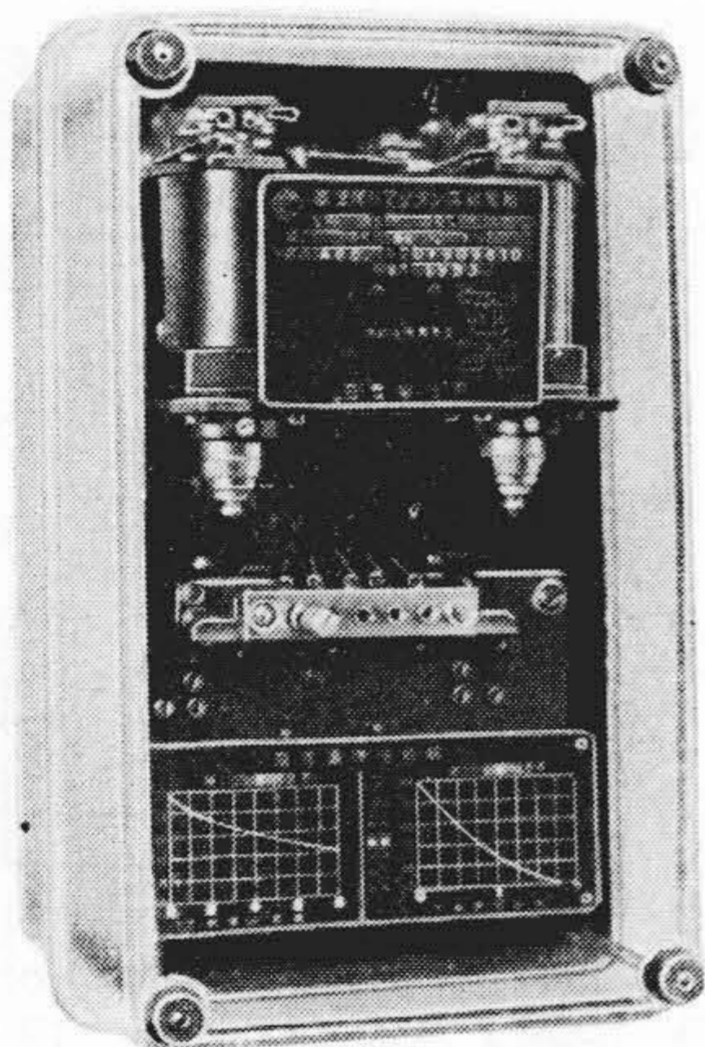
### 〔III〕 接地保護継電器

高抵抗接地系統に於ては一線接地故障時の故障電流が比較的少ないので、短絡故障の如く安定度をおびやかすことは少ない。従つて従来は IG 型 WXL<sub>11</sub> 式限時接地継電器とか IO 型 L<sub>11</sub> 式限時過電流継電器等が使用せられているが、一線接地故障は二線接地故障に移行する可能性があるため、やはり可及的高速度で遮断することが望ましい。

特に最近の如く送電々圧が上昇して来ると故障時の異常電圧を抑えるために中性点直接々地方式が採用せられ、勢い短絡保護と同程度の高速度保護方式が必要となつて来ている。



第7図 KG型QC式高速度接地継電器  
Fig. 7. Type KG Form QC High Speed Ground Relay



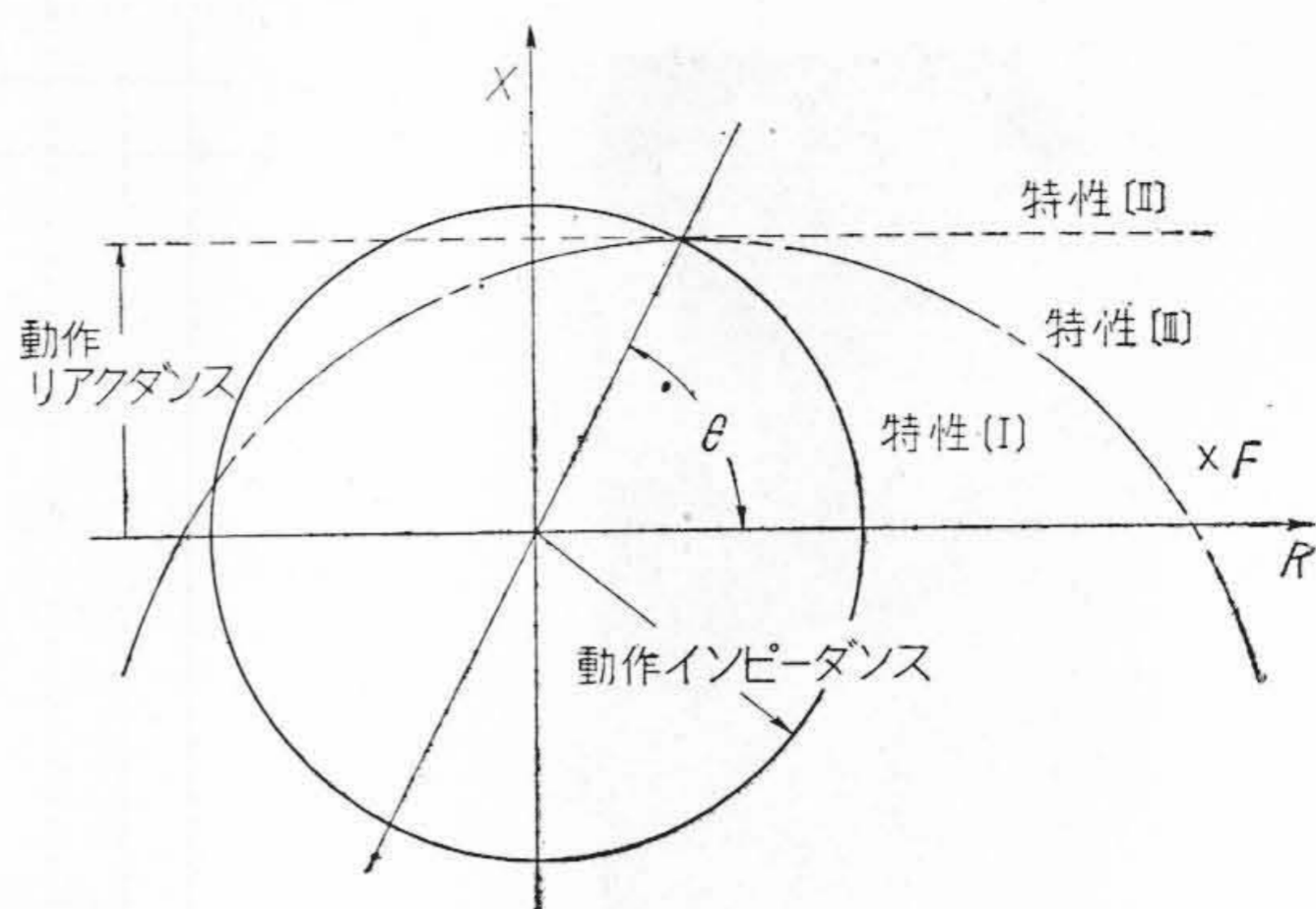
第8図 AX型QC式高速度リアクタンス継電器  
Fig. 8. Type AX Form QC High Speed Reactance Relay

(1) KG型QC式高速度接地継電器

本継電器はKRV型QW式継電器と同様の誘導環型選択要素と直流電源による定限時要素とからなっている。

選択要素は一種の電力継電器で零相電圧による付勢効果をもっているため、故障時の選択性は大きく、3倍の過電流の時0.02sec前後で動作する。選択要素のみで高速度遮断する時は遮断器投入時に於ける三相の不揃いその他に起因する故障類似現象で誤動作するおそれがあるので、本器は2乃至3 $\sim$ で動作する限時要素を内蔵した。これは二次回路の渦流により遅延動作を与えたもので、万一誤つて選択要素が瞬間閉路しても限時要素は動作せず、誤動作を防止する。

本器は零相電圧と零相差電流とによつて並行2回線の差動保護に適しているが、1回線の場合はKRV型QW式継電器と同様CM型限時継電器か又は搬送保護継電装置



$\theta$ ..... 継電器から見た線路のインピーダンス角  
 $\times F$ ..... 平常運転時に於ける継電器から見たインピーダンス  
 特性 [ I ]..... インピーダンス特性  
 特性 [ II ]..... リアクタンス特性  
 特性 [ III ]..... オフセットインピーダンス特性

第9図 距離継電器の特性比較図  
Fig. 9. Comparison of Characteristics of Distance Relays

によらなければならない。搬送継電器としては国鉄千手一小千谷間に使用し好評を博しているが、単独使用としては東京電力和田堀変電所、四国電力松尾川発電所に納入している。

(2) AX型QC式高速度リアクタンス継電器

戦後特に電源の合理的運用が強調せられるようになり、これに伴つて送電々力は増大し、送電々圧は上昇して来た。関西電力新北陸幹線は我国最初の275kV送電線であるが、このような超高压送電線にあつては接地故障時の異常電圧も非常に大きなものになるので、一般には中性点直接々地方式が採用され、従来の高抵抗接地系統に於てはあまり重要視されていなかった高速度接地保護方式が重大な問題になつて来た。即ち中性点直接々地方式の系統では一線接地故障の場合もその故障電流は短絡電流に匹敵した大電流となり、機器損傷の面からも、系統の安定度の面からも又通信線の誘導障害の点からも可及的高速度の遮断が絶対必要な条件とされる。

AX型QC式高速度リアクタンス継電器はこの目的のために製作した距離継電器で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、その故障点が保護区間内にある時は高速度遮断せしむるものである。

本継電器の詳細に就いては本誌に既に紹介<sup>(5)</sup>されているが、一般に距離継電器の特性はその測定インピーダンス  $Z$  を  $Z=R+jX$

に分けて表わされる。第9図はその特性で、インピーダンス継電器にあつてはインピーダンス角 $\theta$ の如何にかゝ

わらず測定インピーダンスは一定であるべきであるから、この特性は特性〔I〕の如く円になる。ところが直接接地系統の接地故障時にあつては故障電流が大地を帰還するので継電器から見たインピーダンスはその影響を受ける。しかもこの大地抵抗は天候、季節により大幅に変動するものであり、且つ純然たる抵抗分と考えられるから、この影響を防ぐため一般に接地保護用距離継電器としては一定のリアクタンスで動作する継電器が使用される。特性〔II〕はこの特性を示し、抵抗分による影響を受けない利点がある。しかしこの場合常時は一般に力率100%近くで運転されるから、その時のリアクタンス分は非常に小さく、同図F点に示す如くその動作範囲内にあり、高速度継電器に於ては方向要素との時間的協調が余程うまく行かないと誤遮断するおそれがある。そこでAX型QC式リアクタンス継電器は特性〔III〕の如くしてある。この特性はリアクタンス特性(特性〔II〕)の特長を出来るだけ活かすと同時にその欠点を逃げたもので、一般にオフセットインピーダンス特性と称している。

第8図は関西電力275kV新北陸幹線の新愛本一成出間の距離搬送保護継電装置の接地距離継電器として納入したものである。

#### 〔IV〕 発電機の巻線保護継電器

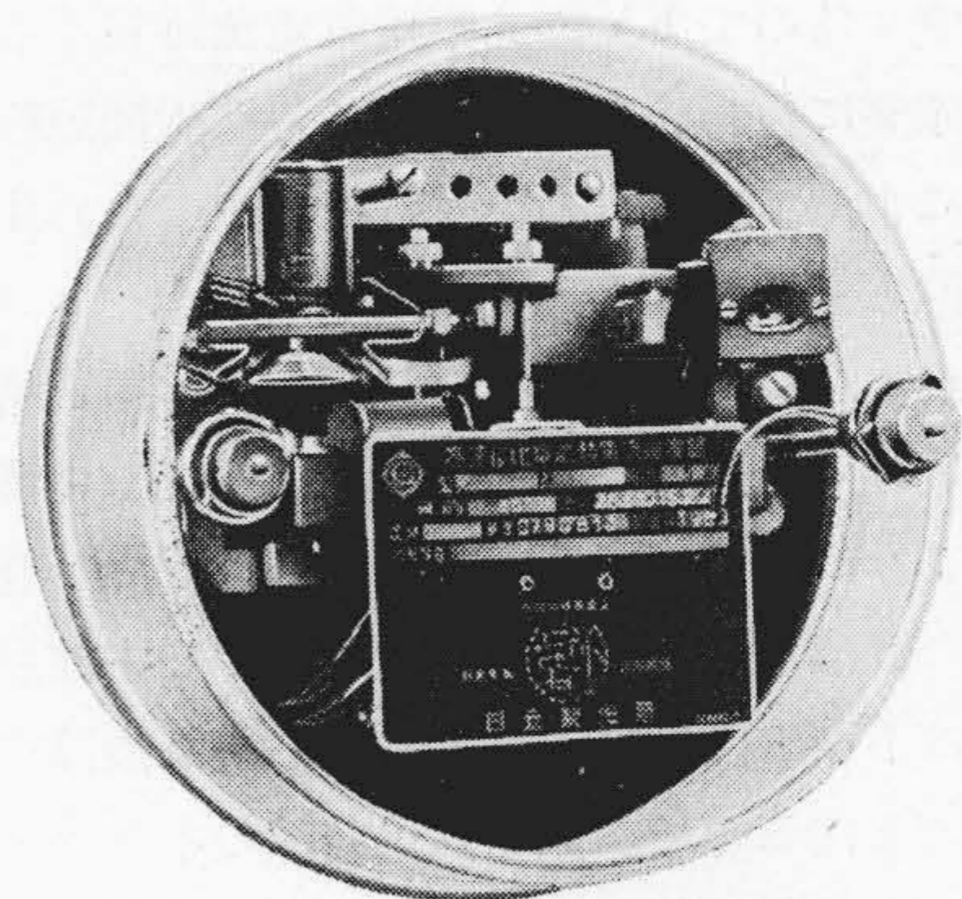
以上送電線の保護継電器に就いて述べたが、発電機の場合に於ても故障は可及的軽微の内に除去されることが望ましく、発電機関係の保護継電器に就いても種々の高速度継電器が開発された。

##### (1) KY型高速度比率差動電流継電器

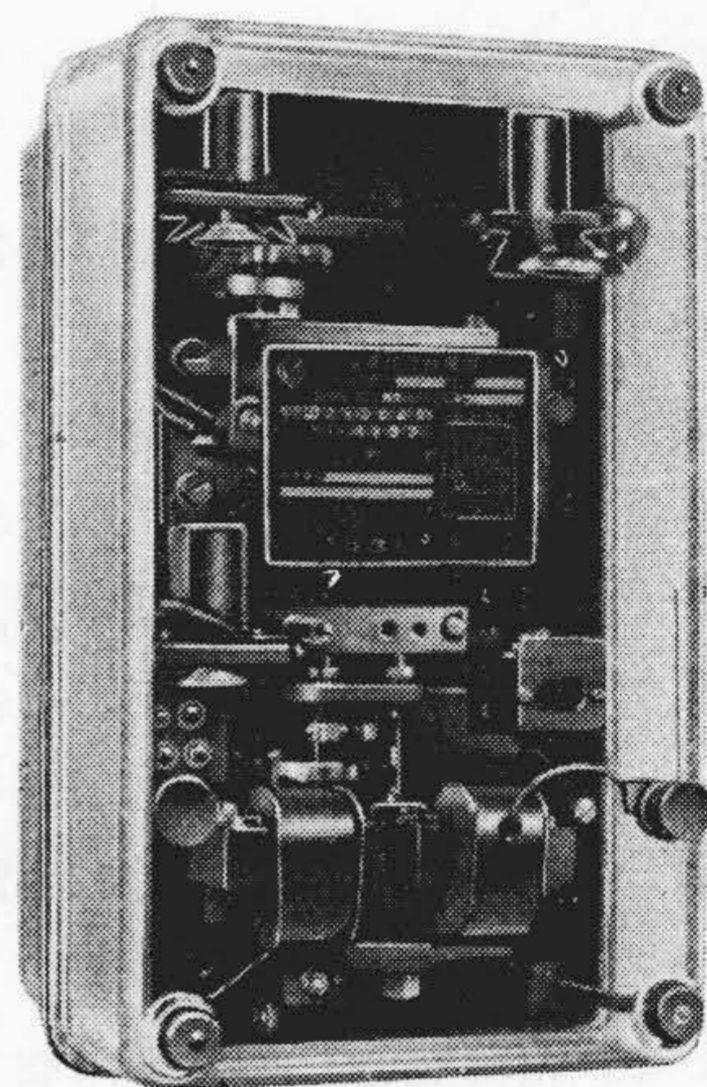
従来発電機巻線の相間又は層間短絡保護にはIY型比率差動電流継電器が使用されており、その性能の優秀なことは広く認められているところであるが、これは誘導円板型の構造であるから動作が遅いことは否めない。ところが発電機に故障が生じた場合も可及的速かに選択遮断しその巻線又は鉄心の損傷を少くすることが望ましいのでIY型継電器を改良したKY型高速度比率差動電流継電器を製作し、北陸電力神通川第一発電所その他に納入した。

本継電器は誘導環型の構造で在来のIY型継電器と特性を同一にし且つこれを高速度化したもので次のような特長を有す。

- (A) 比率差動電流継電器であるから外部故障等によつて大電流が流れた場合にも変流器の特性差によつて誤動作するおそれはない。
- (B) 高速度動作式に適した誘導環型の構造で1〜前後の高速度動作をする。
- (C) 継電器の外形寸法、取付寸法はIY型継電器と



第10図 KY型高速度比率差動電流継電器  
Fig. 10. Type KY High Speed Ratio Differential Current Relay



第11図 KGY型高速度接地継電器  
Fig. 11. Type KGY High Speed Ground Relay

同一であるから、そのまま新型に取り換えることが出来る。

尚本器は28年5月初旬関西電力笠置発電所に於て人工故障試験が行われ、巻線1回の層間短絡の場合も確実に動作することが確かめられた。

##### (2) KGY型高速度接地継電器

発電機の巻線接地保護方式を適用する場合、中性点を如何に接地するかということは継電器の動作上重大な関係がある。即ち接地電流が大きければ大きい程保護は容易であり且つその範囲も増大するが、その反面に於て巻線とか鉄心の損傷の大きくなることは否めない。

この意味から最も適当な接地方式として100A抵抗接地方式を一般に採用している。KGY型高速度接地継電器はこの場合に使用する誘導環型の保護継電器で、接地点が発電機の内部であるか外部であるかを選択する比率要素と中性点接地電流により接地故障の検出をする電流要素とを主体としている。

比率要素は発電機巻線の両側にある変流器の零相回路

に差動接続するので KY 型比率差動電流継電器と同様その選定は確実に行われ、電流要素は外部線間短絡故障時の過電流によつて変流器の相互的特性差のため生ずる故障類似状態と接地故障との判別をする。

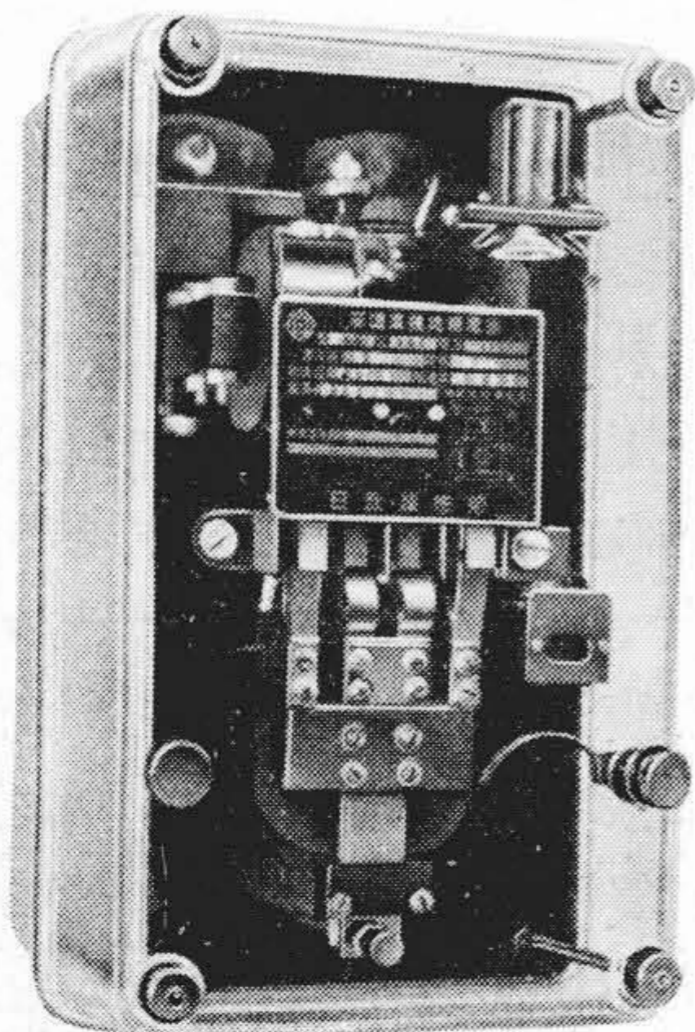
故障点が中性点に接近している場合は零相回路の差動接続点に於ける出力は小さいので、中性点接地電流に附勢されるようになっていく。ところが故障点が巻線の端子側に近づけば前記出力は大きくなるので中性点電流による附勢は不要となり、これはむしろ外部故障の場合誤動作の原因となるので、故障点が巻線の中央から端子側にある時は本器に内蔵した補助継電器と CM<sub>1</sub> 型直流定限時継電器とによつて切り換え操作をするようになっていく。これ等の詳細に就いては別の機会に述べることにし、本器の特長を述べれば

- (A) 感度は極めて良く、巻線の 95% を確実に保護出来る。
- (B) 選択性が良好で、外部故障や短絡故障等により誤動作することがない。
- (C) 両要素共高速度動作式になっているので故障による損傷は軽微に止むることが出来る。

尚本器は去る 5 月 KY 型継電器と同様関西電力笠置発電所に於て人工故障試験が行われたが、その結果巻線の 95% を確実に且つ高速度保護出来ることが実証された。

### (3) KG 型 XQC 式 高速度接地継電器

又ユニットシステムの発電所にあつては 100A 抵抗接地方式に代り、中性点を柱上変圧器で接地する方式が最近採用されるようになってきた。この方式に於ては異常電圧を極力防止するため変圧器の二次に抵抗を挿入するが、等価的には中性点を高抵抗で接地したことと同様になるので、接地故障時の故障電流は極く僅かである。従つて前項のような電流継電器では十分な感度が得られない。



第12図 KG 型 XQC 式 高速度接地継電器  
Fig. 12. Type KG Form XQC High Speed Ground Relay

KG 型 XQC 式高速度接地継電器はかかる場合に使用される継電器で、高感度で動作する電圧継電器と 2 乃至 3 $\phi$  で動作する定限時継電器が内蔵され、巻線の 90% 以上を確実に迅速に保護出来ることが関西電力笠置発電所の人工故障試験によつて認められた。

### 〔V〕 補助継電器

保護継電器の高速度化に伴つて、その補助継電器も高速度動作式のものが要求される。特に搬送保護継電装置にあつては種々の補助継電器を必要とし、その重要性は一層大である。

#### (1) CA<sub>11</sub> 型 QT 式 高速度補助継電器

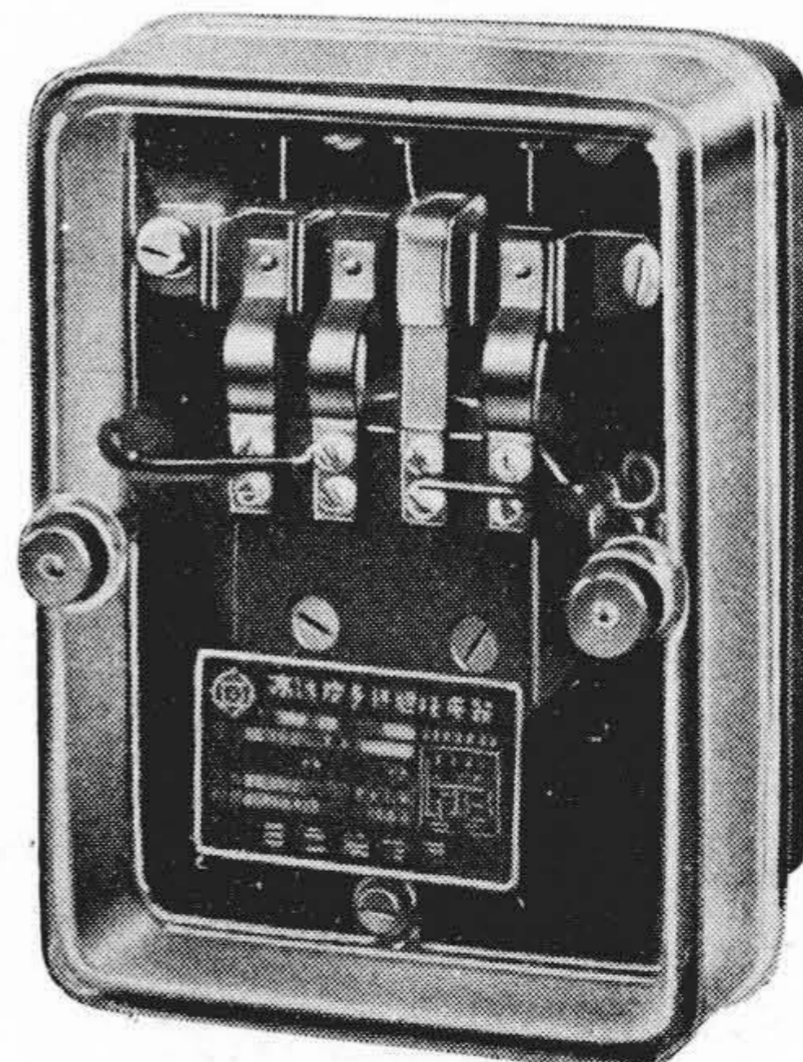
本器は一般の多接触継電器と同様の構造であるが、特に励磁電流の時常数と可動部の動作時間とを考慮して高速度動作を計ると共に所謂チャタリングを防止するため接触機構部を特殊の構造とした多接触式高速度補助継電器で、動作時間は 0.01 sec 以下である。

#### (2) CD<sub>21</sub> 型 QT 式 高速度補助継電器

前項の CA<sub>11</sub> 型 QT 式継電器は線輪が励磁されてから接点が閉路又は開路する迄の時間を特に高速度化したものであるが、本継電器は逆に励磁されていたものが無励磁になつた時高速度動作するようにした。

一般に励磁されて可動鉄心が吸引されている場合は鉄心の空隙が少いので、回路の時常数は励磁前のものより大きくなる。従つて鉄心が釈放される時の復帰時間は吸引する時の動作時間より長くなる。

本器は同一鉄心に 2 箇の線輪を巻き、その 1 つに常に一定の電流を通じて差動式にしたもので、継電器が励磁された時両線輪のアンペアターンは打ち消し合つて動作せず、無励磁になつた時鉄心を吸引して高速度動作するようにしたもので、その動作時間は 0.01 sec 以下である。



第13図 CA<sub>11</sub> 型 QT 式 高速度多接触補助継電器  
Fig. 13. Type CA<sub>11</sub> Form QT High Speed Multi-contact Auxiliary Relay

(3) CA<sub>12</sub>型 YQT式 高速度補助継電器

系統の安定度を高めるため1線接地故障時にあつては単相遮断を行い、更に高速度再閉合を行わせる場合が多い。そのため1回線に対し単相遮断器が3台使用され、且つ高速度遮断方式が併用されるので遮断器の引外し電流は一般のものより大きい。

従つて、短絡故障等により三相を遮断する時は非常に大きな引外し電流が主継電器の接点を流れ、その接触面を損傷するおそれがある。

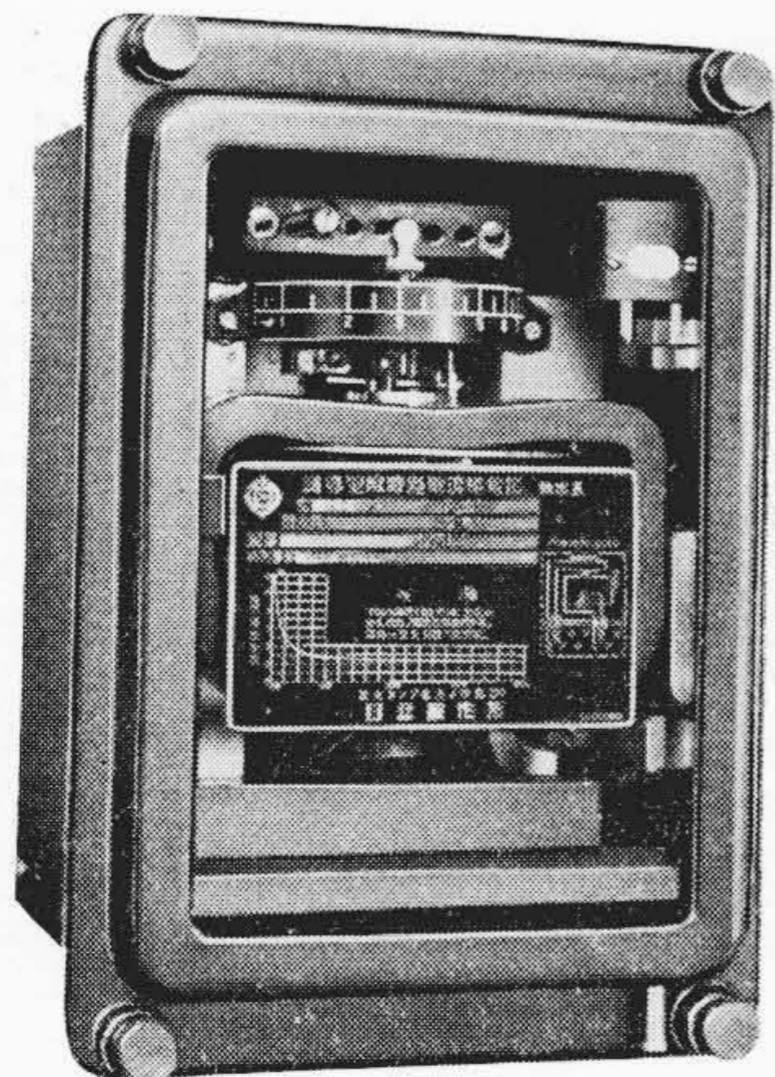
本継電器はこれを防止するため製作したもので、引外し回路に直列に使用出来るよう特に線輪のインダクタンス及び抵抗を小さくし、且つ動作時間を 0.01 sec 以下に高速度化したものである。即ち主継電器の接点回路、引外し線輪と直列に接続し、本継電器の動作によつて主継電器の接点回路を短絡して保護すると共に自己保持する如く接続される。

〔VI〕 引出回転式継電器

従来の継電器は総て表面取付型であつたが、定期的に行われる試験を容易にするため、体裁を一新した引出回転式継電器を製作した。

本継電器は第14図の如く角型半埋込式の構造で内部要素には在来の継電器の内部要素を殆どそのまま使用し、外函関係に特別な工夫を織り込んだもので、次のような特長を有す。

- (A) 外部配線を外すことなく、且つ配電盤に取り付けたまま、内部の点検が出来る。
- (B) 外部配線を外すことなく、継電器の試験が出来る。
- (C) 外部配線を外すことなく、継電器の取り換えが出来る。
- (D) 第14図の如く角型半埋込式で、体裁は日立計器



第14図 引出回転式継電器  
Fig. 14. Draw-Out and Revolving Type Relay

- に合わせてある。
- (E) プラグの引き抜き及び差し込みで内部機構部と外部配線との切り離し及び接続が出来るが、その構造に就いては次のような注意が払われている。
  - a. プラグによる導電部の接触は特に確実にしてある。
  - b. 主変流器の二次回路及び常時閉路接触の回路はプラグを引抜いた時も開放されないようになつている。
  - c. プラグの差し込み、引き抜き等の操作の際誤つてトリップすることのないようになつている。

〔VII〕 結 言

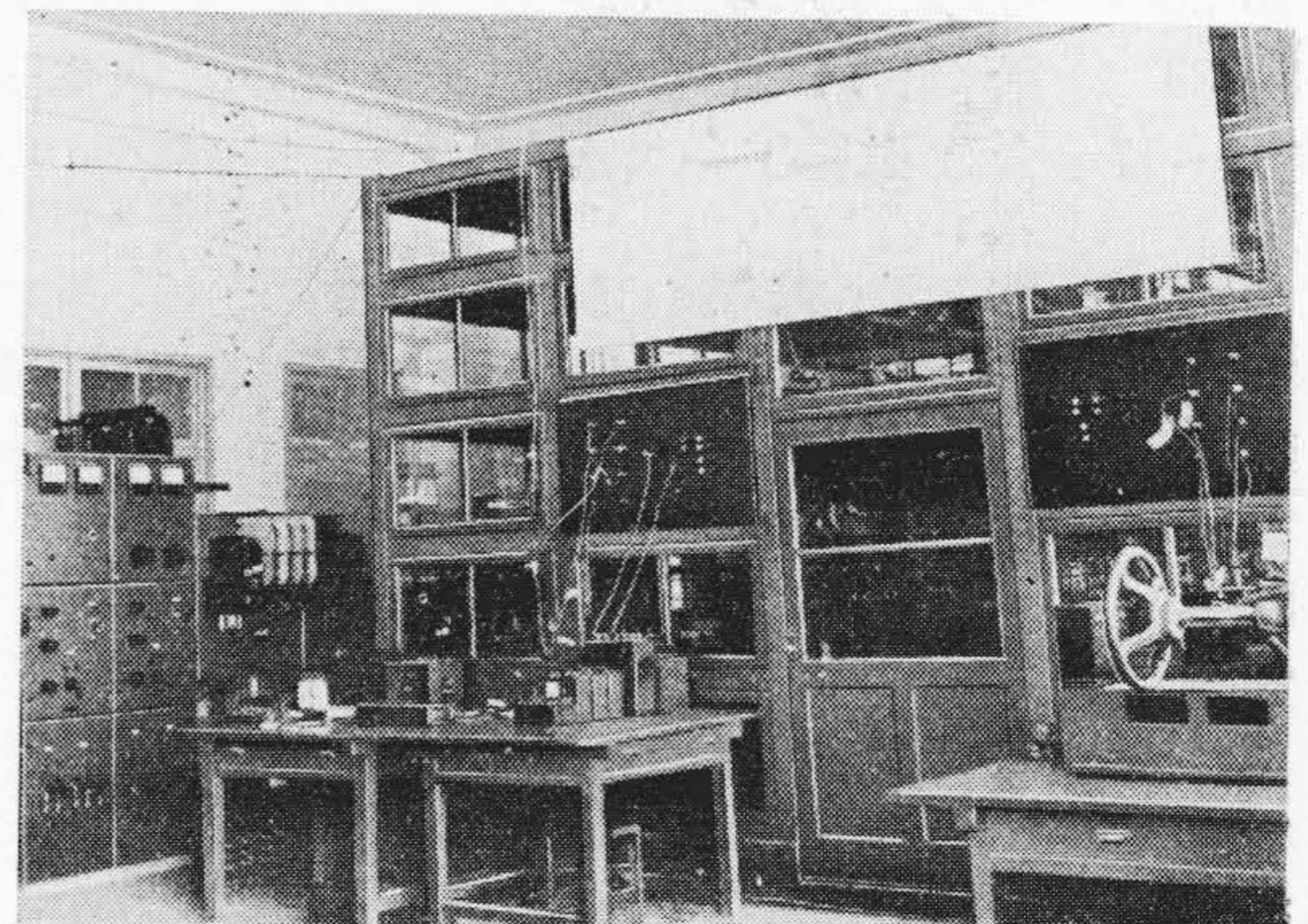
最近に於ける電力技術の進歩は必然的に高度の継電方式が要求せられるようになり、これに伴つて継電器も従来と一変した進歩を遂げつゝある。

特に電力系統の複雑化は、一層継電器に高速度化を必要として来たが、一連の高速度継電器の開発は継電方式や高速度遮断器の進歩と相俟つて、飛躍的に高速度遮断方式を進歩せしめ、電力系統の安定度は一段と高められた。

又発電機関係も送電線と同様高速度保護方式が確立され、去る5月初旬関西電力笠置発電所に於ける人工故障試験の結果はその優秀な性能が確認せられたのみならず又故障による鉄心、線輪等の損傷は極めて軽微であることがわかつた。

又最近は容易に継電器の点検、試験が出来る引出回転式継電器を開発し、各般の御要望に応じている。

日立製作所は優れた性能を有し且つ信頼度の高い継電器を市場に送るべく努力すると共に不断の研究により絶えず日立独特の継電器開発に渾身の努力を払つている。



第15図 模擬送電線  
Fig. 15. Model Transmission Line

又第15図は日立研究所に設置した模擬送電線で、関西電力 275 kV 新北陸幹線用継電器を初め各種の継電器試験に使用し、その偉力を発揮している。

尙本文では最近に於ける日立継電器の概要に就いて述べたが、更に需要家各位の御指導と御鞭撻とにより一層優れた継電器の開発を念願するものである。

## 参 考 文 献

- (1) 猿渡：日立評論 33 605 (昭 26)
- (2) 藪野、森山、川井：日立評論 31 29 (昭 24)
- (3) 猿渡：日立評論 34 939 (昭 27)
- (4) 乾、西堀、広吉、猿渡：日立評論 35 1043 (昭 28)
- (5) 猿渡、渡井：日立評論 35 1569 (昭 28)

日立製作所社員社外講演一覧表 (昭和28年9月分受付)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
10/31 11/7~8 "	日刊工業新聞社 熔接学会 熔接学会	最近の集塵装置と効果 車輛用高抗張力鋼の研究 不銹鋼の自動熔接	日立工場 笠戸工場 日立研究所	橋本清隆 小林年夫 小野健二 渡辺二潔
11/7~8	熔接学会	耐蝕熔接棒の研究(18Cr-8Ni-Cb 熔着鋼の機械性、耐蝕性並びに組織に及ぼす添加元素の影響)	日立研究所	小野健二 渡辺二潔
9/16	日本能率協会	外注計画、外注単価のきめ方	亀戸工場	近藤政太郎
10/下旬	日本化学会	熱天秤による高分子物質の研究(第7報)(塩化ビニル、酢酸ビニル共重合体及びヘテロ重合体)	日立研究所	津久井陸郎 鶴田四郎
10/下旬	日本化学会	熱天秤による高分子物質の研究(第8報)(ポリ塩化ビニル及びポリ酢酸ビニルの熱分解に対する一考察)	日立研究所	鶴田四郎 井上比呂
10/31~ 11/2	全日本産業安全連合会	鑄造工場に於ける災害減少対策の一例	桑名工場	多田辰雄
10/31~ 11/2	全日本産業安全連合会	個人を対象とした災害対策への発展	笠戸工場	小野見雪
11/中旬 9/26	電子顕微鏡学会 電子顕微鏡学会	レプリカ法の諸問題(特に解像度に就いて) 電子顕微鏡レプリカの解像度に就いて	中央研究所 中央研究所	土倉秀次 土倉秀次
11/中旬 9/19	電子顕微鏡学会 鹿島建設調度部機械課	電子レンズの色収差に就いて 産業機械用電動機に就いて	中央研究所 亀戸工場	土倉秀次 友貞陸夫
10/20	日本機械学会	往復動圧縮機の取扱法と試験法	川崎工場	印牧宗一郎
10/23	稀元素研究会	チタンの二次電子放射抑制効果について	茂原工場	北川賢司
10/10~17	合成樹脂工業協会	フェノール樹脂の硬化反応(続報)(未反応フェノールの影響に就いて)	日立研究所	古賀弥郎 鶴田四郎
10/7	電気試験所	絶縁油に関する二三の問題	日立研究所	高橋治男
10/3	日本鋳業 K. K.	タービン潤滑油の特性及び日本鋳業タービン油の批判	日立研究所	高橋治男