

超 高 圧 送 電 線 の 保 護 継 電 方 式

Protective Relaying System for Ultra-High Voltage Transmission Line

中 山 敬 造*

Keizō Nakayama

内 容 梗 概

超高圧送電線用のパイロットワイヤリレー方式およびキャリヤリレー方式について説明し、その選定、並行2回線送電線のリレー方式のほか最近の問題点についても述べている。

1. 緒 言

超高圧送電線は電力系統の大動脈となるものであって比較的長距離で重負荷運転される機会も多く、また中性点接地方式はもっぱら直接接地方式が採用されるからこのような送電線に故障が発生した場合には、故障種類に関係なく高速度で故障区間だけを確実に遮断することが必要である。すなわち高速度動作 (Speed), すぐれた選択能力 (Selectivity) および確実な動作 (Security) の「3 S」が超高圧送電線の保護リレー装置に要求される絶対必要条件となるわけである。したがってリレー方式としては必然的にパイロットリレー方式を採用せねばならない。

本稿では超高圧送電線用のパイロットワイヤリレー方式およびキャリヤリレー方式についてまず説明し、ついでこれらの適用にあたっての問題点や最近特に注目されている事項について説明する。

2. パイロットワイヤリレー方式

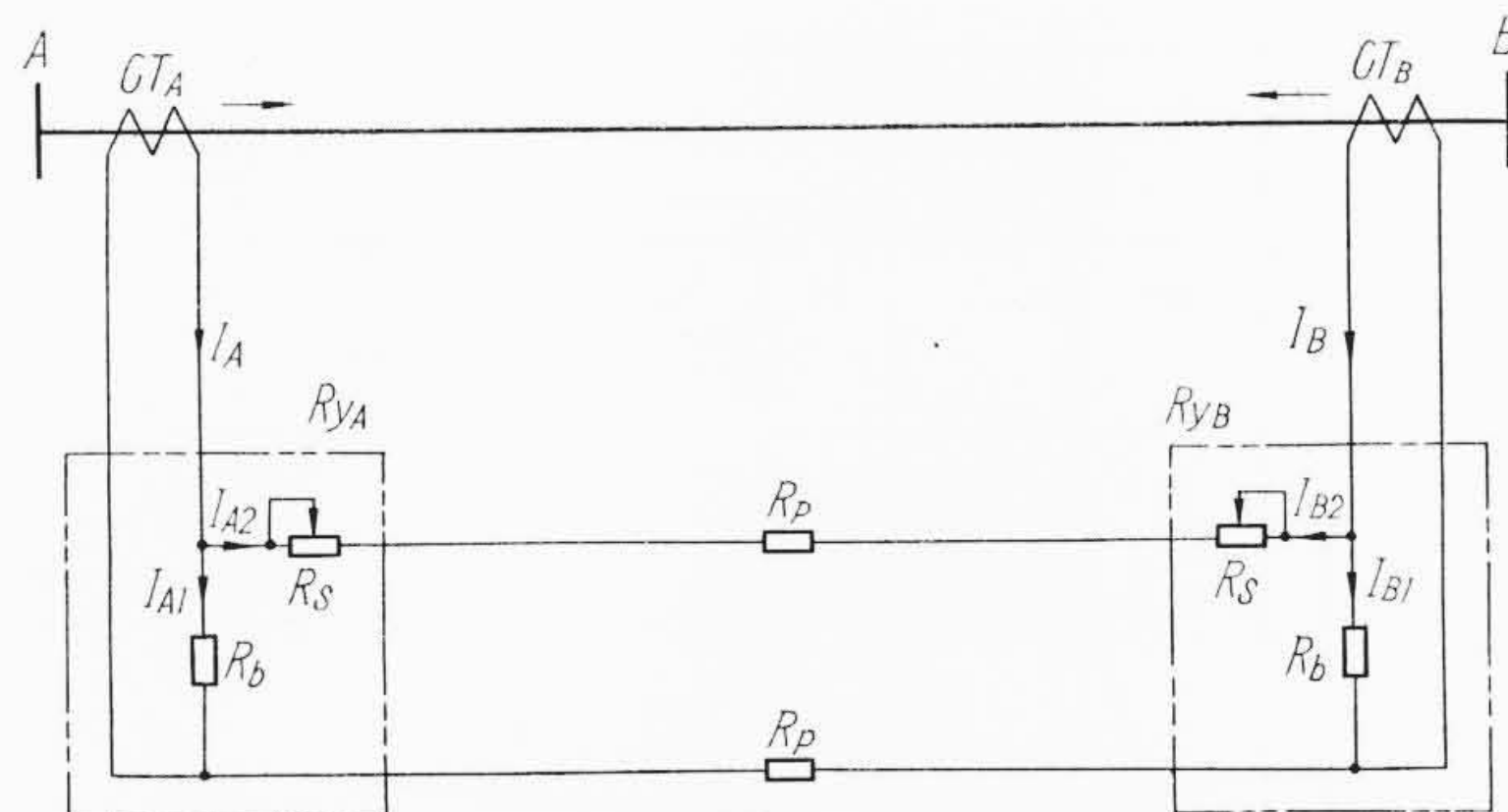
第1図は日立パイロットワイヤリレー方式の原理説明図である。この方式においてはパイロットワイヤの片道抵抗 R_p とリレー内蔵の調整抵抗 R_s の和が基準抵抗 R_b に等しくなるように R_s を整定することにより、各端 CT 二次電流 I_A, I_B はこれらの回路につねに一定の割合で分流することになる。したがって A 端リレー R_{yA} においては差動変成器により $(I_{A1} - I_{B2})$ を動作要素に、また I_{A2} をそのまま抑制要素に導入し、一方 B 端 R_{yB} に対しても同様に $(I_{B1} - I_{B2})$ と I_{B2} を導入すると、 R_{yA}, R_{yB} の両方に対して下式が成立する⁽¹⁾。

$$\left. \begin{aligned} \text{動作要素電流 } I_0 &= I_{A1} - I_{A2} = I_{B1} - I_{B2} = \frac{1}{2}(I_A + I_B) \\ \text{抑制要素電流 } I_R &= I_{A2} = -I_{B2} = \frac{1}{4}(I_A - I_B) \end{aligned} \right\} \dots (1)$$

(1)式からわかるように故障点が保護区間外部にある場合には、両端 CT を同一電流が通過するわけであるから、 I_A と I_B は絶対値がほぼ等しくその位相はほぼ逆相となるため I_0 は小さく I_R は大となってリレーの動作は阻止されるが、逆に区間内故障時には I_A と I_B はほぼ同相となるため I_0 は大となり I_R は小となってリレーが動作する。また故障電流がいずれか一端子のみから供給される場合にも両端のリレーを動作させることができる。

さらに(1)式から明らかなようにリレーの動作特性はパイロットワイヤ抵抗に無関係であるため、送電線の距離の長短にかかわらずつねに同一特性とすることができ、また両端のリレーの動作条件にも差がないから、片端だけが先行遮断したり不ぞろい遮断したりすることがない。そのほか動作コイル回路には独特の汙波回路を設けて直流分電流や高調波電流を除去することにより過渡時の動特性を改善しているから、その動作のきわめて安定なことが特長である。

* 日立製作所国分工場



第1図 日立パイロットワイヤリレー方式原理説明図

また多端子送電線にも適用できるように特殊設計の入力変流器の非直線特性を利用して各端 CT の特性に相補性を与え、区間外故障時に抑制効果の期待できない無電流端子のリレーが誤動作することを完全に防止している。

第2図は方式説明図の一例であり、第3図は比率差動特性の一例を示している。なお第4図はパイロットワイヤリレーの外観である。

3. キャリヤリレー方式

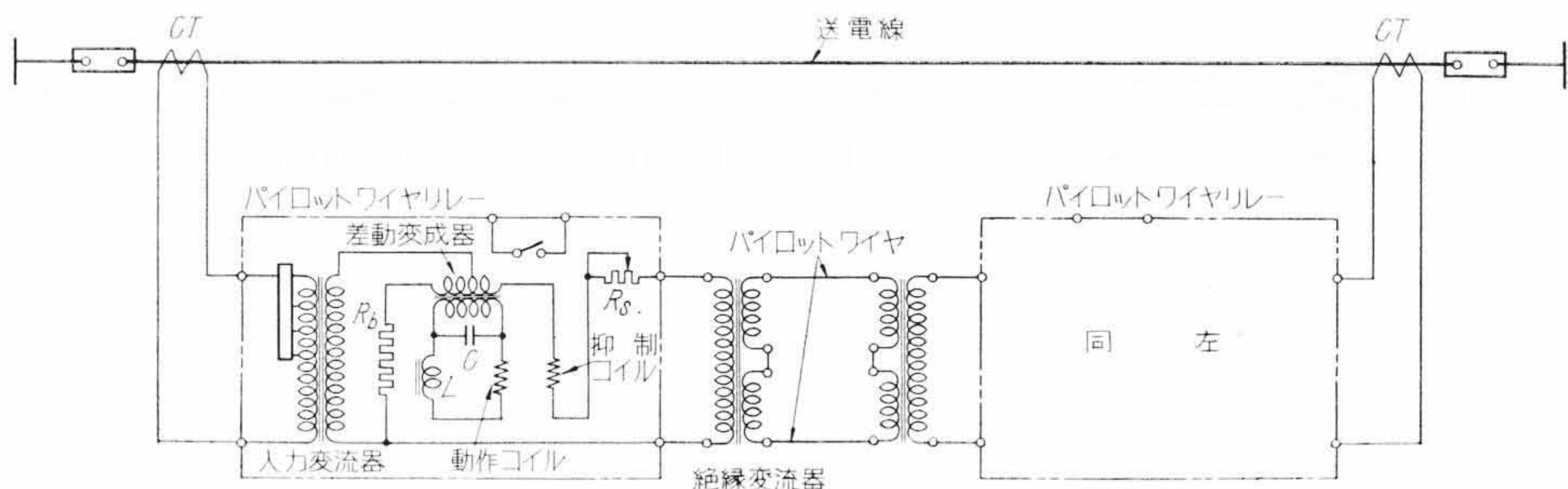
キャリヤリレー方式は電力方向比較方式と電流位相比較方式が代表的な方式である。まずこれらについて説明する。

3.1 電力方向比較方式

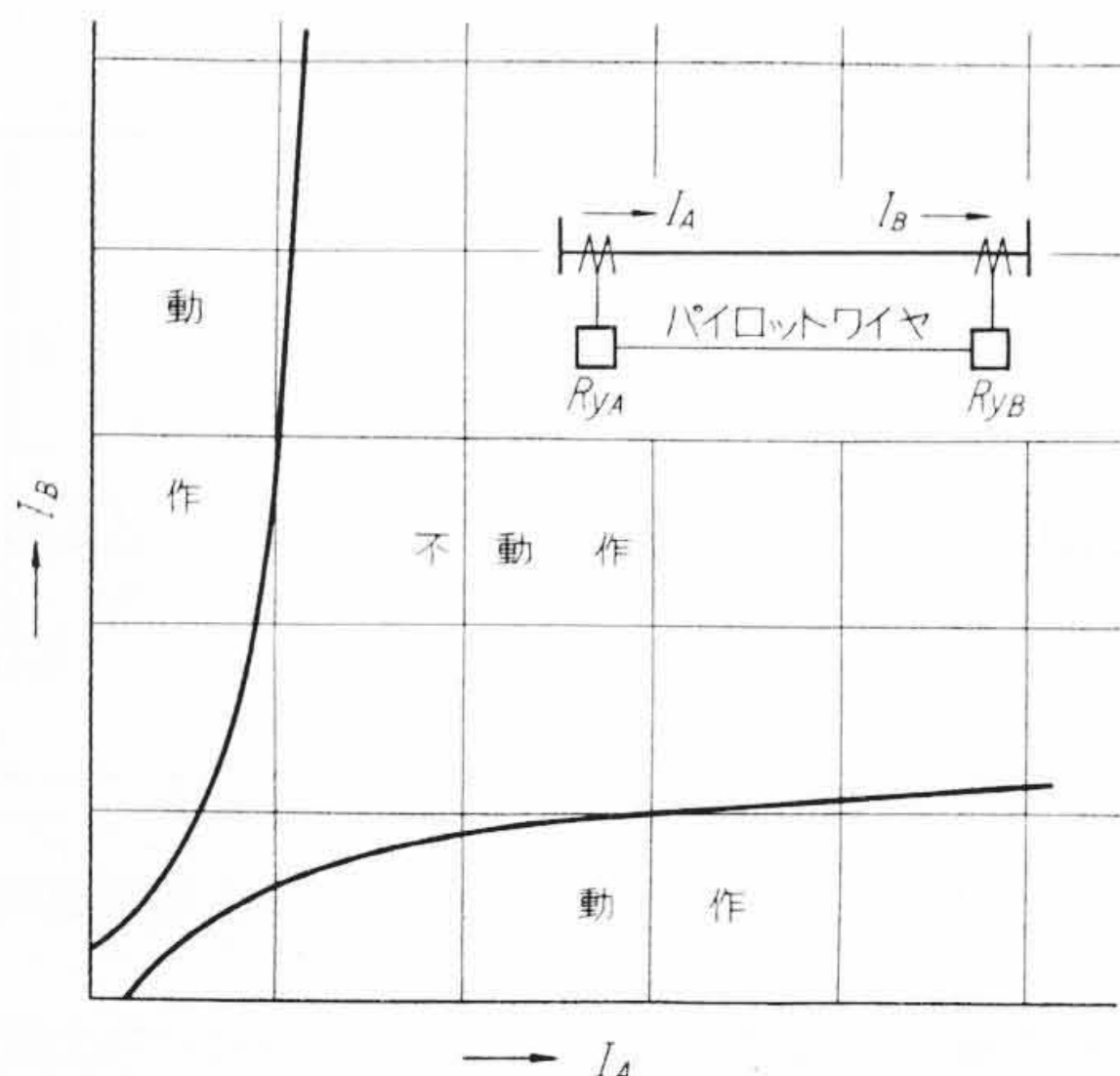
電力方向比較方式は送電線の各端子に設置した電力方向リレー (方向距離リレーを含む) の動作結果をキャリヤ電流の ON, OFF 制御によって互に関連づけ、総合的な判断で故障点の位置を判別する方式である。したがって、この方式の性能は主要リレーそのものの性能によるところが大きく、超高圧送電線では主要リレーとして方向距離リレーがもっとも広く使用されている。

第5図(a)は電力方向比較方式の短絡保護回路をブロック図で示したものである。故障が発生するとまず 27 AH がこれを検出して動作しキャリヤを送信する。ついで 27 AL, 27 ALX が動作し、一方故障が内部方向で距離リレーの第2段保護範囲内にあれば、44 SD, 44 S₂, 44 SDX が動作するのでキャリヤ送信を停止し同時に 85 R の動作コイルが付勢される。故障が保護区間内であれば相手端子も同様に動作してキャリヤ送信を停止するので、自端の受信出力がなくなるため 85 R は抑制コイルの励磁を失って動作し、27 G による多重故障条件ができておれば 44 SD, 44 S₂, 85 R, 27 G を通して高速度遮断する。

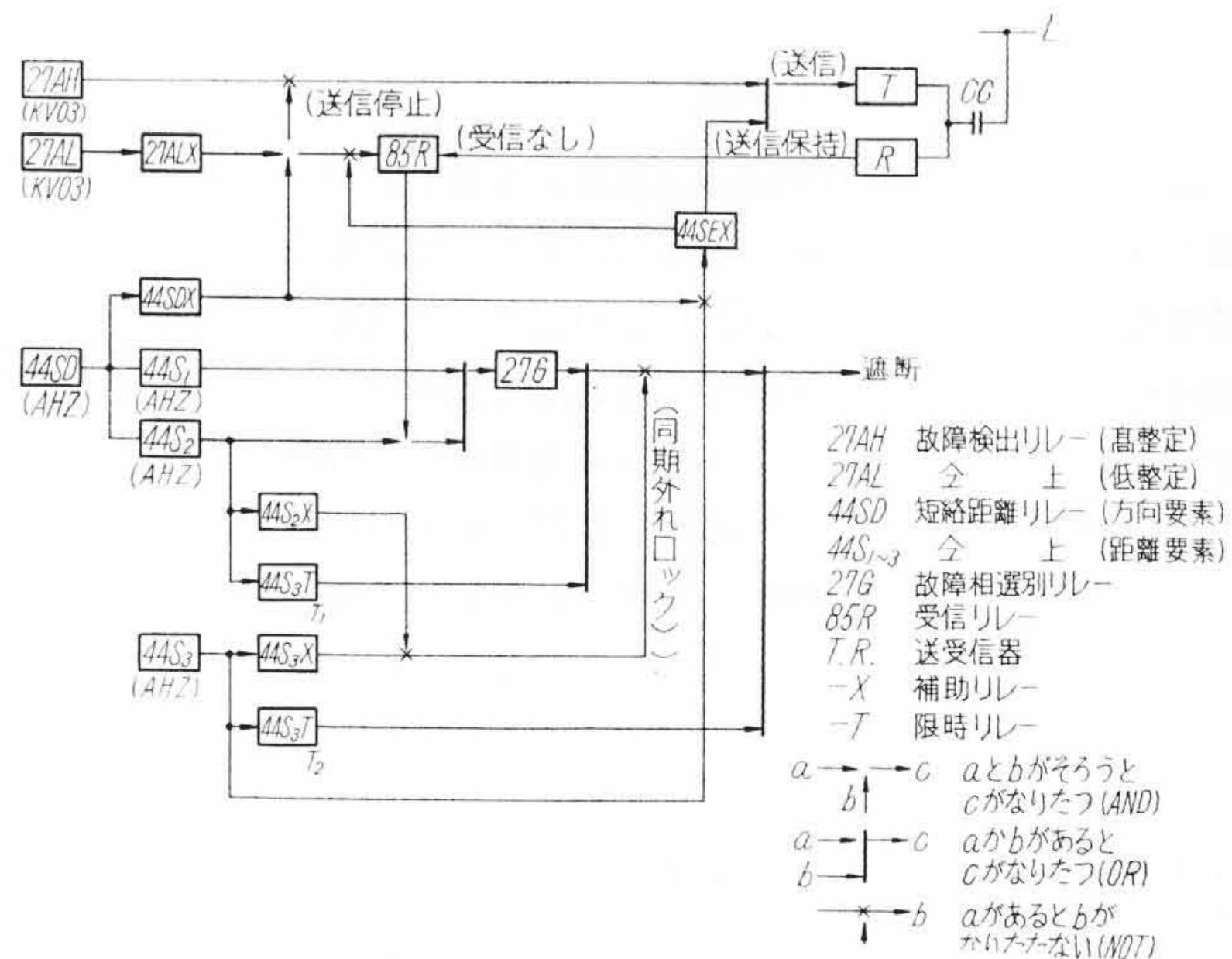
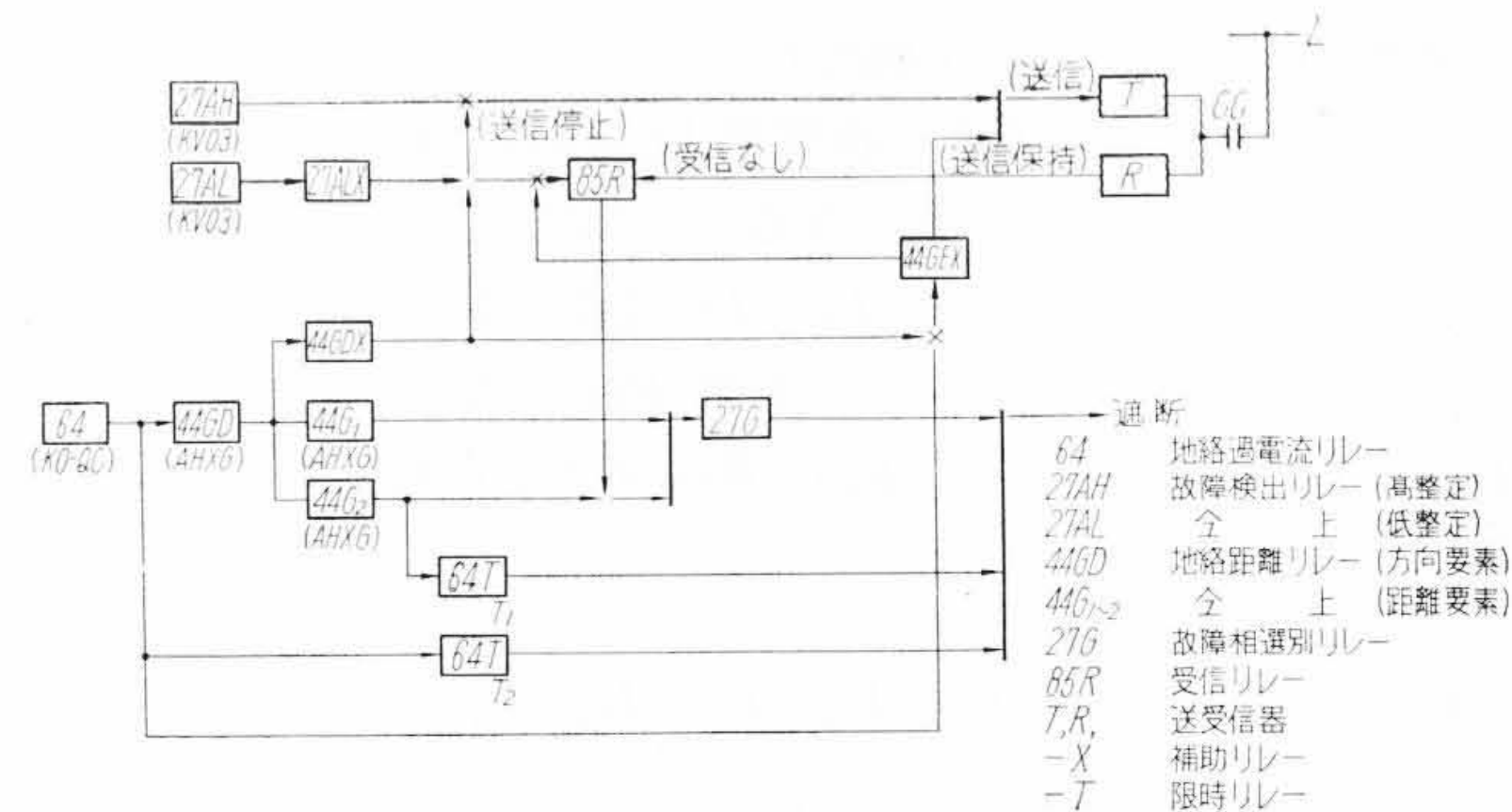
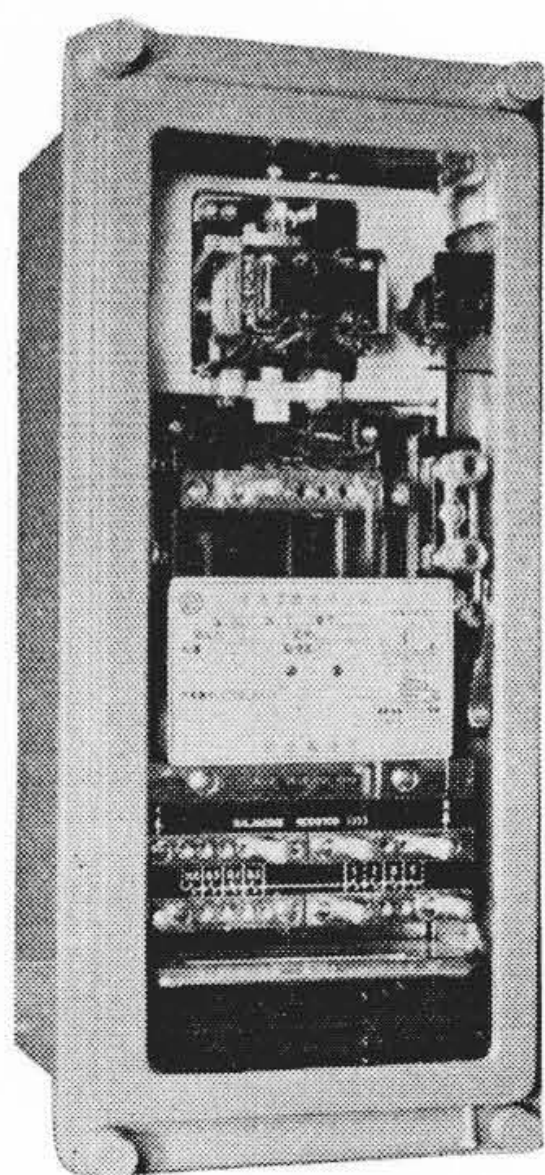
一方故障点が外部方向にある場合は 44 SD, 44 SDX が不動作であるためキャリヤ送信を続け、相手端の 85 R の動作を阻止する。また 44 SEX が動作して送信を保持するが 44 SEX は限時復帰特性となっているため、故障電力方向が急激に反転したようなときにもしばらくの間送信を継続し両端リレーの協調時間を確保して誤動作を確



第2図 パイロットワイヤリレー方式説明図



第3図 パイロットワイヤリレー比率差動特性

第5図(a) 電力方向比較キャリヤリレー方式
短絡保護回路ブロック図第5図(b) 電力方向比較キャリヤリレー方式
地絡保護回路ブロック図第4図 パイロット
ワイヤリレー

実に防いでいる。後備保護リレーとしては 44 S₁ によりキャリヤリレーに無関係に近端故障を瞬時遮断するほか、44 ST の時限により 44 S₂、および 44 S₃ を通して限時遮断を行うようになっている。

同期はずれのときにも 44 S は動作するおそれがあるが、不要の遮断を防止するために 44 S₃ と 44 S₂ の動作時差によって同期はずれを検出し 44 S₃X を動作させて高速度遮断回路をロックする。同期はずれの周期が次第に早くなり、44 S₃ と 44 S₂ の動作時差が短くなってロック回路の動作が追従できぬようになったときには、44 S₃ が一度復帰してから次のスリップサイクルでふたたび動作する

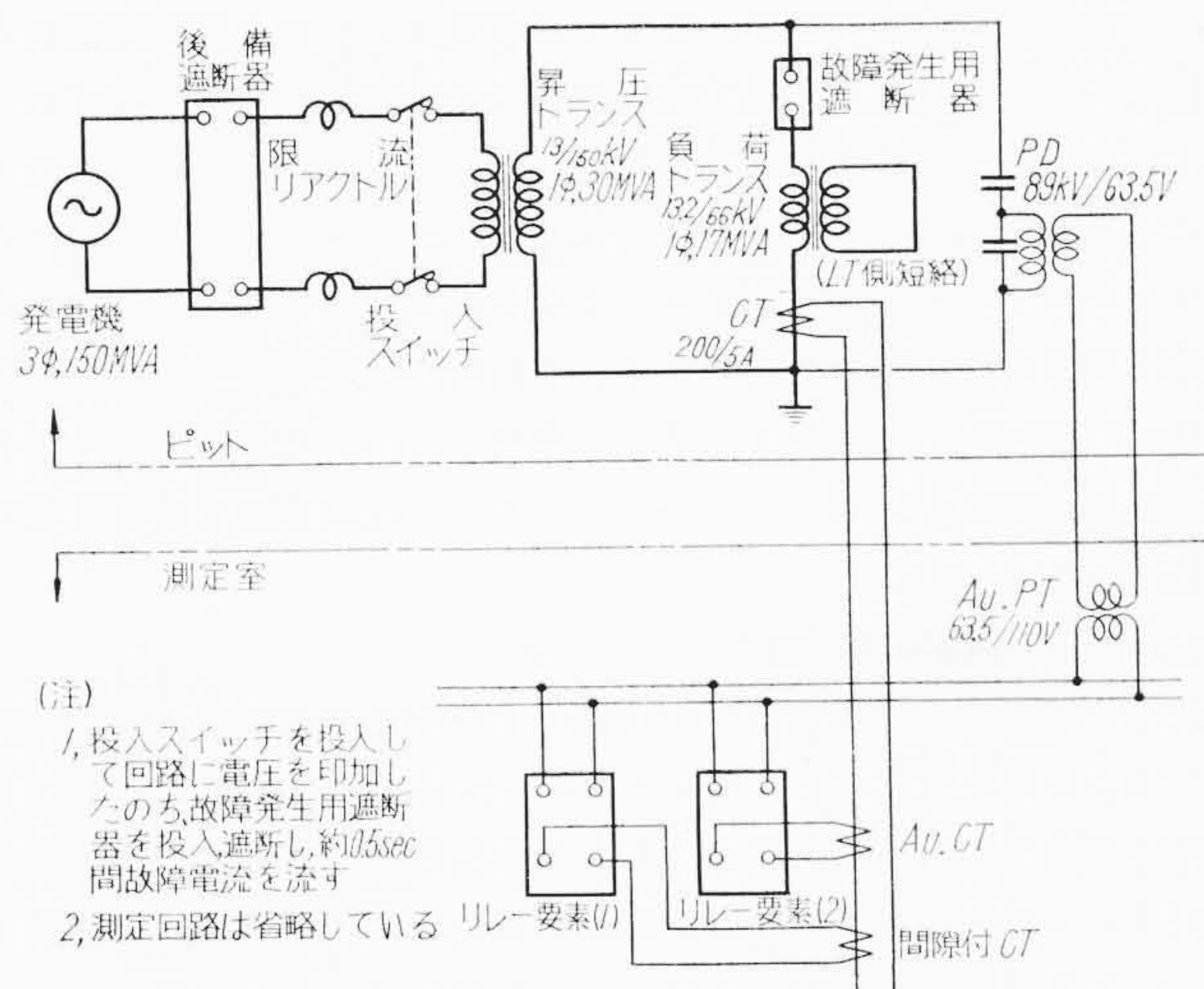
までの時間も短くなってくるので、44 S₃X の復帰時間を若干長くしておくとして 44 S₃X は復帰せず確実にロックを続けることができる。

第5図(b)は地絡保護回路のブロック図であるが、短絡保護と原理的に同じであるため説明は省略する。

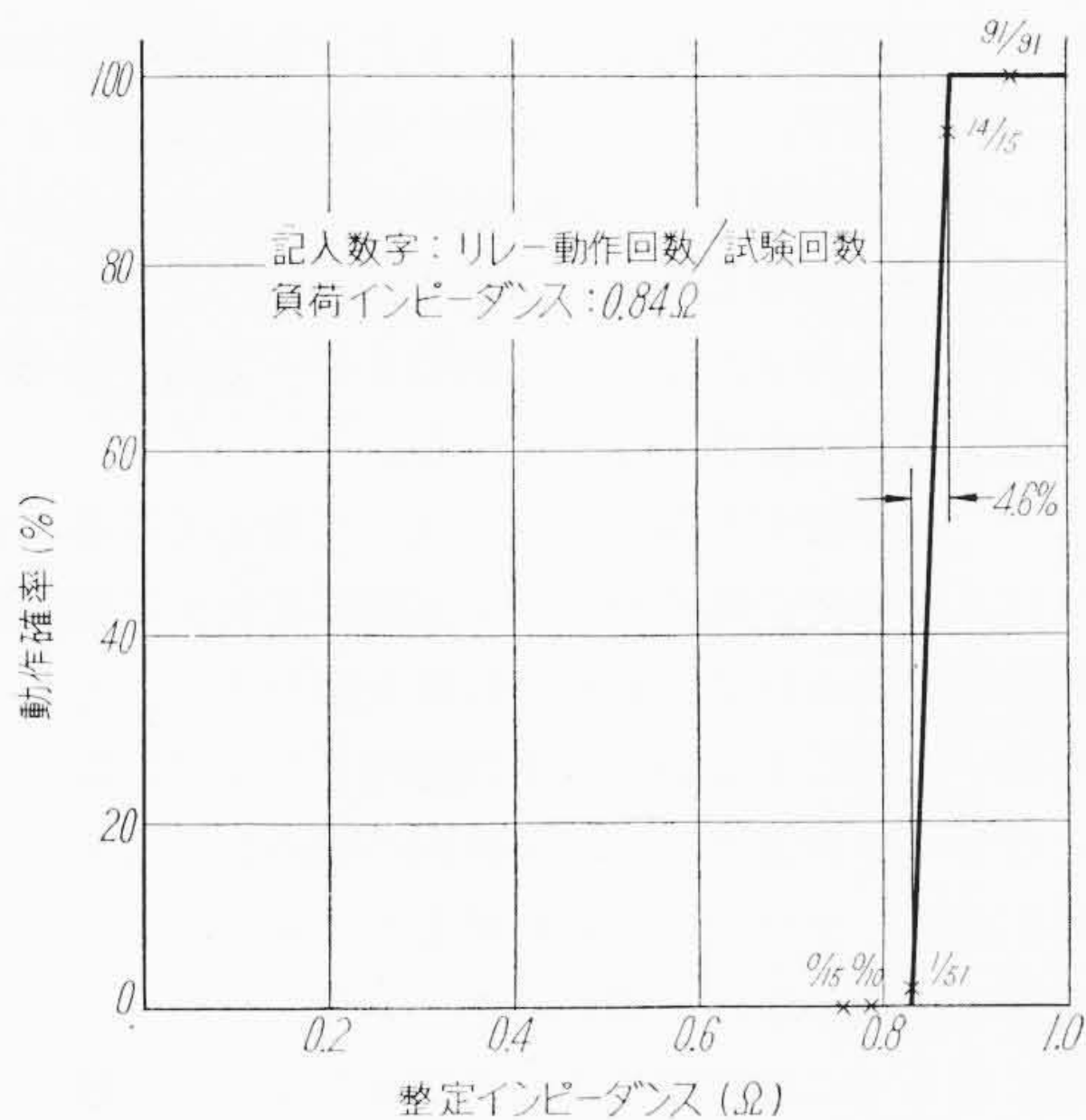
さて電力方向比較方式の主要リレーとなる距離リレーとしては、短絡用に AHZ 形 3 段階インピーダンスリレーを、地絡用に AHXG 形 2 段階変形インピーダンスリレーを使用する。これらのリレーは誘導環形方向要素と平衡かん形の距離要素を一括内蔵した構造となっている。このような高速度リレーにおいては故障発生直後の過渡状態における動作特性がもっとも重要であることはいまさらいうまでもないが、平衡かん形の距離要素は構造が非常に簡潔で種々すぐれた特長が多い反面、このままでは直流分電流の影響がほかの原

理のリレーに比べて若干大きいことが不利な点とされてきた。そのため 150 MVA 短絡試験設備を利用して大規模な人工故障試験を実施した結果、平衡かん形リレーや計器用変成器類の過渡特性を明らかにすることができた。この試験は直流分の含有率の大きいことやその減衰時定数の大きいことなど、実系統におけるよりもはるかに過酷な試験であったが、本リレーは特殊設計の間隙付変流器を電流コイル回路にそう入することにより、直流分電流の影響がほとんどなくオーバーリーチ、アンダリーチを含めて過渡時に動作が不安定になる範囲を 5 % 以内におさめることに成功した⁽²⁾。第6図は試験回路図を示し、また第7図は投入位相角とリレーの整定を種々変えて試験した場合の試験結果をまとめたものである。

また AHXG 形地絡距離リレーは故障点までの正相インピーダンスを測定する原理になっているため、零相電流補償を行って正確な



第6図 距離リレー過渡特性試験回路



第7図 距離リレー過渡特性

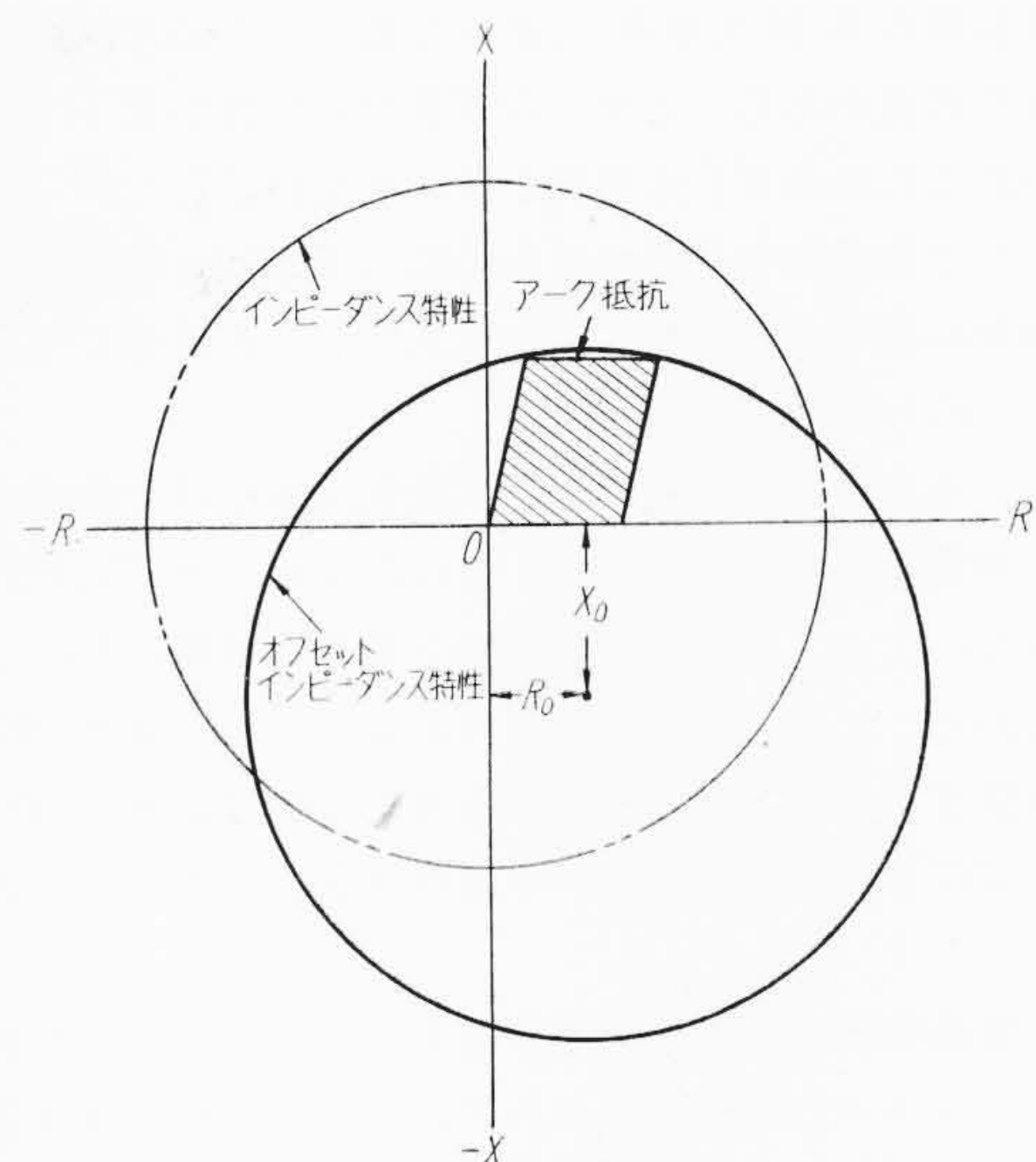
距離測定をするように考慮されているほか、第8図に示すようにインピーダンス特性をオフセットしてリアクタンス特性をもたせることにより⁽³⁾、故障点抵抗の影響が比較的大きい場合にも確実に動作し、また通常の負荷電流では動作しないから、他種のリレーと接点の時間協調をとる必要がないことなどの特長をもっている。

さらにキャリアリレー方式においては故障検出リレーの使命が大であるが、KVO3形故障検出リレーは低電圧と過電流のいずれによっても動作する原理になっており、いかなる送電線においても故障を高速度で確実に検出することができる。また至近端1線地絡故障時における短絡距離リレーの不要動作や、2線地絡故障時の地絡距離リレーのオーバリーチに基づく不正動作を防ぐためにKVH3形故障相選別リレーを併用する。故障相選別リレーは故障相の低電圧要素に故障相電流の方向要素回転力を加味しているから故障相だけが確実に動作し健全相のリレーは絶対に動作しない。

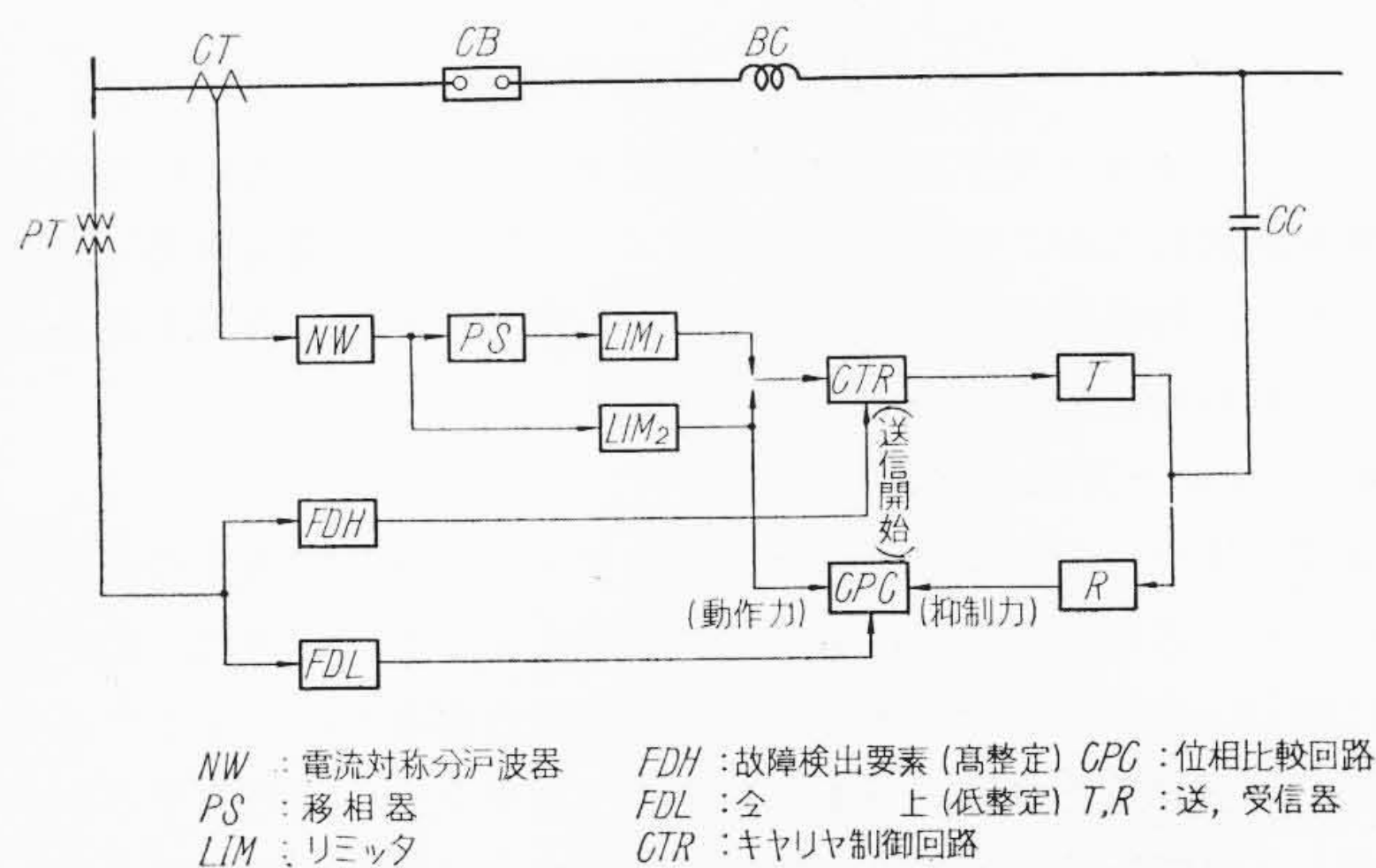
3.2 電流位相比較方式

電流位相比較方式は保護すべき送電線の両端から流入する電流の位相が、区間外故障のときは反対となり、区間内故障のときはほぼ同相となることを利用し、キャリア電流を介してその位相関係を比較することにより故障点の位置を判別する方式である。

第9図は電流位相比較方式のブロック図を示したものである。CT二次三相電流はNWに導入され位相比較すべき適当な対称分電流に比例した単相出力を生ずる。この出力はPSを経たのちLIM₁に至る回路と直接LIM₂に至る回路に分れ、それぞれ矩形波に整形さ



第8図 地絡距離リレーの特性



第9図 電流位相比較方式ブロック図

れたのちLIM₁、LIM₂の出力がCTRに、またLIM₂の出力がCPCに導かれる。一方PTの二次電圧はFDL、FDHに印加されFDHはCTRを制御してキャリア電流の送出を行わせ、一方FDLはCPCを制御して位相比較動作を行わせるようにはたらく。CTRはFDHが動作するとまず連続送信を開始し、LIM₁およびLIM₂から位相比較すべき電流が印加されるとLIM₁とLIM₂の出力がともに負半波の間だけキャリア電流を止めるように構成されているので断続送信に移る。断続波のスペース、マークの比率はPSの移相角を変えることによって調整することができる。またCPCはLIM₂から供給される自端の電流位相に応じてその負の半波のときに動作力を生ずるようにはたらし、このときキャリア電流装置から受信出力が印加されていると動作力は打消される。したがって区間内故障時には両端から同一半波においてキャリア電流の送信、停止を繰り返すような極性に接続しておく、CPCに動作力が印加されるときには両端局の送信は停止して受信出力もなく、CPC中のリレーが動作して遮断器を遮断する。一方区間外故障のときには両端から交互にキャリア電流の送信、停止が繰り返されるので、自端から動作力が与えられているときには相手端からの受信出力が表われリレーの動作は阻止される。

位相比較方式においては、上述のようにキャリア電流を商用周波数の電流に応じて制御して断続送信し電流位相を伝送するわけであるから、受信波の帯域があまり狭帯域にすぎるといわれる波形ひずみが問題になる。この波形ひずみは伝送すべき位相に無視できない誤差を与えるので、なんらかの対策が必要になる。波形ひずみを小にするためには受信波の帯域幅を広げればよいわけである

が、これは装置の S/N 比を害し、確実な動作のためには送信出力の増大を考える必要があることや、周波数の利用率が低下することなどの不利があるため必ずしも得策とはいえない。したがって本方式ではできるだけ帯域幅をせばめるために ± 500 c/s 程度の帯域幅とし、この場合に起りうる位相ひずみをあらかじめ見越して PS にて補償するようにしている。

また最近トランジスタを利用したり電気回路だけで構成された保護リレーが考案されているが⁽⁴⁾、これらのリレーは CT, PT に対する負担が少ないこと、鉄心の磁気飽和を考える必要がないこと、高速度動作であることおよび無接点式であることなど種々の特長があるので、今後ますます発展するものと考えられる。したがって本位相比較方式においても出力リレー以外は全部トランジスタを使用している。

キャリア電流装置も送信増幅器の出力がいくぶん不足であるため高出力トランジスタの開発が急がれているが、これ以外は全トランジスタ方式が完成してサージ耐力その他の問題点もほとんど解決されている。

4. リレー方式の適用

以上パイロットワイヤリレー方式とキャリアリレー方式について概要を説明したが、実際の適用に当ってはもっとも適切な方式を選定したり、特殊条件に応じてくふうをこらしたりする必要がある。以下これらの点について考えてみたい。

4.1 リレー方式の選定

まずパイロットワイヤリレー方式とキャリアリレー方式の適用区分はおもに送電線の長さに基く経済比較によって決定され、わが国では約 10~20km までの距離で十分信頼性のあるパイロットワイヤ回線が得られるときは、パイロットワイヤリレーを適用することが有利とされている。パイロットワイヤリレーは装置が簡単であり、同期はずれに反応せず、背後電源の有無や故障点位置に無関係で、他のリレーとの協調にもほとんど問題がないことなど、すぐれた特長を数えることができる。またパイロットワイヤリレーを各相ごとに設置すれば、簡単確実に単相再閉路や後に述べる異相地絡時の多相再閉路をも実現できる。

つぎにパイロットワイヤリレーが適用できないような中長距離送電線に対しては、電力線キャリアまたはマイクロ波を通信手段とするいわゆるキャリアリレー方式によらねばならない。マイクロ波方式の場合も通常の電力線キャリアを用いたキャリアリレー方式と原理的に変わるところはないが、マイクロ波の通信系統が電力送電線の構成とは無関係であるため送電線に発生する種々の高周波雑音の影響を受けず、また通信チャンネルも比較的余裕があることが大きな特長であり、したがって信号を遮断指令として使用する場合とか多種類の信号の送受信が必要な場合に有利になる。

さてキャリアリレー方式の代表例としてさきに方向比較方式と位相比較方式を説明したが、このいずれを採用するかについては利害得失を十分に考えて決定する必要がある。この二方式は従来から詳細に比較されているので⁽⁵⁾、ここで改めて項目を列記することは避けるが、結局いずれの方式を採用するかは各比較項目に対する重点のおき方によって異なってくると思う。筆者は位相比較方式が決定的にすぐれている点は同期はずれに対し応動しないことであり、一方決定的に不利な点は受信波を帯域とせねばならぬため周波数の有効利用ができず、狭い国土に錯そうする送電線には適用しにくいことと、高速度遮断の後備保護リレーとは両立せぬため高速度遮断はキャリアリレーのみに頼らねばならぬことであると考え。これに対して方向比較方式は同期はずれを検出して遮断回路をロックする必要があり、この点について十分な予備検討が必要である

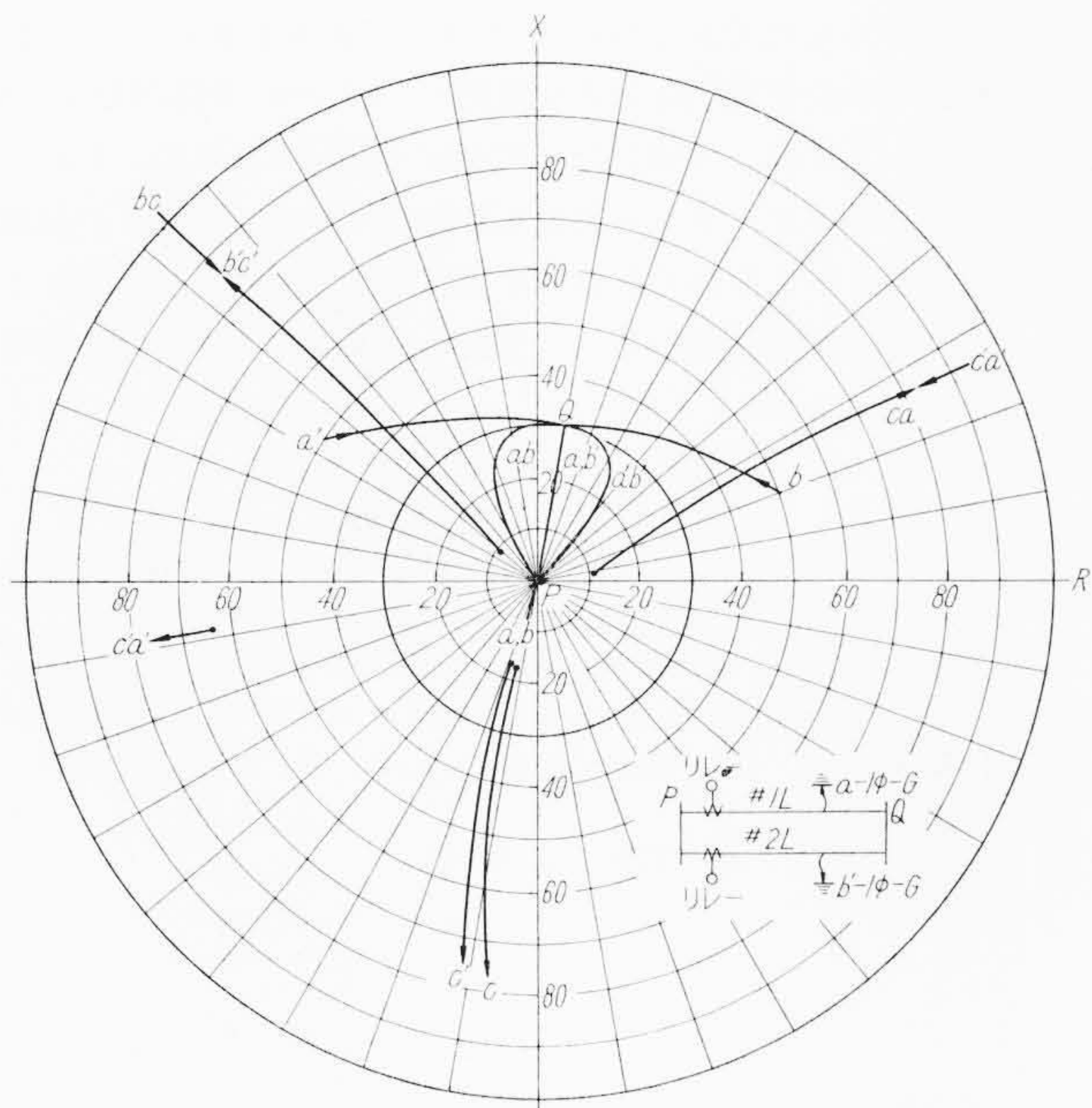
が、一方系統の今後の拡張、強化や高速度リレーおよび再閉路装置の整備に伴い、ロック回路で検出できぬような過酷な同期はずれ現象はあまり問題でなくなるであろうし、またそうあらねばならぬと考える。さらに高速度遮断の後備保護リレーを併用できるから、万一キャリアリレーが不動作であってもキャリアリレーに無関係に大部分の故障を高速度で除去できる。これらの点を考えて、一般の場合には方向比較方式をまず第一に推奨したい。ちなみに諸外国の超高压送電線にも、もっぱら方向比較方式が採用されているようである。

4.2 並行 2 回線送電線のリレー方式

並行 2 回線送電線において両回線にまたがる多重地絡故障が発生した場合を考えてみると、たとえその故障が各回線内においては 1 線地絡故障であっても、従来の 1 回線単位のリレー方式では故障相選別リレーがこれを短絡故障と判定するために、両回線とも短絡リレーによる三相遮断を行い系統の連絡を絶ってしまったり、また逆にその故障点が少し遠ざかると短絡距離リレーはアンダリーチとなって動作せぬため、キャリアリレーなどによらぬかぎり高速度遮断ができないなどの不都合がある。これを防ぐためには根本的には送電線の耐雷設計の面でこのような故障の発生率を減らすように考えるとか、異ルート 2 回線として同時故障を避けるとか、あるいはまた系統構成をループ化するなどの方法をあげることができるが、これらの方法は容易に許されないから結局リレー方式の面でなんらかのくふうを払うことも必要になってくる。

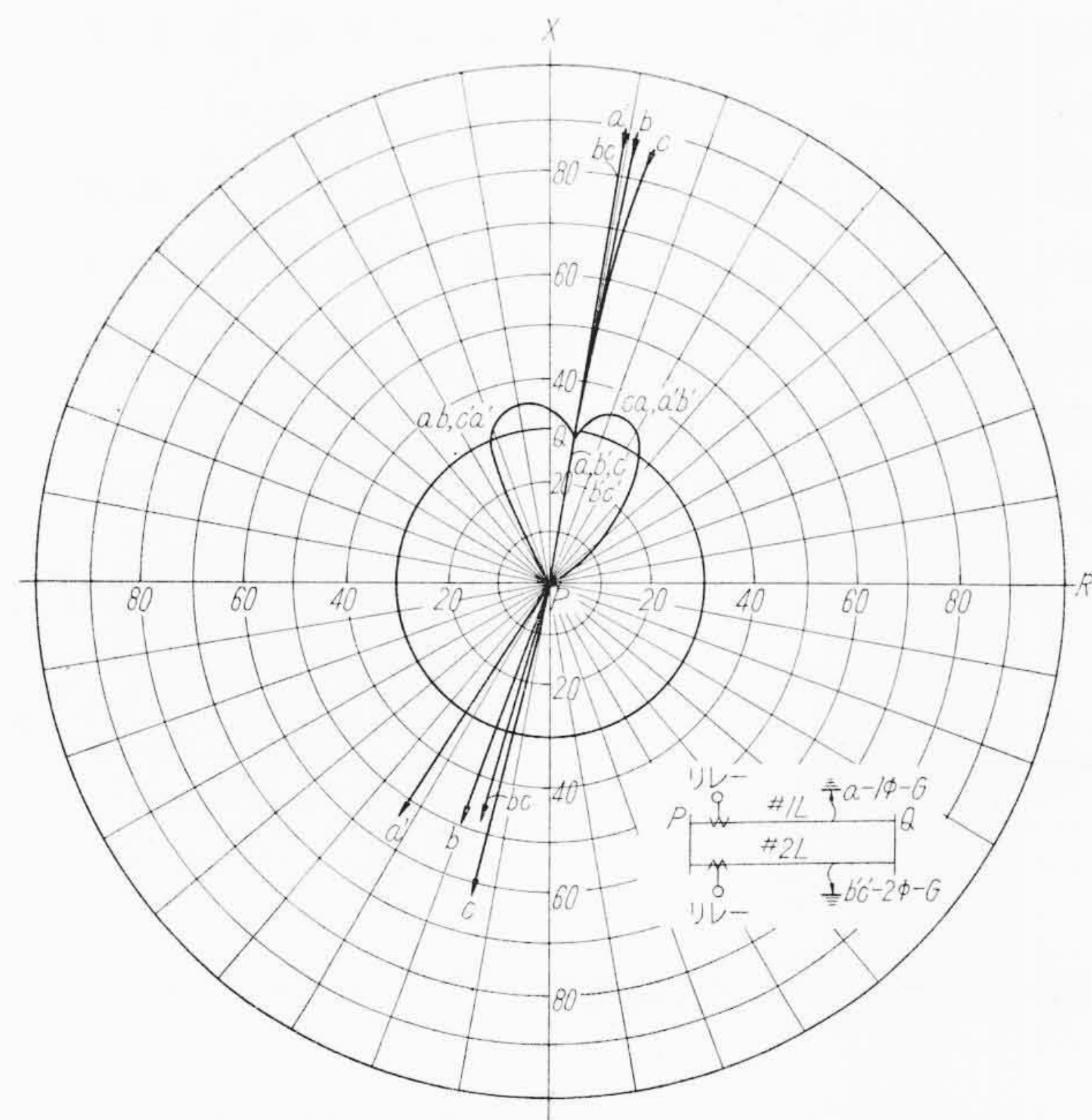
さてここで、故障発生の様相をふり返って考えてみるとまず故障種類としては 1 回線内の地絡故障、2 回線にまたがる地絡故障、1 回線内の短絡故障および 2 回線間の短絡故障などがあるが、もっともひん度の多い雷害による故障は 1 回線内または 2 回線にまたがる地絡故障となるのが普通であり、回線内の短絡故障は雪害の多い地方に発生率が高い。また現在の鉄塔構造から考えて 2 回線間の短絡故障は考慮する必要がないと思われる。以上の考察から発生率の高い地絡故障に対しては故障線のみの単相または多相遮断を行い、地絡を伴わない短絡故障の場合には従来どおりその回線を三相遮断するものとし、しかるのち 2 回線を通じて二相以上の健全線が残っていれば引続いて多相再閉路を行うようにすれば、前記の不都合を防ぎ 2 回線送電の信頼度を著しく向上することができる。さらに雪害の多い地域の送電線に対しては短絡故障の場合にも短絡二相のみを遮断するようにしてもよい。また 2 回線にまたがる多重地絡故障は同時落雷とか鉄塔逆せん絡などがその原因と考えられるため、故障点は両回線同一地点を考えれば十分であろう。この点従来のインピーダンス接地系統の場合とは考え方を考えるべきであり、異地点故障にとらわれすぎると実用面から不利を招くおそれがある。異地点地絡故障も絶無とはいえないが、特に極端な場合を除き、同一地点故障を対象として組立てられたリレー方式の動作に重大な支障を及ぼすことはほとんどないと考えてよいであろう。

さて多重地絡故障時の故障線のみの選択遮断を実現するためには、故障線を確実に検出し、かつ故障点までの距離を正確に測定できる新しい距離リレー方式をまず確立する必要がある。そのため長さ約 150km、両端母線の短絡容量約 5,000 MVA の並行 2 回線のモデル系統を対象として、各種故障時の距離リレーの動作について詳細に検討した。第 10 図はその結果の一例を示したものであるが、たとえば第 10 図(a)から 1 号線の a 相、2 号線 b' 相の異相地絡故障時に、a 相、b' 相の地絡距離リレーは正確に動作するが、a b 相、a' b' 相短絡距離リレーはいずれも正確に動作せずアンダリーチとなることがわかる。この場合地絡距離リレーは故障点抵抗を 0 としているため正確に動作するが、一般には 2 線地絡時進相側のリレーがオーバーリーチするおそれがあることを考えておかねばならない。



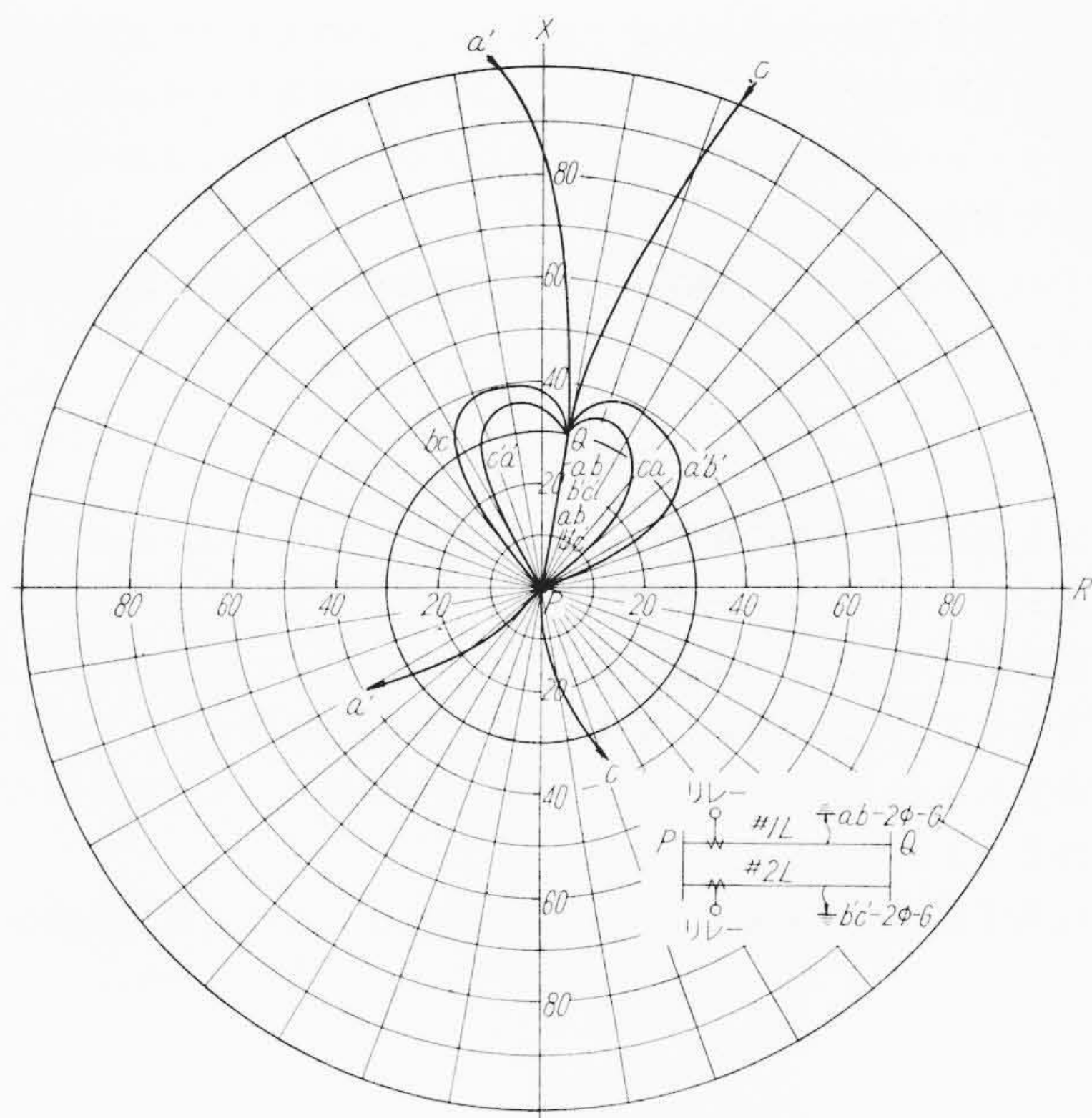
注: a, b, c または a'b'c' とあるは地絡距離リレー ab, bc, ca, または a'b', b'c', c'a' とあるは短絡距離リレーの測定するインピーダンスを示す。' を付したのは2号線である。

第10図(a) 多重地絡故障時距離リレーの測定するインピーダンス (a—b'故障)

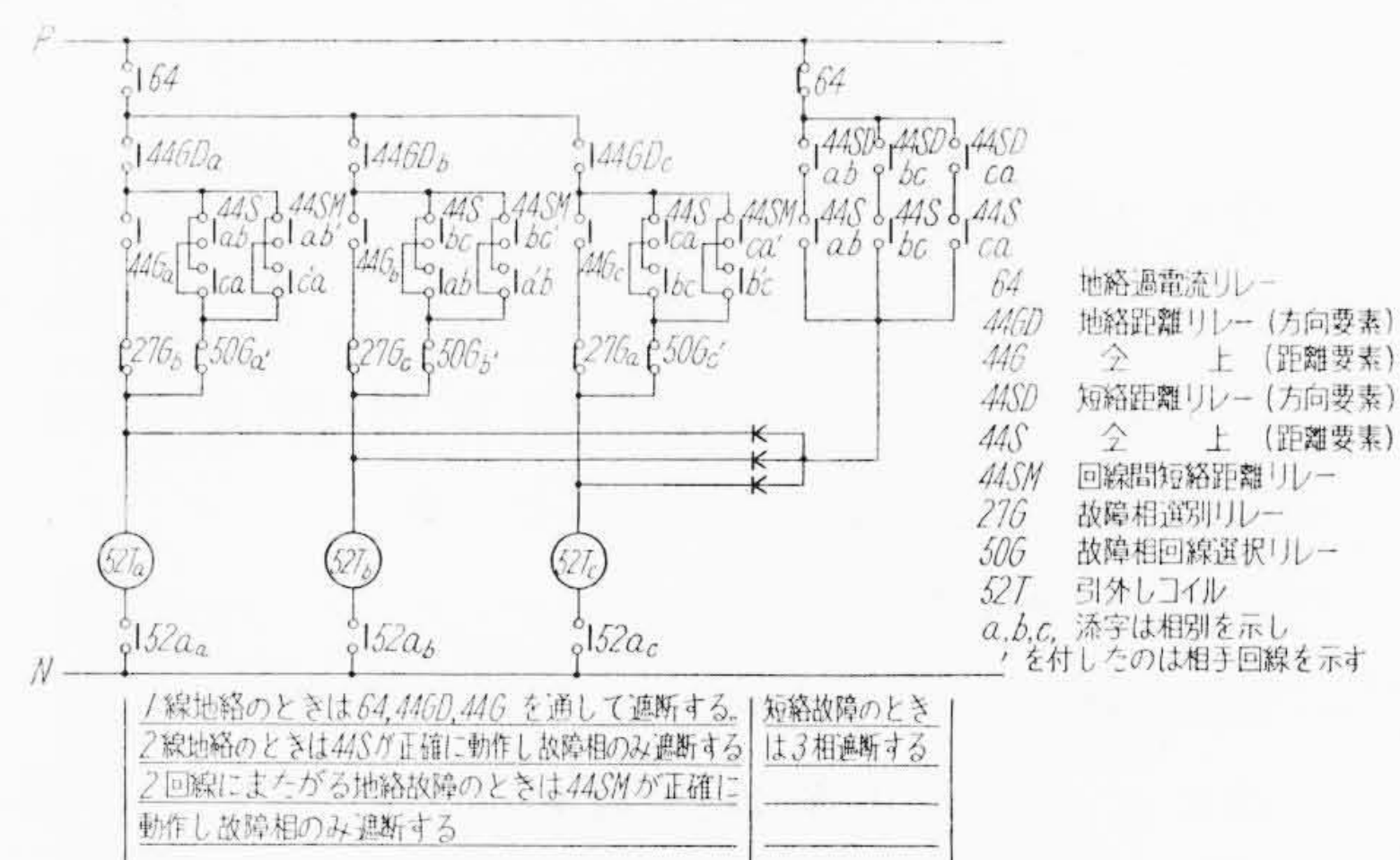


第10図(b) 多重地絡故障時距離リレーの測定するインピーダンス (a—b'c'故障)

このような詳細な検討の結果、従来の地絡距離リレーおよび短絡距離リレーは、その回線内の单相および多相故障保護用とし、2回線にまたがる故障に対しては新たに2回線にまたがる短絡距離リレーを導入することにした⁽⁶⁾。たとえば1号線a相、2号線b'相の異相地絡故障に対して、a相とb'相の電流を導入した短絡距離リレーによって正確に距離測定を行わせようとするものである。このリレーは回線内および回線間の相互インダクタンス L_e' , L_e'' が相等しくないためこの差に基く距離測定誤差を生ずるが、誤差の値は通常2～3%程度で実用上問題にならない。またこの距離リレーは2回線三相の組合わせで6個必要であるが、目的から考えて当然第1段要素のみを備えておればよいから、従来の装置に簡単に付加することができ、また従来の方式とも十分協調を保つことができる。第11図



第10図(c) 多重地絡故障時距離リレーの測定するインピーダンス (a, b.—b'c'故障)



第11図 並行2回線送電線の距離リレー方式原理説明図

は新しい距離リレー方式の原理図である。

つぎに新しい距離リレー方式により第1段整定範囲内の故障に対しては故障線だけの選択遮断が可能であるが、それ以遠の残余10～20%の区間に対してはパイロットリレー方式を併用せねば高速度遮断ができない。この場合パイロットワイヤリレー方式とかマイクロ波によるキャリヤリレー方式の場合には通信路に余裕が多いから、2回線に対し6チャンネルを用いることにより、故障点がどこにあっても故障線だけを選択遮断することができ、6相位相比較方式などの新方式が考えられている⁽⁷⁾。しかし電力線キャリヤを用いたキャリヤリレー方式では6チャンネルを確保することは不可能に近く、たとえ多重化などのくふうを払って必要チャンネル数を減少したとしても、伝送回路をも含めて考えねばならぬから、健全線伝送の理想をくずさないかぎり無意味である。したがって電力線キャリヤによるキャリヤリレー方式の場合には、キャリヤリレーは従来と同様の方式とし、これに前述の新しい距離リレー方式を付加して両端局で独立に判定できる範囲内の故障に対しては故障線だけの選択遮断を行い、従来方式の特性を向上させることが考えられている。

4.3 特殊送電線に対するリレー方式

直列コンデンサ補償送電線においては故障時の保護ギャップの放電が不確定であるため、距離リレーがオーバリーチしたり方向リレーが方向性を誤ったりする問題があるので、位相比較キャリヤリレー方式を主体とすることが望ましい。

また背後電源の有無が不定であるとか、その大きさの変動が激しいような送電線では、500 $\sim$ 程度隔った異周波方式とすれば、キャリアリレー方式に融通性をもたせることができ、特に 3 端子送電線などで有効になる。

そのほか種々の特殊問題があるが紙面の都合で割愛し次の機会にゆずりたい。

5. 結 言

以上超高圧送電線の保護リレー方式としてパイロットワイヤリレー方式とキャリアリレー方式について説明した。特に並行 2 回線の多重地絡故障に対する保護リレー方式の確立は、わが国の国情に应ずるものとして、われわれ日本のリレー技術者に課せられた大きな使命であるが、これについてもすでに検討を終り、すぐれた新方式を得ることができた。

超高圧送電線の保護リレー方式は場合によっては大電力系統全体

の死命を制するものであるから、いたずらに新奇を求めることなく、十分に検討された正統的な方式を採用し、またその各種部分も性能、信頼度において十分に吟味したものを使用せねばならぬ。われわれは現在多数のキャリアリレー装置を製作中であり、今後この経験を十分に生かしていく所存である。本稿では単に概要を述べるにとどまったが、超高圧送電線のリレー方式の計画にいくぶんでも参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- (1) 渡井, 柴田, 中山: 日立評論 41, 764 (昭 34-6)
- (2) 渡井, 奥田, 村上: 電気三学会北陸連大 (昭 33-4)
- (3) 猿渡, 渡井: 日立評論 35, 1569 (昭 28-11)
- (4) 三上: OHM 電力用エレクトロニクス号, 86 (昭 32-9)
- (5) R. C. Cheek, J. L. Blackburn: E. E. 71, 215 (1952)
- (6) 特許出願中
- (7) 大塚: 電力 43, 770 (昭 34-5)

Vol. 42

日 立 評 論

No. 6

◎火力発電所用高温高压配管に関する一般的考察
 ◎復水器冷却水循環システムのサイホン効率
 ◎日立空気作動式汽罐自動燃焼制御装置
 ◎固体絶縁材料の耐コロナ性
 ◎新型配電用メタルクラッド配電盤
 ◎電動機用グリースの検討 (第 1 報) 一般性状について
 ◎株式会社中山製鋼所納 400 kW 酸素ガス圧縮機
 ◎仙山線交流電気機関車用シリコン整流器

◎電 車 用 集 中 式 冷 房 お よ び 電 源 装 置
 ◎最近のサーボコンピュータについて
 ◎CT-150 形色差方式カラーテレビ受信機
 ◎モータレット試験による絶縁ワニスの寿命評価
 ◎超高圧ケーブル用絶縁用の V-t 特性と吸湿
 ◎数種フェライト系耐熱鋼の高温機械的性質
 ◎工業用電動機発電機の据付けおよび試運転 (その 4)

別冊 35 号

日 立 評 論

「電線ケーブル特集号」

◎400 kV 級 超 高 圧 送 電 線 (4 導 体) の 短 絡 実 験
 ◎超高圧送電線のラジオ障害に及ぼす正負コロナ
 ◎送電線架線張力決定に関連した二、三の問題
 ◎導電用アルミニウム合金の耐食性と熱処理の関係
 ◎パイプタイプガスコンプレッションケーブルの諸特性
 ◎3 心 OF ケーブル系統の重力、圧力両油槽併用方式の油圧変化
 ◎アナログ計算機による OF ケーブルの過渡油圧計算法

◎OF ケーブル油の課電時における酸化安定性
 ◎特高ブチルゴムケーブルの絶縁強度
 ◎ポリエチレンケーブルの絶縁破壊に関する極性効果
 ◎電線被覆用としての共重合ポリエチレンの特性
 ◎薄肉ポリエチレン絶縁市内星ケーブルの製造に関する考察
 ◎テ レ グ ラ ス ワ イ ヤ の 諸 特 性
 ◎電線用高分子末料の高電圧下における特殊劣化

発 行 所 日 立 評 論 社
 取 次 店 株式会社オーム社書店

東京都千代田区丸ノ内 1 丁目 4 番地
 東京都千代田区神田錦町 3 丁目 1 番地

振替口座東京 71824 番
 振替口座東京 20018 番