

最近における継電器の進歩

Recent Improvement of Relays

西 堀 博*

Hiroshi Nishibori

猿 渡 房 吉**

Fusakichi Saruwatari

内 容 梗 概

大容量の電力系統を円滑に運営するため日立継電器はもつぱら高速度化に向つて進歩発達してきたが、さらに最近では配電盤の縮小化、継電器保守の簡易化、系統擾乱の積極保護化に向つて新しい継電器が開発された。

本稿においてはこれらの目的のために開発された

三相保護継電器、小型補助継電器、多性能継電器

引出回転型継電器試験用テストプラグ

同期はずれ継電器および界磁喪失継電器

などについてその概要を述べる。

1. 緒 言

電力系統の規模がますます大きくなつた昨今においては、搬送保護継電装置や表示線保護継電装置の進歩発達に並行して各種目的に適した保護継電器が開発され、線路および機器の保護に対する信頼性が高まるとともに系統の安定度向上に寄与してきたが、他方これらの機能をいつそう向上し、電力需給の確保を期するため継電方式は非常に複雑になり、配電盤における継電器の使用個数が多く、継電器盤の大きくなる傾向が最近特に顕著になつてきた。日立製作所はこの対策として、三相保護継電器、小型補助継電器および多性能継電器などを開発し、その一部はすでに電源開発株式会社佐久間発電所その他の最新式発電所に納入し、好成績のうちに運転されている。

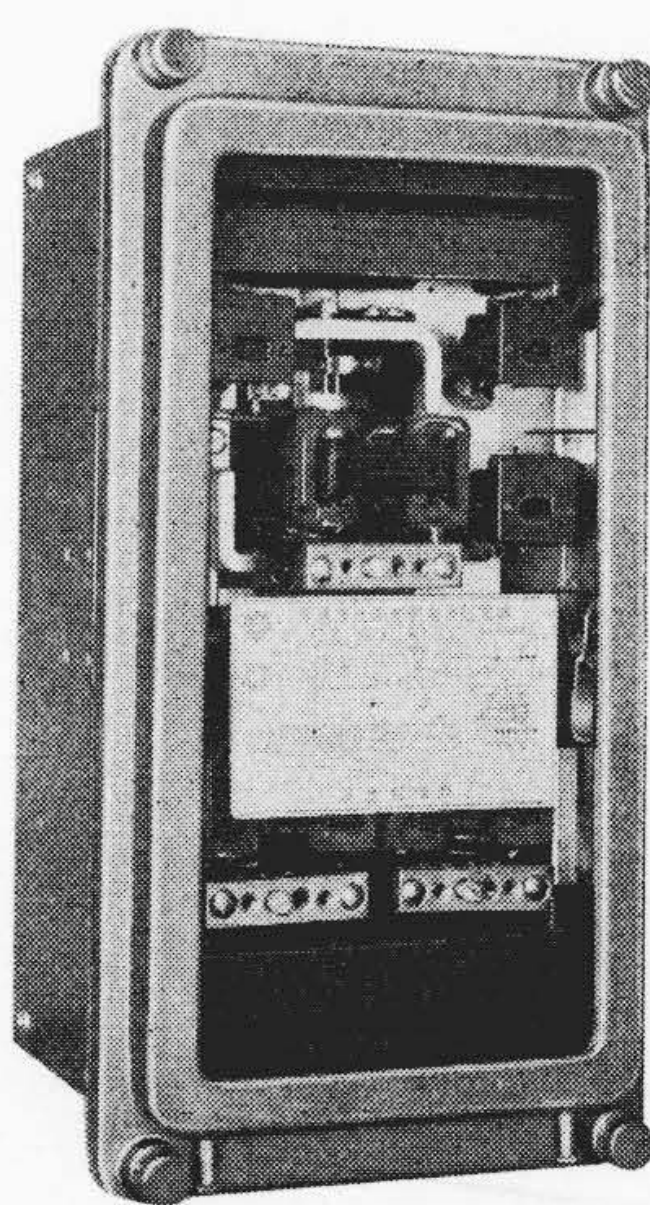
一方、保護継電器の取り扱いを便利にして、その機能の点検および試験を容易にするため、引出回転型継電器の全面的開発を計るとともに埋込型継電器への統一を計り、配電盤の体裁はまったく一新された。

中性点の高抵抗接地方式を主として採用しているわが国においては必然的に高感度、小勢力式接地保護継電器が必要とされるが、これらの継電器を改良し、保護の信頼性をいつそう高めた。

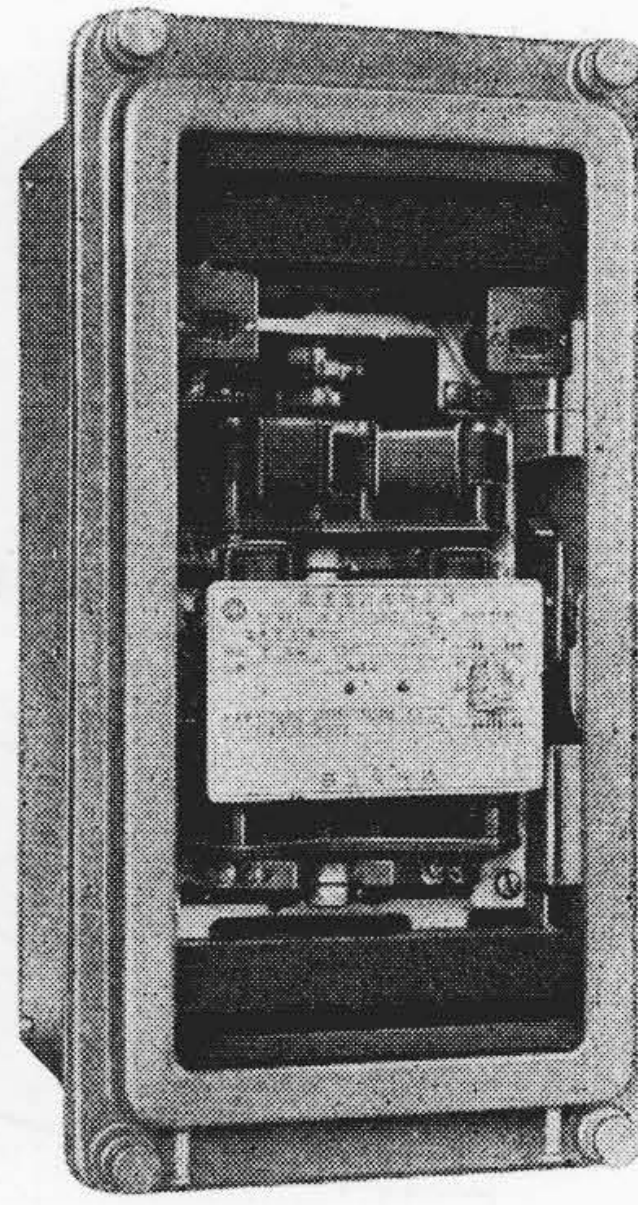
そのほか、同期はずれ継電器、再閉路継電器などの系統擾乱防止用継電器も開発されてきているが、本文においては主として日立継電器の最近における動向について述べ、あわせて諸賢の御批判をえたいと考える。

2. 継電器を小型化すること

継電器を小型化して配電盤の縮小を計ることは重要な課題で、特に最近のように複雑な継電方式が必要とされ



第1図 KY3型 A式
発電機用高速度比率
差動電流継電器



第2図 KH3型 W式
高速度方向継電器

る場合においてその効果が著しい。

2.1 三相保護継電器

従来は单相保護継電器を3個使用し、三相回路の短絡保護を行つてきたが、三相式継電器を使用すれば三相に対し1個ですみ、これを配電盤占有面積で比較すると約1/2.5となり、盤面縮小に役だつことが大である。

三相保護継電器には

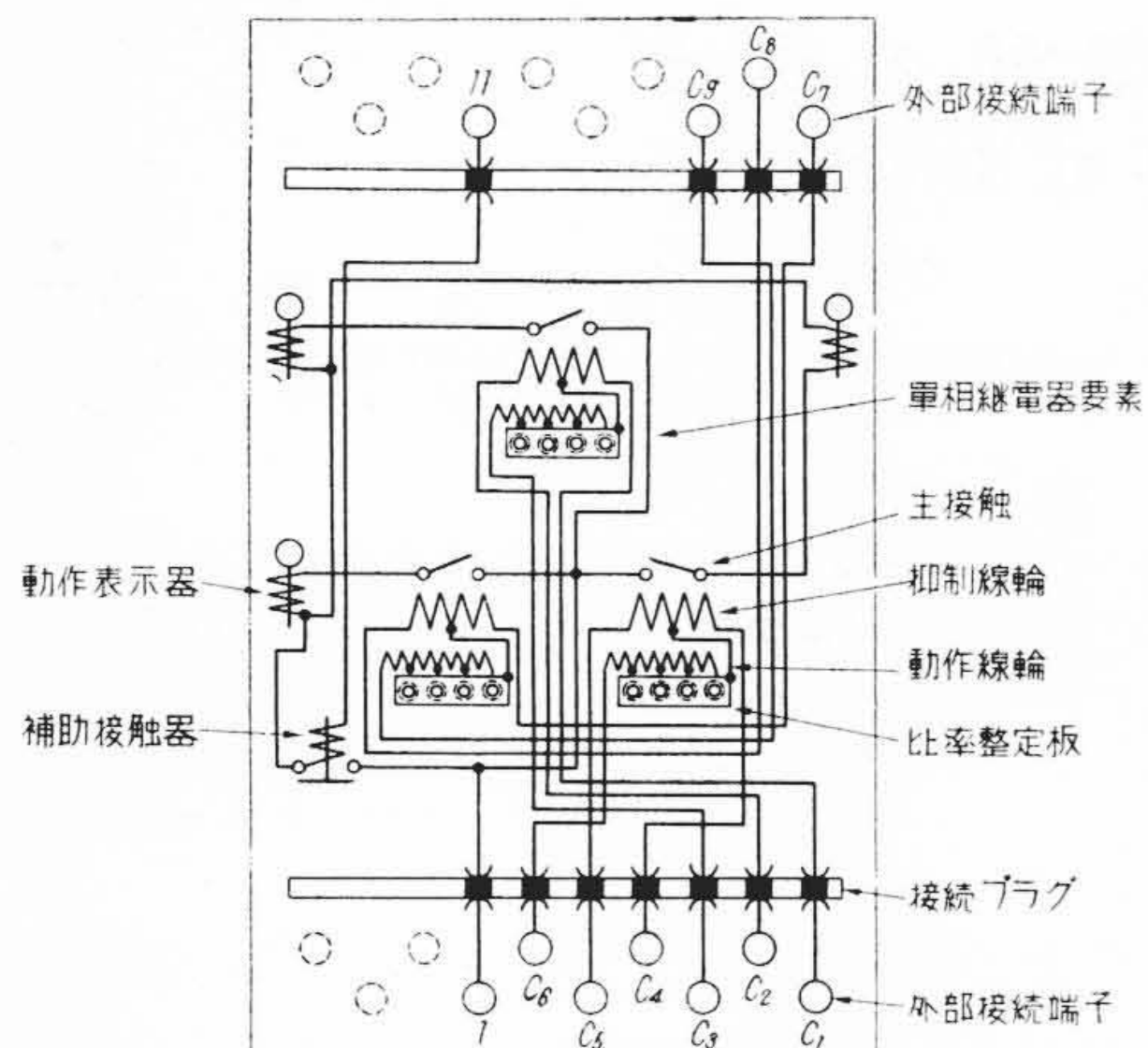
- (1) 单相継電器の要素を小型化して一つの箱に3個納める方式
- (2) 1個または3個の継電器素子を一つの継電器要素とし、三相の入力に応動する方式

の二方式が考えられ、第1図はKY3型A式高速度比率差動電流継電器で前者に相当し、第2図はKH3型W式高速度方向継電器で後者に相当する。

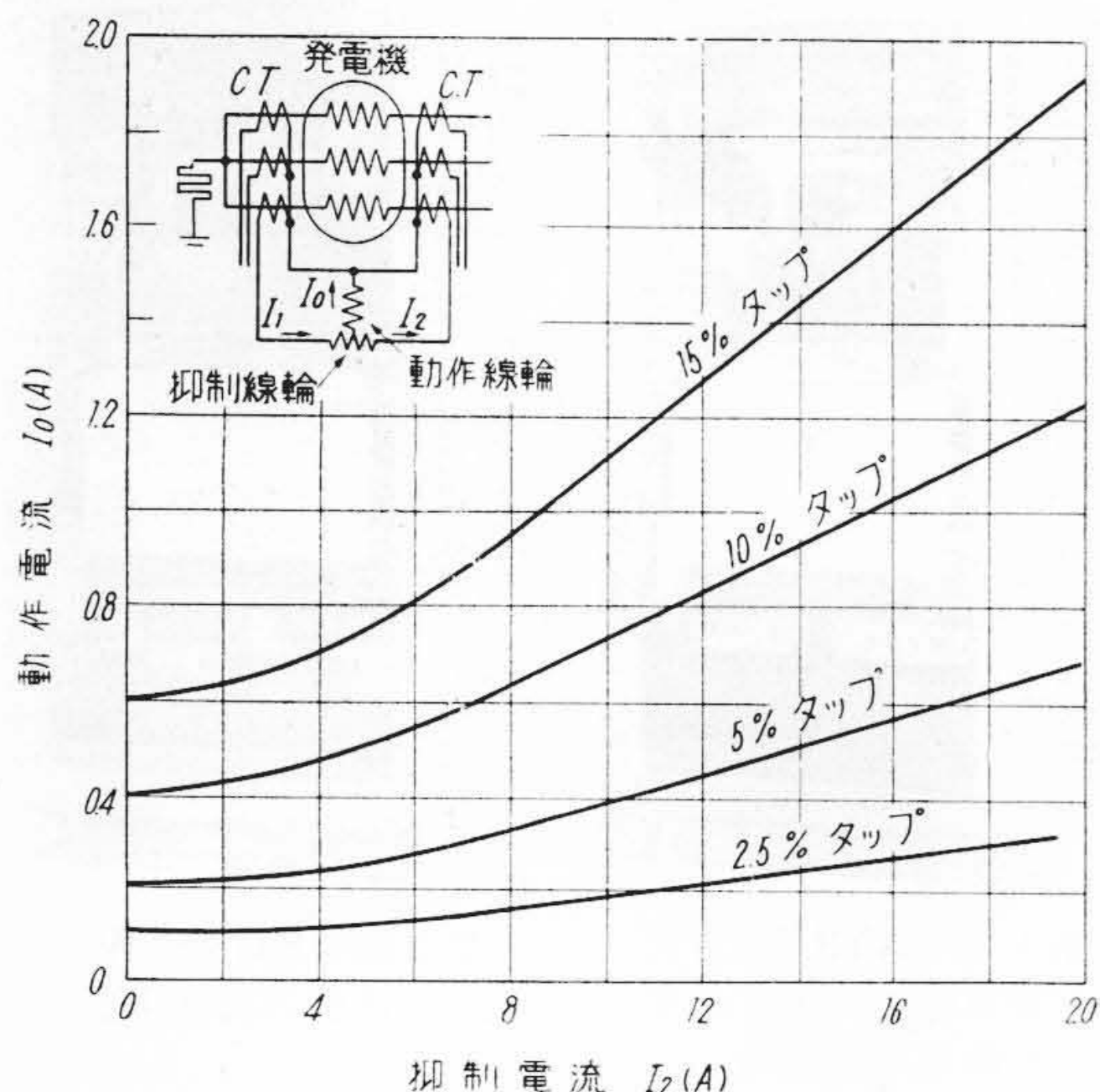
三相保護継電器についてはすでに本誌⁽¹⁾で詳細論述してあるので、ここではその代表的なものの概要について

* 日立製作所日立研究所 工博

** 日立製作所多賀工場



第 3 図 KY3 型発電機用比率差動電流継電器
内部接続図



第 5 図 KY3 型発電機用高速度比率差動電流
継電器比率特性

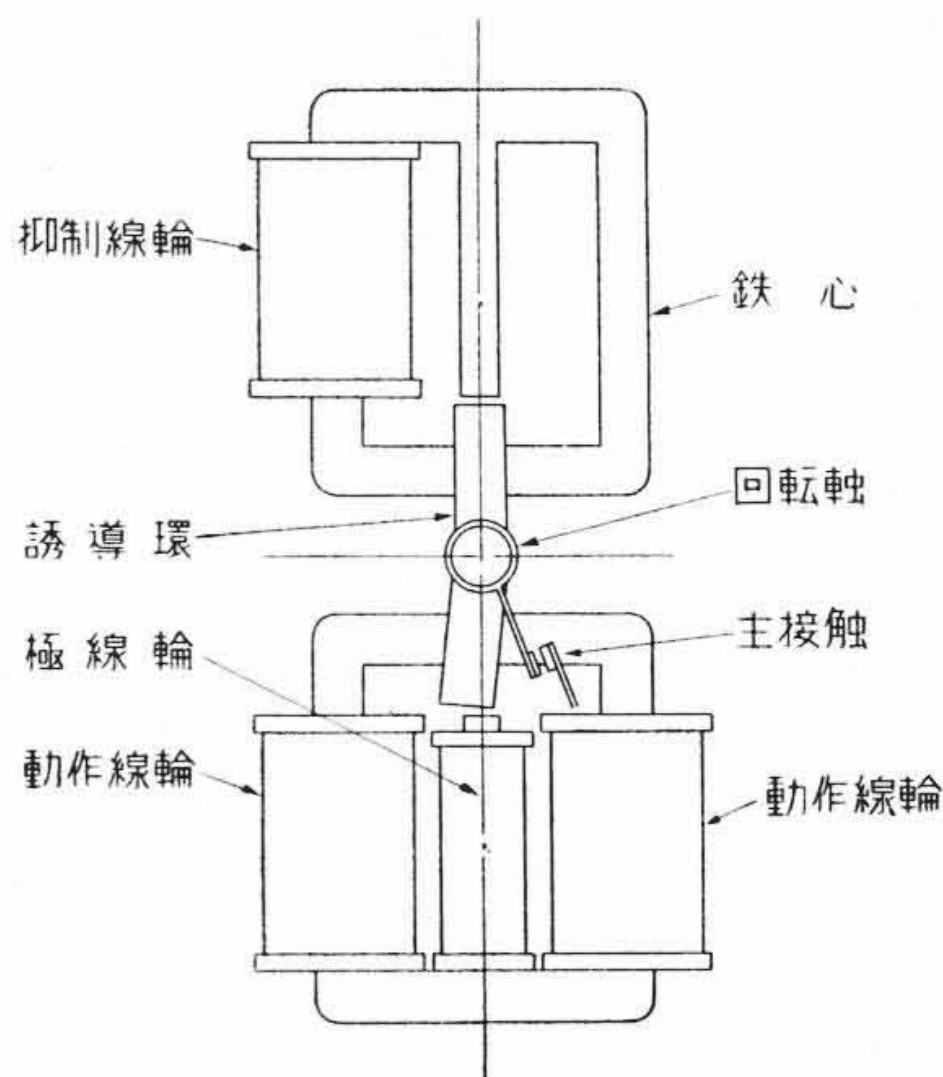
のみふれることにする。

2.1.1 KY3 型高速度比率差動電流継電器

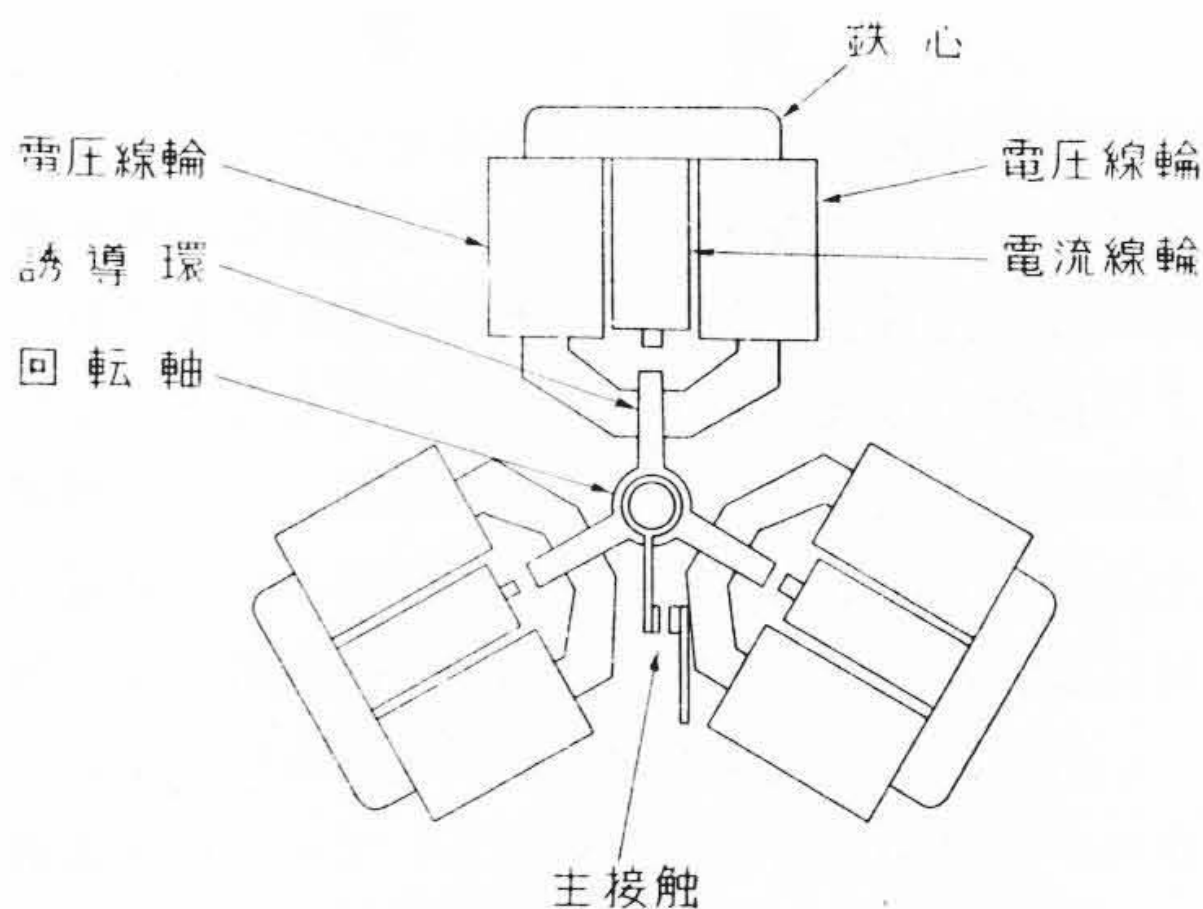
第 3 図はこの継電器の内部接続図で、単相式小型比率差動電流継電器 3 個が一つの箱に納められている。その 1 要素の構造は第 4 図のようで、従来の単相式 KY 型高速度比率差動電流継電器の要素に比較するとはるかに小さくなっている。

第 4 図で抑制線輪は変流器二次電流により、動作線輪はその差動電流により励磁され、かつそれぞれによる駆動回転力は互に相反するようになっているから、従来の KY 型継電器と同様、動作電流は第 5 図のような比率特性を有している。

この型のように単相の要素を 3 個組込んだ三相継電器はそれぞれの継電器要素が単相継電器として独立してい



第 4 図 KY3 型高速度比率差動電流継電器
要素構造説明図



第 6 図 KH3 型高速度三相方向継電器要素構
造説明図

るため、感度整定に際し特に三相継電器として考慮を払う必要なく、従来の経験がそのまま適用できて取り扱い上不便がない。

2.1.2 KH3 型 W 式高速度方向継電器

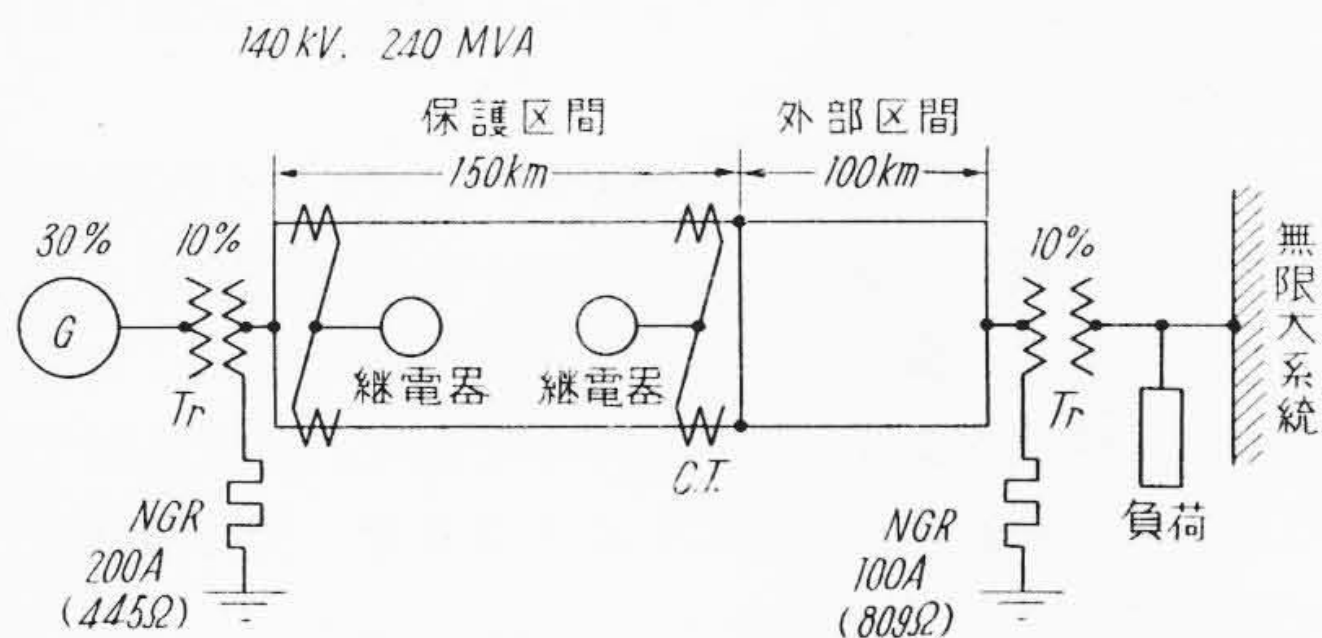
第 6 図は小型三相方向継電器要素の構造図で、本継電器はこの要素 2 個を一つのケースに収めてあり、並行二回線式送電線の選択短絡保護継電器の方向継電器として使用される。すなわち本器の継電器要素は各相の線間電圧により励磁される電圧線輪と各相の線電流により励磁される電流線輪とによつて駆動される小型方向継電器素子の三相分を一つの回転軸に結合させ、その総合回転力で動作するようになっている。

各相素子の回転力を T_a , T_b および T_c とすると、総合動作回転力 T_0 は

$$T_0 = T_a + T_b + T_c$$

で示される。また各素子に生ずる回転力 T は誘導環電流を発生させる電圧 E 、極磁束を発生させる電流 I とそのおくれ角 θ に関係し

$$T = k E I \cos(\delta + \theta)$$



第7図 模擬送電線におけるKH3型継電器試験系統図

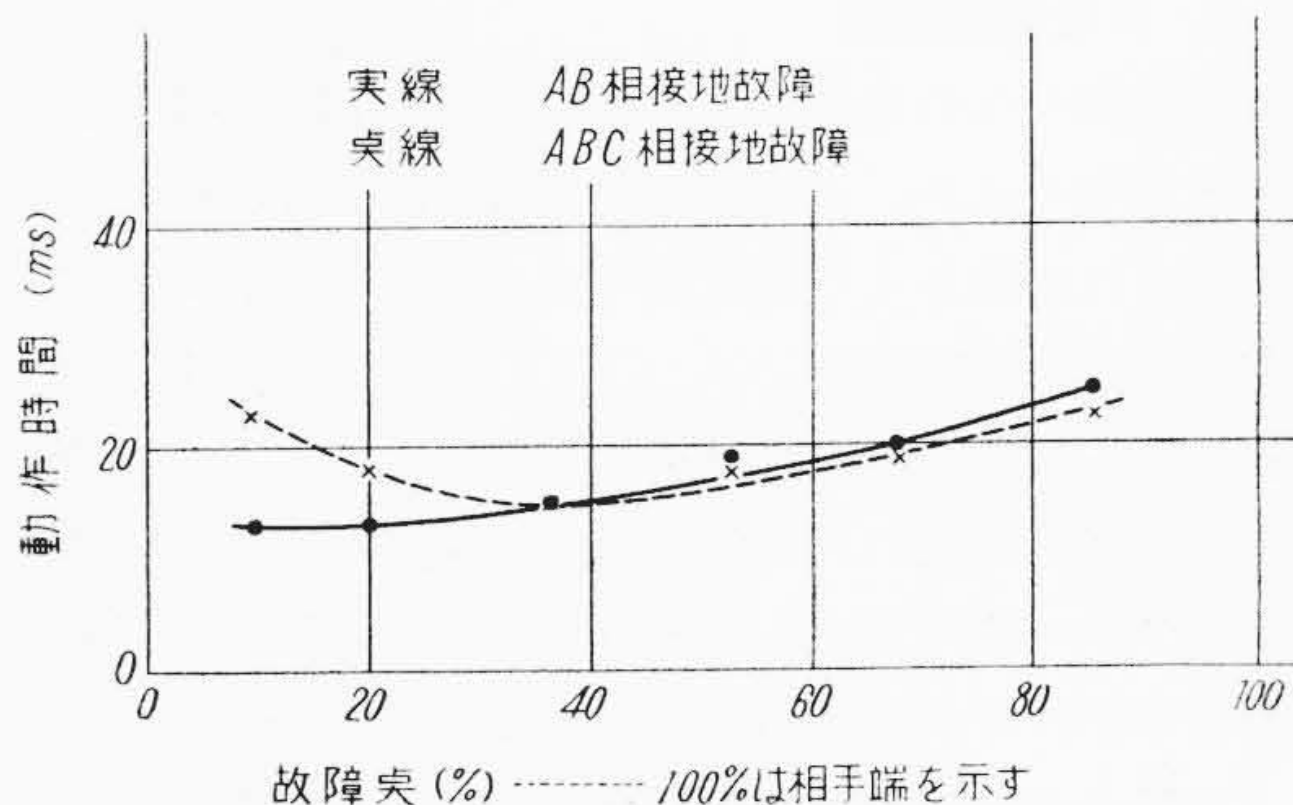
で与えられる。ここで k および δ は継電器により定まる定数で、 δ は最大回転力を生ずるときの力率特性角を示す。すなわち故障時の位相角 θ と継電器の移相角 δ とにより回転力 T は正または負の回転力になる。ところが、位相角 θ は故障条件により種々の値がとられるので、これを理論的に検討し、電圧と電流との接続方式を90度進みとし、継電器の移相角 δ を15度進みに選定し、この動作を第7図の模擬送電線による試験系統で確認した。

この結果、2線接地故障、3線接地故障とも正規の選択動作をし、また動作責務外であるが一線接地故障においても同様であることが確められた。このときの動作時間は第8図のとおりである。

以上单相継電器3個を一つの箱に組込んだ方式の一例と三相総合回転力による方式の一例について述べたが、このほかすでに本誌に発表⁽¹⁾したようにKHV3型高速度方向継電器、KOV3型高速度過電流継電器、KV3型高速度電圧継電器など各種の三相継電器が開発され、電源開発株式会社佐久間発電所や中部電力株式会社新大高変電所など最近の発電所に納入され、それぞれ好成績にて運転されている。

2.2 小型補助継電器

電力用多接触式補助継電器は一般条件として少なくとも接点の通電容量5A、遮断能力DC 100V 1A(100VA)、絶縁耐力2,000V 1分間の特性を必要とされ、従来この性



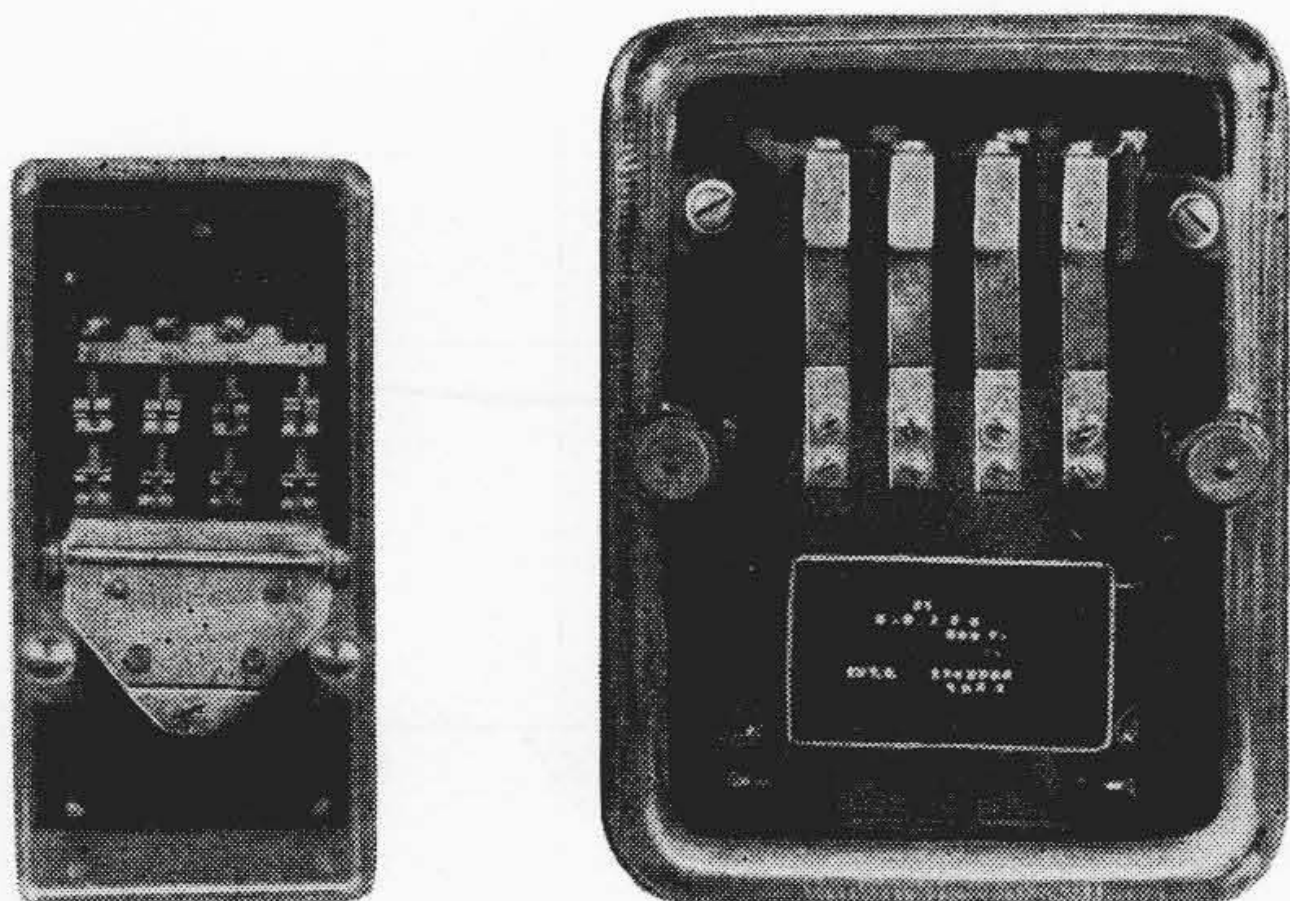
第8図 試験系統によるKH3型継電器の動作時間

能に適した継電器が使用されてきた。

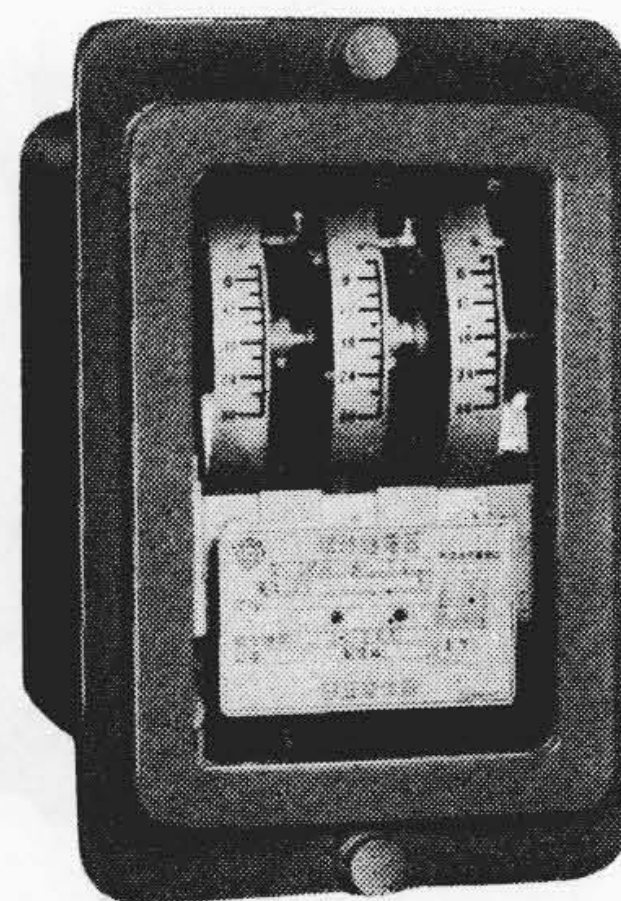
しかしながら、在来の補助継電器は概して大きく、多数の継電器を組合せ使用される最近の複雑な継電方式にはやや適正を欠くきらいがある。

日立製作所はこの点にかんがみ大きさを大幅に縮小したA型小型補助継電器を開発した。第9図はこれと在来のCA型継電器との比較写真で、次のような特長を有している。

- (1) 継電器の取り付け面積が $1/2$ 以下になったため、配電盤占有面積が大幅に節減された。
- (2) 小型のためプラグ式が容易(第9図はプラグ式になっている)であるばかりでなく、通信用継電器のように製品の一部に組込むこともできる。
- (3) 接点間の間隙が配電盤の正面から見られるので保守が容易である。
- (4) 在来の4c接点に比較し、4a+4b接点になっているため、制御回路を構成するのに便利である。
- (5) 接点圧力が一定のバネ張度により決定されているため、接触が確実で100万回の動作試験を行つても接触抵抗の変化がほとんどない。
- (6) 継電器の入力が変化しても可動接点の駆動速度が変化しないので、チャタリングがほとんど生じない。



第9図 A型多接触継電器とCA型多接触継電器



第10図 CM₃₀型多段式直流定限時継電器

2.3 多性能継電器

配電盤縮小化のためには三相保護継電器や小型補助継電器の開発のほか、継電器の多性能化が計られた。最近開発された数多くの継電器の中から、この種に属する CM₃₀ 型定限時継電器について以下その概要を述べる。

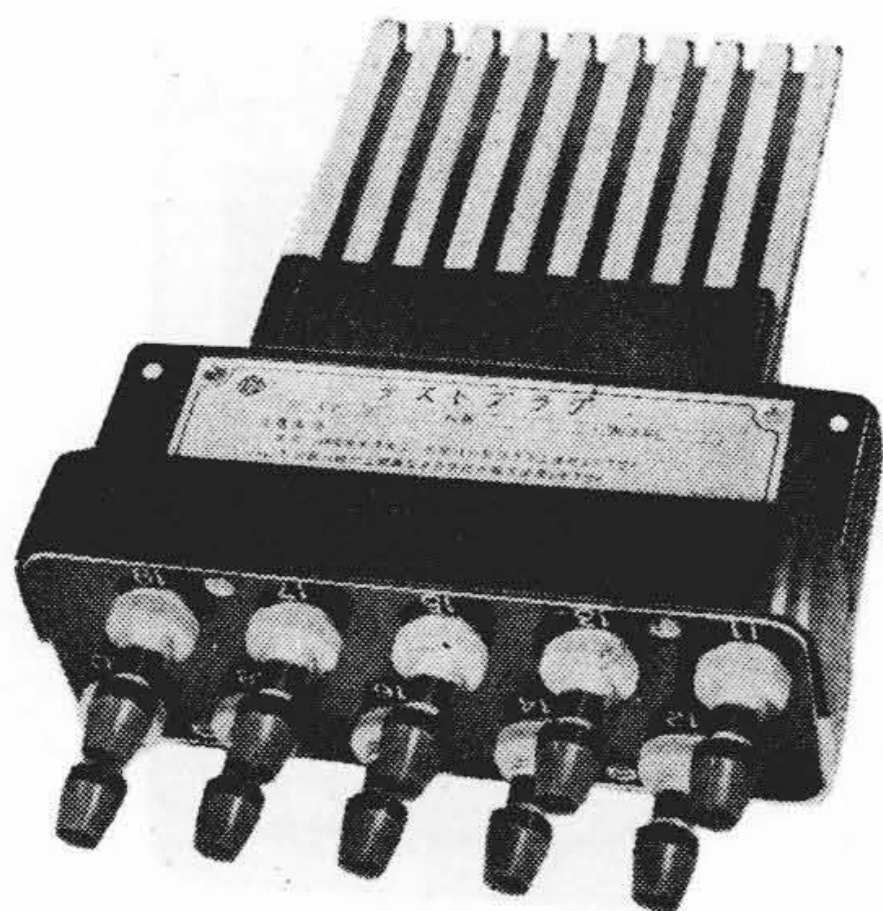
わが国送配電線の中性点接地方式としては超高圧送電線の直接接地方式、140kV 級の高抵抗接地方式、60kV 級のリアクトル接地方式、3kV 級の非接地方式など各種方式のものが、それぞれの特長により取り入れられているが、リアクトル接地方式の系統において一線接地故障が自然消弧されない場合、一定時間のうち、並列抵抗を挿入し、接地継電器の選択遮断に頼る方式が一般的にとられている。

第 10 図はこの目的に使用する CM₃₀ 型多段式直流定限時継電器で、共通の駆動部をもつた 3 個の限時整定機構を有し、それぞれは独立した限時整定ができるようになっていて、最大整定可能限時は 30 秒で、直流の入力をバネの伸張エネルギーに瞬時的に変換し、この復旧力によつて時計機構を回して、所定の動作を行わせるため、限時は正確であり、電源電圧の影響を受けず、また接点機構にはカムとマイクロスイッチを使用しているので接触は確実である。またそれぞれの限時接点は c 接点になっているため、a 接点として使用することも、b 接点として使用することも可能である。

3. 保護継電器の保守点検を容易にすること

保護継電器は系統が正常に運転されている場合動作せず、その線路または機器に故障があつたとき初めて動作して、所定の機能を発揮しなければならないので、継電器の機能を定期的に点検、試験しておくことが必要である。このため数年前に引出回転型継電器を開発して取り扱いの便を図つた⁽²⁾が、その後多数の引出回転型継電器を納入し、その取り扱いの便利なが多方面から認められているところである。

日立製作所は以来この引出回転型継電器に改良を加え



第 11 図 TP 型テストプラグ

るとともに、試験用プラグを開発し継電器の試験の簡便化を図つた。

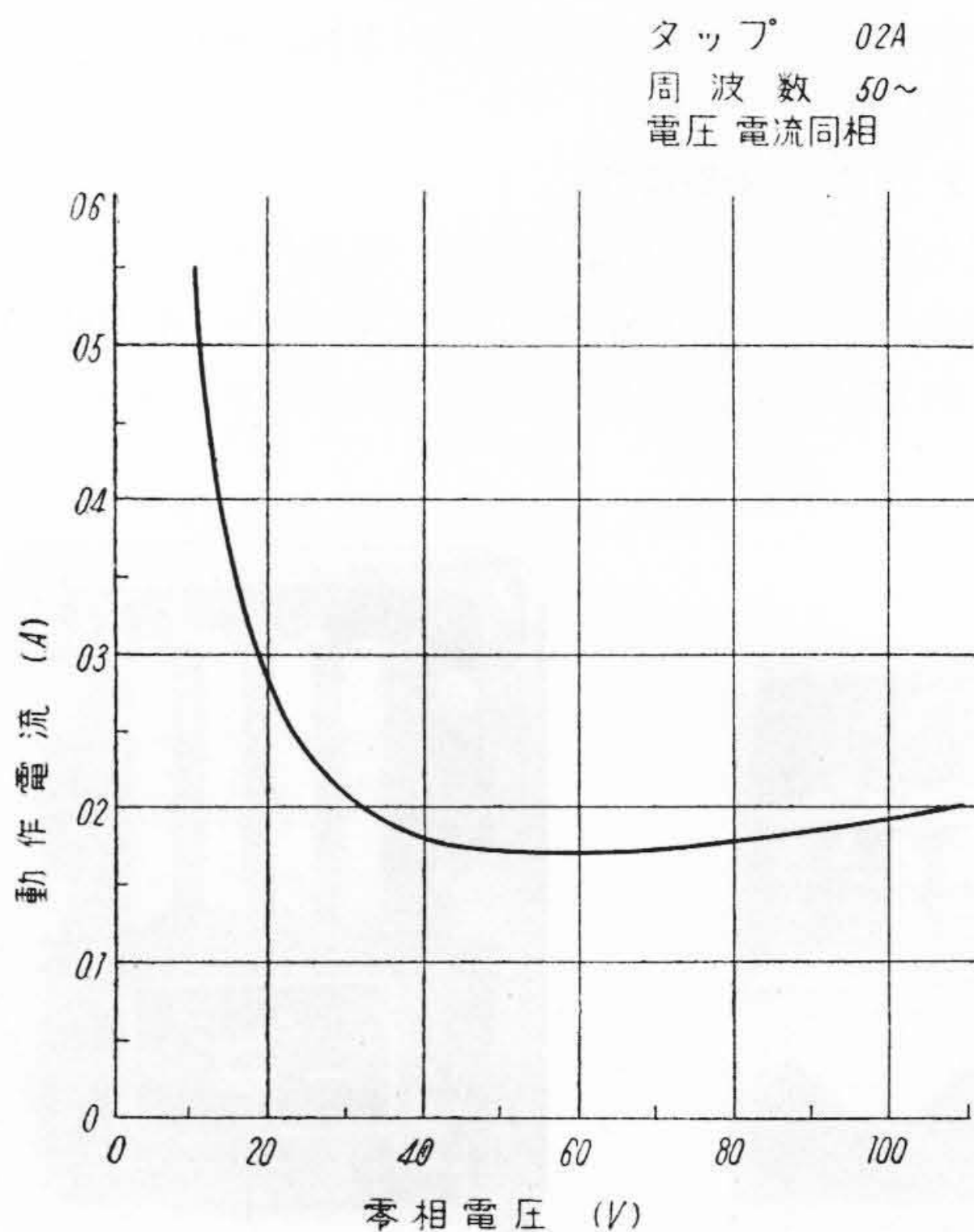
第 11 図はこのテストプラグで、すべての引出回転型継電器に共通して継電器を配電盤から取りはずすことなく、プラグの装脱のみで試験することができる。このプラグは接触部および配線用端子がそれぞれ 2 分されており、そのおのおのが明瞭にわかるよう赤、黒で色分けしてある。

継電器のプラグを抜き、TP 型テストプラグの赤色部分が継電器の外側になるようにプラグを挿入すると、外部接続は接触片を経て赤色端子に、内部要素は同じく黒色端子に接続される。したがって黒色端子に試験用配線を接続すれば継電器の特性を配電盤に取り付けたまま行うことができる。

また、各種の短絡棒が付属してあるので、これを適宜使用して運転中の継電器に流れる電流や印加電圧を測定することもできる。またテストプラグを挿入することによつて変流器二次回路や常時閉路接点回路を開放することのないよう特別な考慮が払われている。

4. 接地保護継電器を高感度化すること

わが国の中性点接地方式は接地故障時の地絡電流を制限するため、特別の場合のほか高抵抗接地方式か非接地方式がとられ、継電器もこの地絡電流で確実に故障を検出し、動作しなければならない。一方継電器の動作電流を小さくすれば勢いそのインピーダンスが大きくなり、変流器の出力が不足したり、分流効果によつてかえつて



第 12 図 KHG₅ 型高速度接地継電器感度特性

感度の低下をきたすことがある。わが国の接地継電器はこの見地に立つて、昔から独特の進歩を続けてきた。

われわれも接地継電器の高速度化、高感度化の研究を続け、KHG₅型高速度接地継電器やKYG型高速度巻線接地継電器を開発した。以下その概略について述べる。

4.1 KHG₅型高速度接地継電器

前にも述べたように、わが国の中性点接地方式においては地絡電流を制限しているため、一線接地故障そのものはあえて高速度遮断を必要としないとも考えられるが、これは異相地絡に移行する危険をはらんでいるので、すみやかに故障を除去する必要がある。

そこですでにKG型QC式高速度接地継電器を開発し、各送電線に使用されてきたが、これは接地故障時の零相電圧、電流による電力方向継電器のため、接地故障抵抗が大きいときは零相電圧が小さく継電器の感度が悪くなり、好ましくない場合があるので、さらに改良したKHG₅型高速度接地継電器を開発し、検出感度の向上を図った。

本継電器はコンダクタンス特性を加味した電力方向継電器で第12図のように感度特性を有し、かつ消費電力は0.075VA以下の小勢力式になつている。すなわち接地故障抵抗が大きく零相電圧が最大値の約30%でも動作感度はほとんど低下しない。

また、方向性を有しているため特に方向要素を付加する必要なく、力率特性は約30度進みになつている。

4.2 KYG型高速度巻線接地継電器

抵抗接地方式を採用した同期機の巻線接地保護継電器で、従来のIGY型継電器を高速度化し、さらに感度を向上した継電器である。

本器は巻線の中性点側変流器と端子側変流器の二次または三次回路電流と中性点回路変流器の二次電流との電力式差動継電器になつているので、検出感度はきわめて高く、巻線の95%を確実に保護することができ、最近の発電機の巻線保護にはほとんどこの継電器が使用されている。

本器もまた日立製作所独特の方式によるものであるが、詳細については別論文の回転機の保護方式で述べられているので、ここでは省略する。

5. 系統擾乱防止用継電器の開発

高速度遮断方式や高速度再閉路方式の進歩によつて系統の安定度が向上されてきたが、万一系統に擾乱が生じた場合はすみやかに系統を分離して、全面的な波及を防止することも重要な問題で、特に安定度限界付近で運営する系統において、この必要性が大である。

このためKS型同期はずれ継電器やKE型界磁喪失継電器を開発し、系統の擾乱防止を図った。これらの継電器の詳細についてはすでに本誌に発表^{(3)~(5)}してあるので

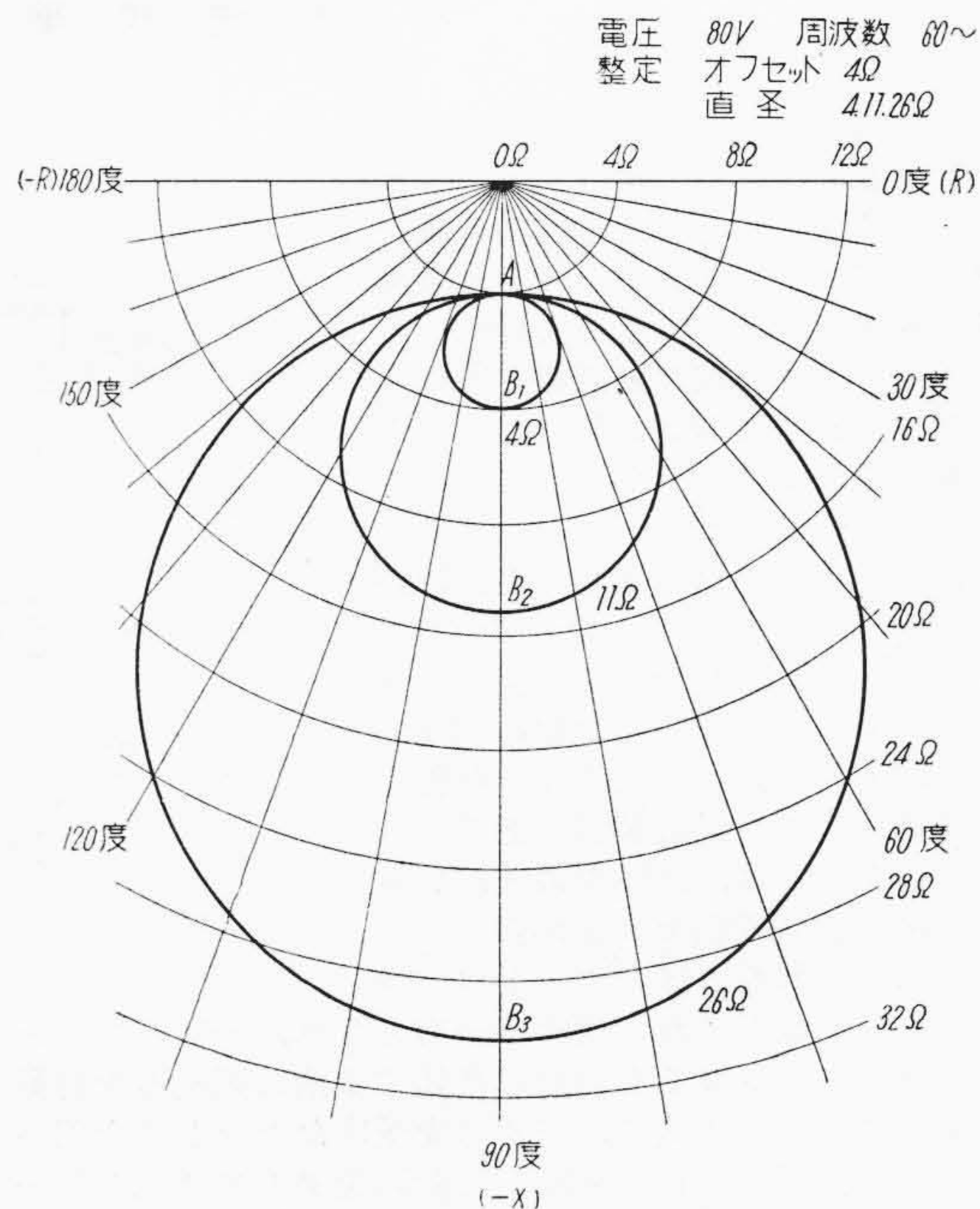
省略するが、その概要について説明する。

KS型同期はずれ継電器は同期機が系統に対し同期はずれした場合とか系統相互間の同期がはずれた場合、1回のすべりの間に検出し、同期機を系統から分離したり、系統相互間を分離し、その擾乱を最小限に止めるため使用される。

本継電器は1個の電圧抑制付過電流継電器と2個の方向継電器とを主体とし、これに3個の補助継電器を配して構成されている。したがつて同期はずれ現象を生じてすべり角度が大きくなると、それにしたがつて線路電圧が降下し、電流が増加するので、すべり角がほぼ90~270度の間適当な感度に整定された過電流継電器が動作する。一方すべり角180度付近を境として両同期系統間の電力授受が変換されるので、過電流継電器が動作している間に2個の方向継電器が動作し、その補助継電器の動作によつて同期はずれを認定し動作する。

すなわち本器は1回のすべり角度以内で動作するが、同時に過電流継電器、方向継電器および補助継電器間の総合特性を適当にし、短絡故障そのほかによる誤動作のないよう特別な考慮が払われている。

また系統に連系された大容量同期機の界磁回路が開放されたり、短絡された場合、発電機の誘起電圧が低下するので、巻線に大電流が流れ込みこれを過熱するばかりでなく、系統に大きな擾乱を与え安定な運転をそこなう結果になる。KE型界磁喪失継電器はこれを保護するた



第13図 KE型界磁喪失継電器の力率特性

めに開発された継電器で、電源開発株式会社佐久間発電所の93,000 kVA発電機をはじめ多くの大容量発電機に適用されている。

第13図は本器の動作インピーダンス感度を抵抗分 R およびリアクタンス分 X 座標で表わした場合の力率特性で、オフセットインピーダンス特性を有し、その円特性の中心は $-X$ 方向にオフセットされている。ここで A 点は $0 \sim 4\Omega$ にタップ整定することができ、円特性の直径 $\overline{AB_1}$ 、 $\overline{AB_2}$ 、 $\overline{AB_3}$ などは別の整定タップにより $4 \sim 26\Omega$ に整定できるようになっている。

系統に連系された同期機の界磁が喪失された場合、交流機端子から見た電力は容量性無効電力となり、そのインピーダンス軌跡は同期機の常数により異なるが、継電器からみたインピーダンスは継電器の A 点を過渡リアクタンスの $1/2$ 、 B 点を同期リアクタンスに選んだオフセットインピーダンス特性内に達することが理論的にもまた実験的にも解明された（これらの詳細は省略するが、本誌⁽⁵⁾に発表してあるので参照していただきたい）。したがってこのように整定された継電器は同期機の界磁が喪失されたとき確実に動作し、従来後備の過電流継電器に頼

るほかなかつた同期機の界磁喪失保護方式に新威力を発揮できるようになった。

6. 結 言

継電方式の進歩発達は日進月歩で、これに対応した継電器が開発、改良され、線路および機器保護の確実性がますます増大された。

日立製作所は工場、研究所間の緊密な連絡と模擬送電線の活用により、たえず新器種の研究を続け、斯界の要望に沿うべくあらゆる努力を払っている。

本文においては最近における日立継電器の進歩状況の概要について述べたが、この方面にたずさわる諸賢の御参考ともなれば筆者らの幸とするところである。

参 考 文 献

- (1) 猿渡：日立評論 別冊 No.5 55 (昭28-12)
- (2) 猿渡、渡井：日立評論 38, 427 (昭31-3)
- (3) 西堀、猿渡、比良、柴田、小野：日立評論 38, 671 (昭31-5)
- (4) 宮崎、小野、比良、中山：日立評論 39, 561 (昭32-5)
- (5) 広吉、小野、渡井：日立評論 39, 867 (昭32-8)



特許第231639号

特 許 の 紹 介

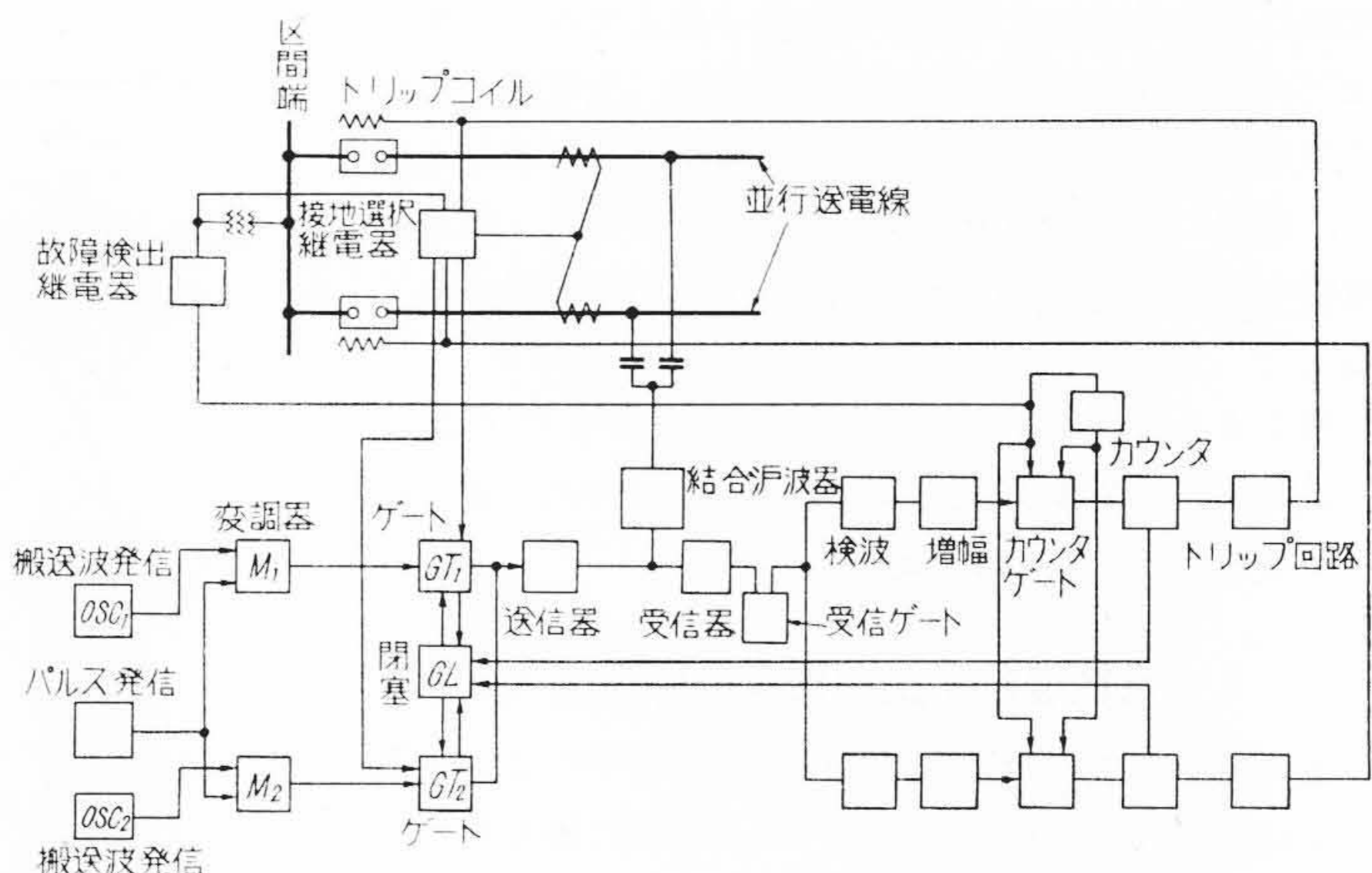


川井晴雄・平井善一郎

搬 送 式 継 電 保 護 装 置

この特許の権利の及ぶ範囲は次のように要約される。すなわち、多端子に連繋をもつ並行送電線被保護区間の各端子に近接して設けられ故障選択継電器の動作に応じて動作し、パルスによる周波数変調搬送波信号を発する送信器および同受信器を含む搬送波送受信セットを有しこのセットの受信器はパルスカウンタおよび並行送電線各線の遮断器制御回路を含みパルスカウンタはその一特定計数の末に遮断器制御回路を形成するとともにほかの特定計数に関連して自己所属の送信器を不作動状態となす搬送式継電保護装置である。

いいかえれば、故障を最先に感知した搬送波送受信セットからパルスが出るとそれをうけたセットはパルスの発信を禁じられ、受ける一方となり、一定の数たとえば8カウントすると自己に所属する油入遮断器を自動遮断するという方式で、パルスを受けたセットは全部いつせいに遮断器を自動遮断して故障をクリアするから一種の司令式いつせい遮断であるが、司令するセットはき



められたある箇所のある物ではなくて故障の位置に応じて随所に移るものであるから、多くの子のセットを従えてきめられた親のセットから固定した秩序にしたがつていつせい遮断の司令を発する方式とは区別される。

(宮崎)