

パイロットワイヤリレー方式の進歩

Improvement of the Pilot Wire Relay System

渡井 三 夫* 柴田 満 男** 中山 敬 造***
Mitsuo Watai Mitsuo Shibata Keizō Nakayama

内 容 梗 概

パイロットワイヤリレーの最近のおもな問題点として、高圧ケーブル送電線の接地保護方式と多端子送電線への適用などがある。この現状にこたえて、それぞれの目的に適した新方式を開発した。また性能的には特にサージ電流耐力を向上することに主眼をおき、構造的には各部の要素を小形化し一体として取扱いを便利にするなどの工夫を払った。このようにして一連の新しいパイロットワイヤリレーを完成したのでその内容につき紹介する。

1. 緒 言

短距離送電線の高速選択保護継電方式としては、パイロットワイヤリレー方式が最適であることは周知のとおりである。その適用の範囲は近時ますます広がり、今や汎用リレーの感さえある。したがって、パイロットワイヤリレーとしては、保護すべき送電線の状況によく適応したものにするにはもちろん、さらにいっそう合理化して「使いやすい」リレーとすることも必要である。そのために、さきに開発した電流環流式パイロットワイヤリレー方式⁽¹⁾⁽²⁾を基本として、新しく一連のパイロットワイヤリレーを完成した。

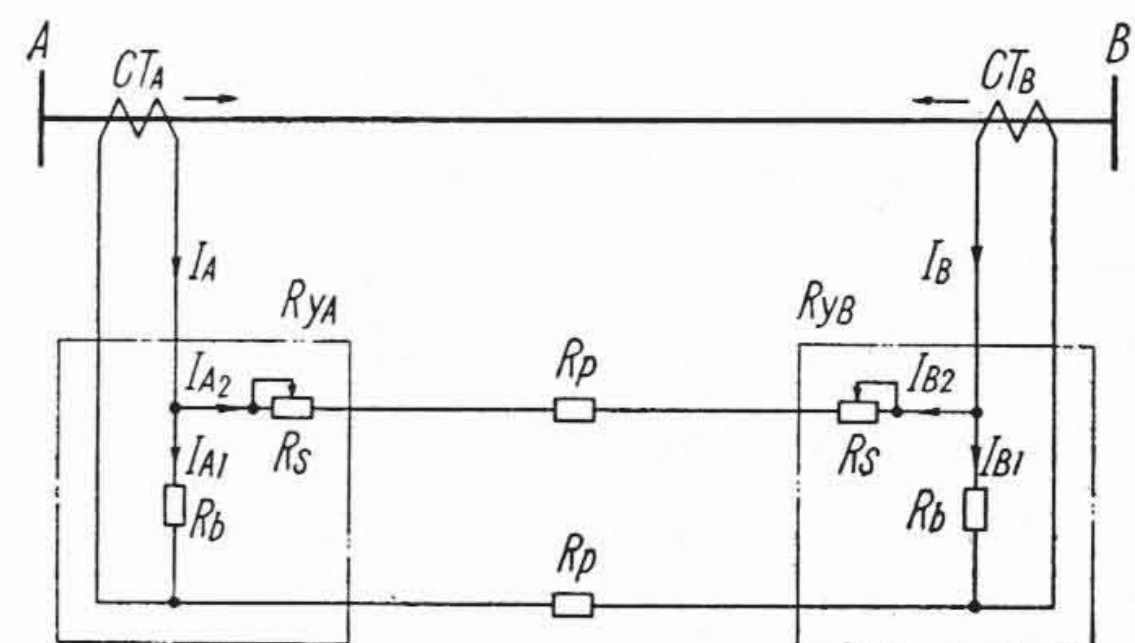
また高圧ケーブル送電線においては、そのキャパシタンスが大きいため、接地保護方式に対して、定常時、過渡時ともに種々の困難な問題があるが、日立製作所日立研究所に設置された模擬ケーブル送電線を活用して各種の面から慎重に検討した結果、動作の確実なケーブル送電線用パイロットワイヤリレーを開発することができた。

さらに多端子送電線においては、各端の変流器特性の不一致が区間外故障時に無電流端子リレーの誤動作の原因となるが、非直線インピーダンスを導入して変流器特性に相補性を与えることによって、この問題を解決した。

2. 一般送電線のパイロットワイヤリレー方式

2.1 動作原理

第1図A, B両端の変流器 CT_A , CT_B の二次電流をそれぞれ R_{yA} , R_{yB} に導入し第1図のような抵抗回路を経たのち、片道抵抗が R_p であるようなパイロットワイヤ



第1図 パイロットワイヤリレー動作原理説明図

で相互に接続したとする。次に CT_A , CT_B の二次電流をそれぞれ図示の方向にとって I_A , I_B とし、まず I_A について考えると、 I_A は抵抗 R_b の回路に pI_A , 抵抗 R_s を経て B 端に至るパイロットワイヤ回路に qI_A の割合で分流する。 p, q は容易にわかるように

$$p = \frac{R_b + 2(R_s + R_p)}{2(R_b + R_s + R_p)} \quad q = \frac{R_b}{2(R_b + R_s + R_p)}$$

$$p + q = 1$$

となる。ここでリレー内部の調整抵抗 R_s によって

$$R_b = k_1(R_s + R_p), \quad k_1: \text{リレー定数} \dots (1)$$

となるように調整すると、 p, q は下記のように書き改められる。

$$p = \frac{k_1 + 2}{2(k_1 + 1)}, \quad q = \frac{k_1}{2(k_1 + 1)} \dots (2)$$

一方 I_B も I_A と同様に分流するので、これを総合して考えると第1図中の I_{A1} , I_{A2} および I_{B1} , I_{B2} は下記のようになる。

$$\left. \begin{aligned} I_{A1} &= pI_A + qI_B, & I_{A2} &= qI_A - qI_B \\ I_{B1} &= pI_B + qI_A, & I_{B2} &= qI_B - qI_A \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

さてここで、A端のリレー R_{yA} では動作要素に $k_1 I_{A1} - I_{A2}$, 抑制要素に I_{A2} なる電流を導入し、また B端のリレー R_{yB} に対しても同様に、それぞれ $k_1 I_{B1} - I_{B2}$ と I_{B2} を導入すると式(2), (3)より次の関係が得られる。

* 日立製作所多賀工場
** 日立製作所日立研究所
*** 日立製作所国分工場

$$\left. \begin{aligned}
 Ry_A \text{ 動作要素: } k_1 I_{A1} - I_{A2} &= \frac{k_1}{2} (I_A + I_B) \\
 \text{抑制要素: } I_{A2} &= \frac{k_1}{2(k_1 + 1)} (I_A - I_B) \\
 Ry_B \text{ 動作要素: } k_1 I_{B1} - I_{B2} &= \frac{k_1}{2} (I_A + I_B) \\
 \text{抑制要素: } I_{B2} &= \frac{-k_1}{2(k_1 + 1)} (I_A - I_B)
 \end{aligned} \right\}$$

k_1 : リレー定数

.....(4)

式(4)からわかるようにリレー動作要素に流れる電流は両端電流の和($I_A + I_B$)に比例し、また抑制要素に流れる電流は両端電流の差($I_A - I_B$)に比例する。したがって平常状態および区間外故障時には $I_A = -I_B$ となるため動作電流は小さく抑制電流は増大してリレーの動作を阻止し、逆に区間内故障の場合には、いずれか一端で電流方向が反転するため動作電流が増加し抑制電流は減少してリレーは動作する。また区間内故障時に、故障電流が一端のみから供給される場合にも、両端のリレーは同時に動作できることはもちろんである。

以上説明した動作原理のうち、その根本的な考え方は日立電流環流式パイロットワイヤリレー方式⁽¹⁾⁽²⁾としてすでに各所の送電線保護用に多数納入され、良好な実績をあげているが、次節以降に説明する新形のパイロットワイヤリレー方式もすべてこの原理を踏襲している。従来のものをよりいっそう合理的にするため改善、工夫を払った点は下記のとおりである。

(1) 総合変流器、差動変成器、抵抗器およびリレー要素を再検討し小形化して一体とし取扱いを便利にした。

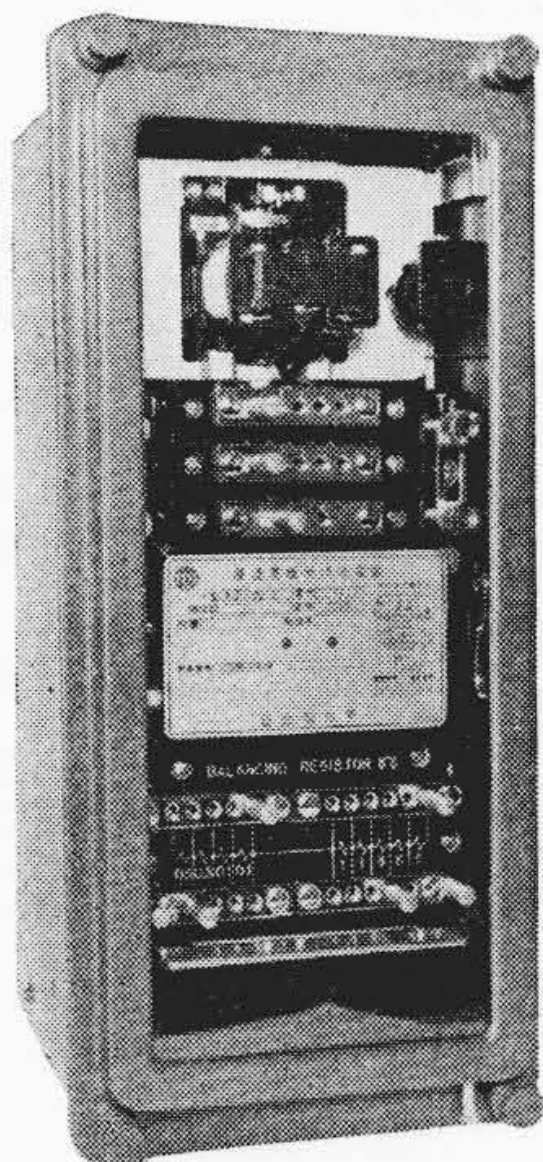
(2) リレー内部に試験用端子を設け各部要素を詳細に試験できるようにした。

(3) 基準抵抗を一定にし、適用する送電線のパイロットワイヤ抵抗に応じて平衡用抵抗を調整するようにして常に同じ特性をうるようにした。

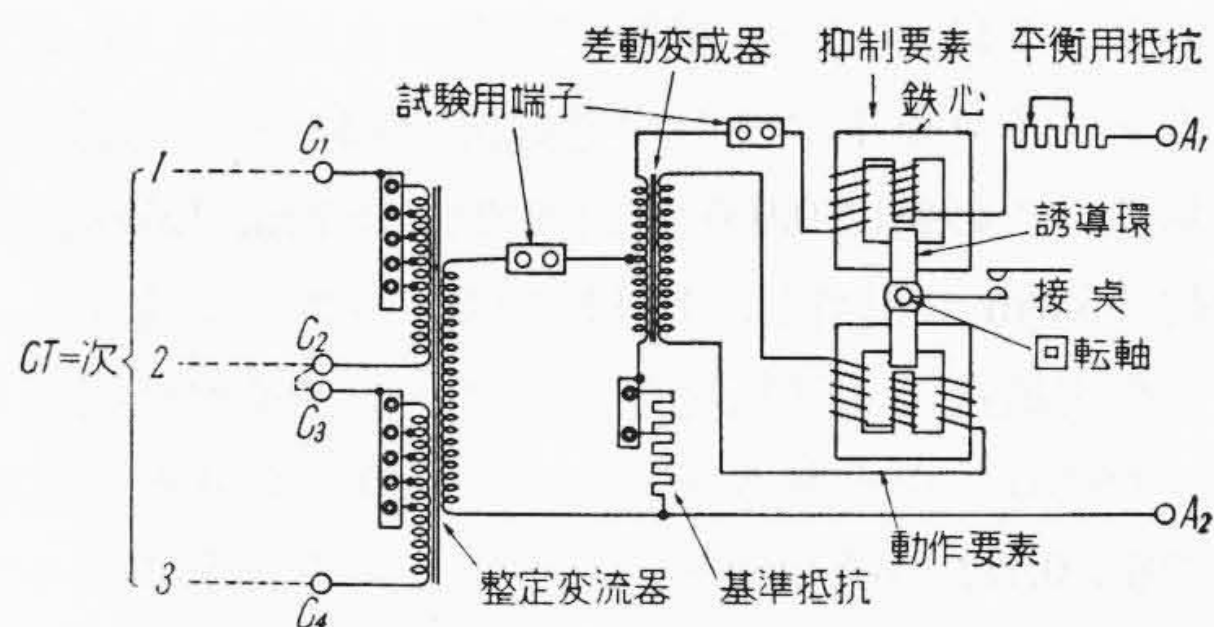
(4) ケーブル送電線に適用するためサージ電流に対する耐力を強めるよう工夫した。

またこの方式が一般のパイロットワイヤリレー方式に比べて特にすぐれている特長として下記の点がある。

(1) 式(4)からわかるように、両端リレーの動作条



第2図 KD₂形パイロットワイヤリレー



第3図 KD₂形動作原理説明図

件はパイロットワイヤ抵抗などには一切無関係であり、また両端がつねに同一条件となっているから、両端リレーの不揃い動作や、それに基く片端の先行遮断などを考慮する必要がない。

(2) リレーの動作電流はパイロットワイヤ抵抗すなわち送電線亘長やパイロットワイヤの線種に関係なく一定とすることができる。また消費ボルトアンペアにも変化がない。したがって保護送電線の変更、リレーの移設などの場合にも、新しいパイロットワイヤ抵抗に応じて調整抵抗を整定するだけで、常に同一特性を持たせることが可能である。

2.2 KD₂, KD₃ および KD₄ 形パイロットワイヤリレー

パイロットワイヤリレー方式には短絡および接地故障保護用にそれぞれ専用のリレーを用いる4線式と共通のリレーを用いる2線式とがある。KD₂形およびKD₃形はそれぞれ短絡および接地保護用であって4線式として使用し、KD₄形は短絡接地保護共用であって2線式として使用する。

(1) KD₂形パイロットワイヤリレー

第2図は本器の外観を、第3図は動作原理図を示し、整定変流器、差動変成器、基準および平衡用抵抗器と、動作および抑制要素よりなるリレー要素、さらに試験用端子などからなっている。

リレー要素は誘導環形の構造になっており、同一回転軸に動作および抑制要素の誘導環が配せられ、それらの回転力の差によって動作するようになっている。

整定変流器は総合変流器(三相→单相)をなし、一次線輪に設けたタップにより片端電源三相短絡に対し2~7Aで動作するようになっている。この二次電流は基準抵抗に流れる電流と、平衡用抵抗を経て相手端に流れる電流に分れるが、本リレーにおいては式(2)(4)における $k_1 = 1$ となるように差動変成器の巻数が選ばれている。

基準抵抗は式(1)に見るように本リレーが適用できる最大パイロットワイヤ抵抗を示し、これはパイロットワイヤリレー方式の適用限度、消費ボルトアンペアの両面から適正な値が要求され、本リレーにおいては5Ωおよび10Ωの2点に切り替えられるようになっ

ている。 5Ω の場合、絶縁変流器の変流比を10:1とするとパイロットワイヤ片道抵抗 500Ω まで整定可能であり、この値は 0.9ϕ の銅線で約18km、 1.6ϕ 銅線で約55kmに相当し、 10Ω ではこの2倍に達する。

平衡用抵抗は基準抵抗とパイロットワイヤ抵抗（リレー側換算）を平衡させるもので、0から基準抵抗値までを、 0.1Ω の精度で任意に整定できるようになっている。

本リレーは上述のように主変流器の二次から絶縁変流器端子までの多数の構成要素からなり、リレー端子からだけでは詳細な試験が不可能な部分もあるので内部に試験用端子を設け、これによってすべての試験が行われるようになっている。

本リレーは故障発生後1~2~程度の高速度で故障の選択を行うので、外部故障時に変流器の過渡的比誤差、位相誤差などにより両端変流器の二次電流に差異を生じても誤動作しないように抑制効果が付与されており、区間に流入する電流と流出する電流との間に50%の不平衡があるまで動作しない。第4図はこれを示す比率特性である。

(2) KD_3 形パイロットワイヤリレー

本器の構成は KD_2 形と同様で整定変流器には $0.4\sim 1.5A$ のタップが設けられており、また比率特性も50%になっている。本器は架空送電線はもちろん、ケーブル送電線でも充電電流の影響が比較的小さく、検出感度がそこなわれない範囲で接地保護に適用できるように、三次短絡巻線を有する特殊の差動変成器とその出力側に設けたL、Cからなるサージ吸収回路により故障電流に直流分を含む場合にも、また大きなサージ電流が含まれている場合でも、誤動作がないように考慮されている。

第5図は本器の耐サージ特性を示し、第3高調波のサージに対しては感度電流の40倍、第5高調波のサージ

に対しては80倍以上のサージに耐えることができる。第6図はサージ吸収回路の動作を示すオシログラムの一例である。

(3) KD_4 形パイロットワイヤリレー

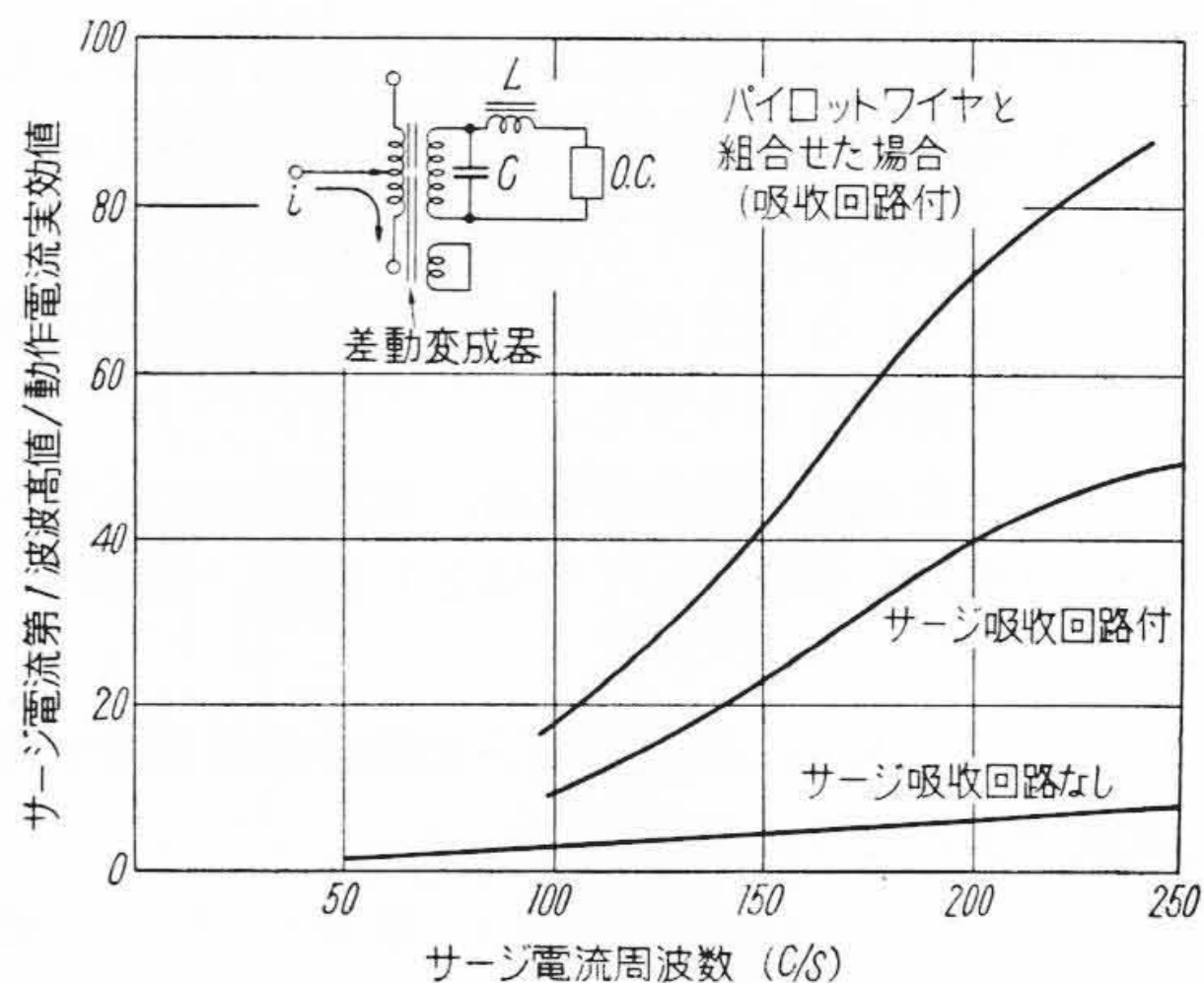
本器は2線式パイロットワイヤリレー用で2本のパイロットワイヤにより短絡と接地の保護を行うことができ、既設ケーブルなどパイロットワイヤに制限がある場合にも完全な保護が可能である。

本器の構成は整定変流器が総合変流器をなしているほかは KD_3 形と同じで、その適用も KD_2 形、 KD_3 形と同様である。

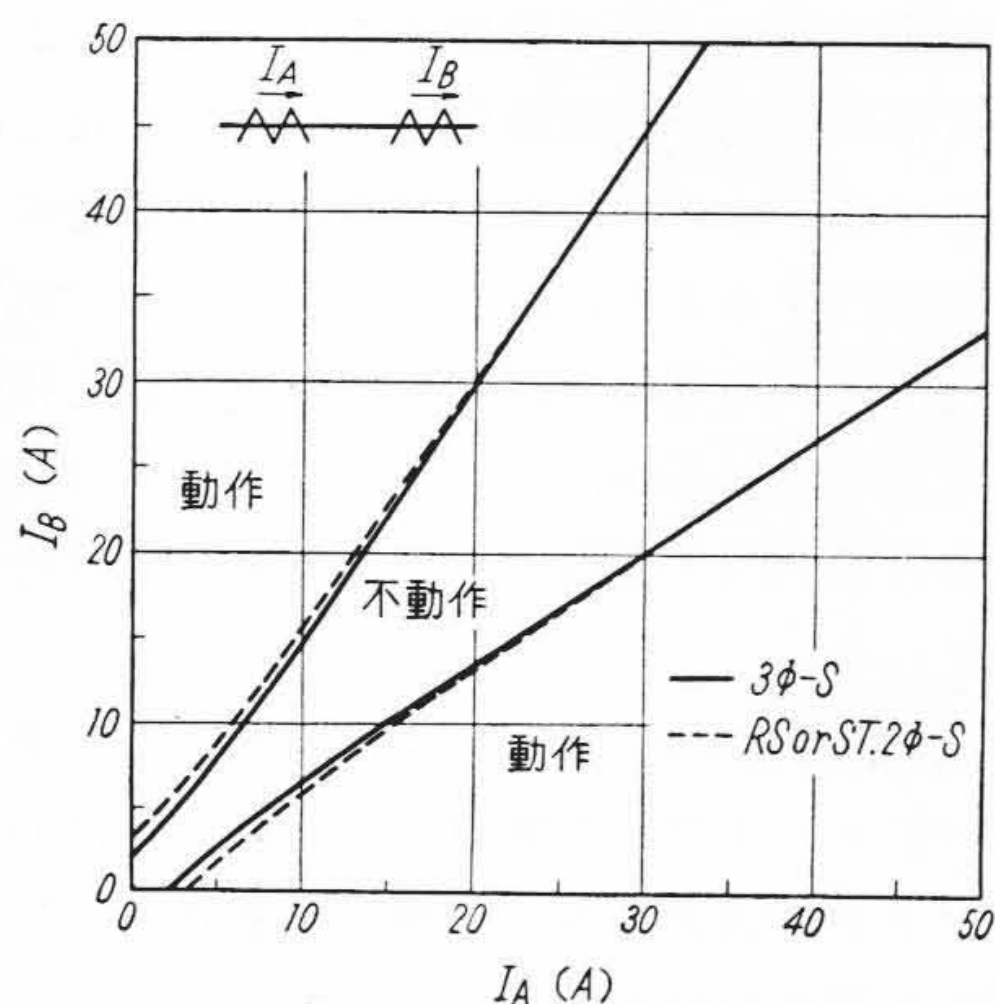
3. ケーブル送電線のパイロットワイヤリレー方式

3.1 ケーブル送電線における問題点

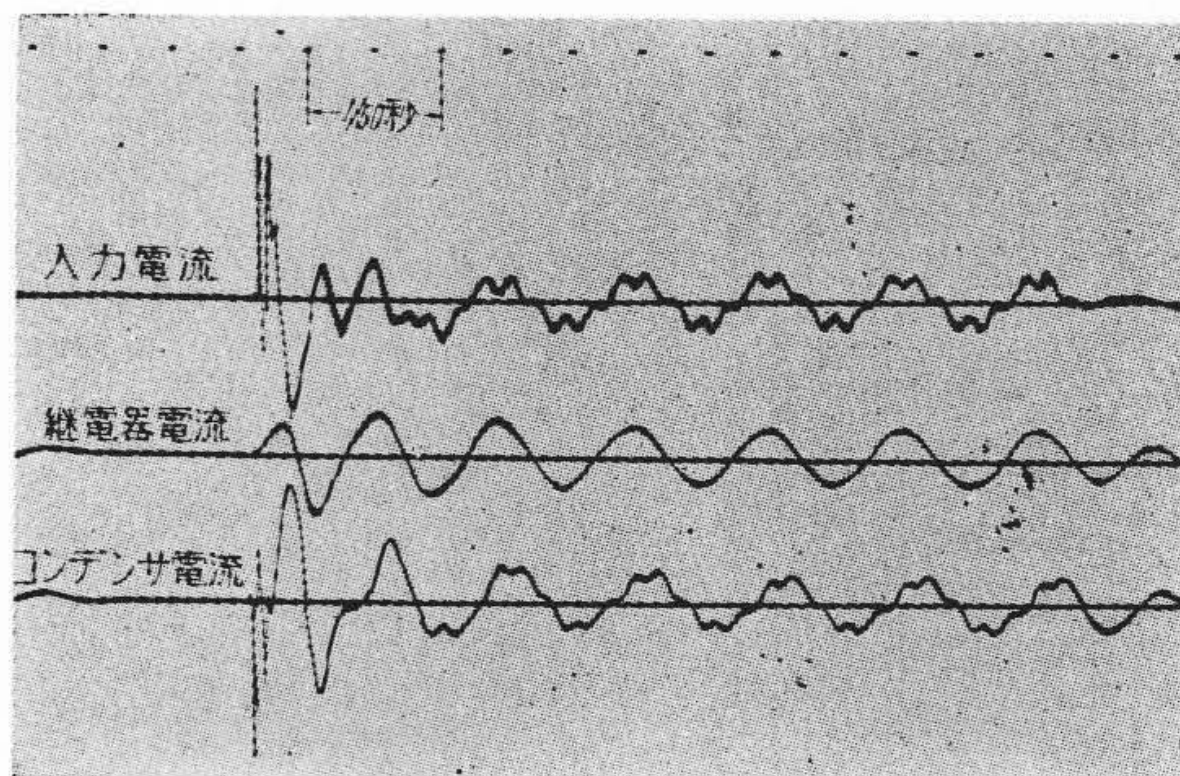
ケーブル送電線は架空送電線に比較してインダクタンスが小さく逆にキャパシタンスが大きいという電気的定数の相異や、絶縁構造の複雑さなど機械的な構成の相異に起因して、特に接地保護方式に対し種々困難な問題を提起している。すなわち



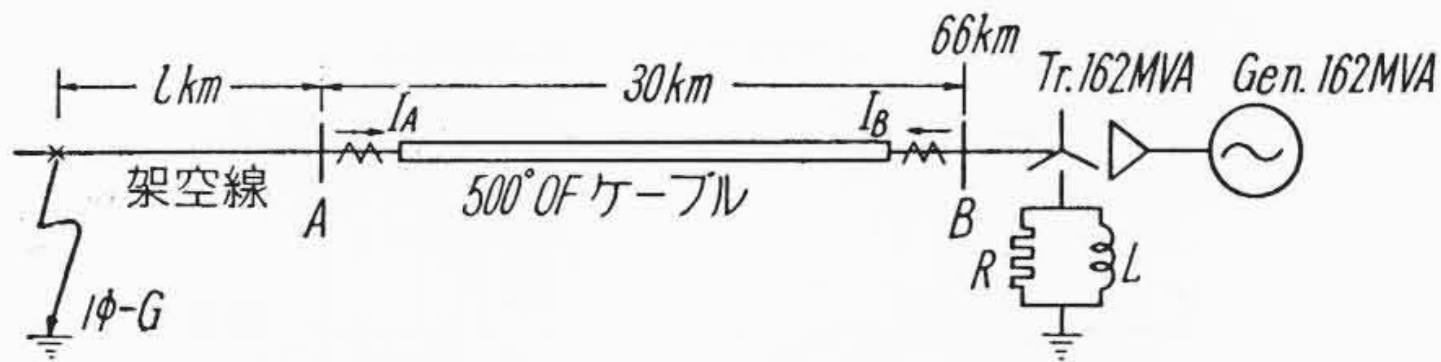
第5図 KD_3 形耐サージ特性



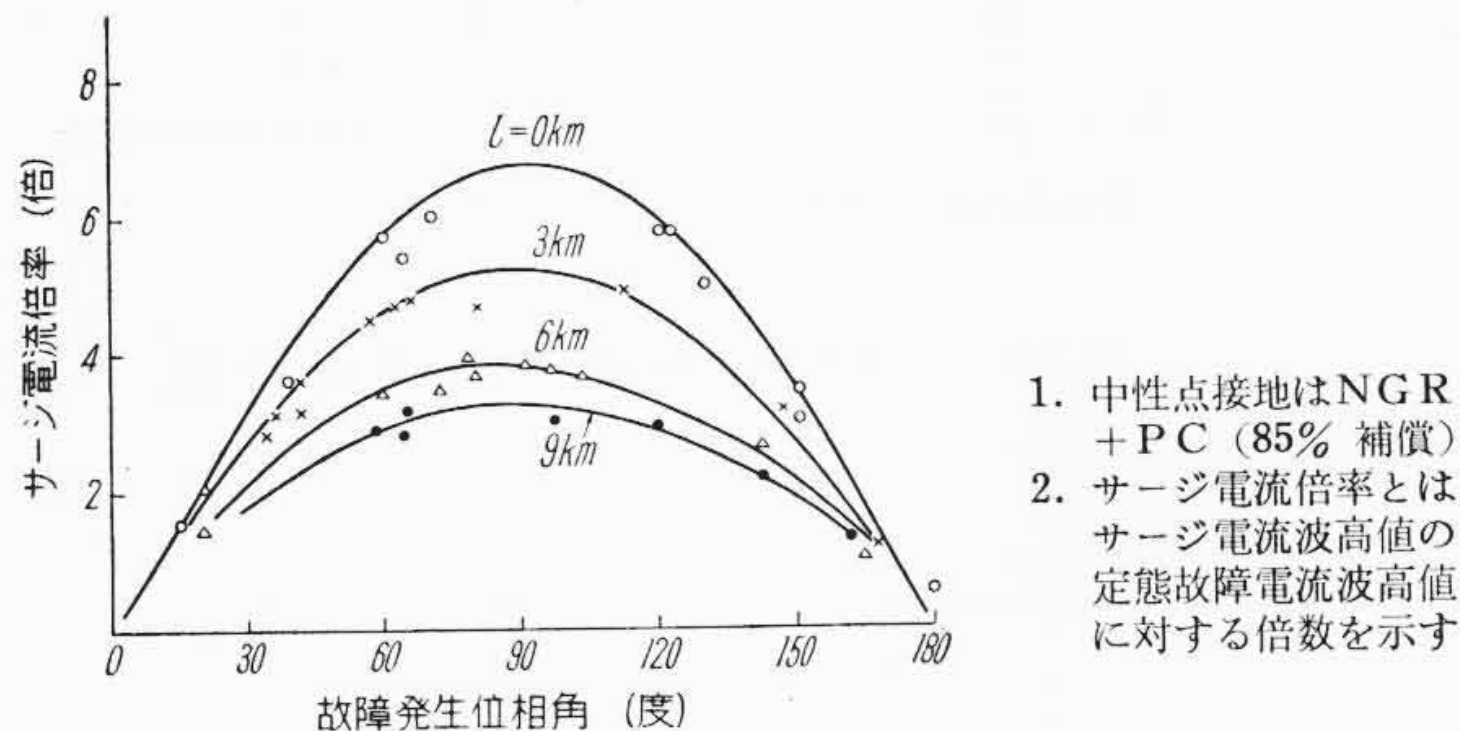
第4図 KD_2 形比率特性



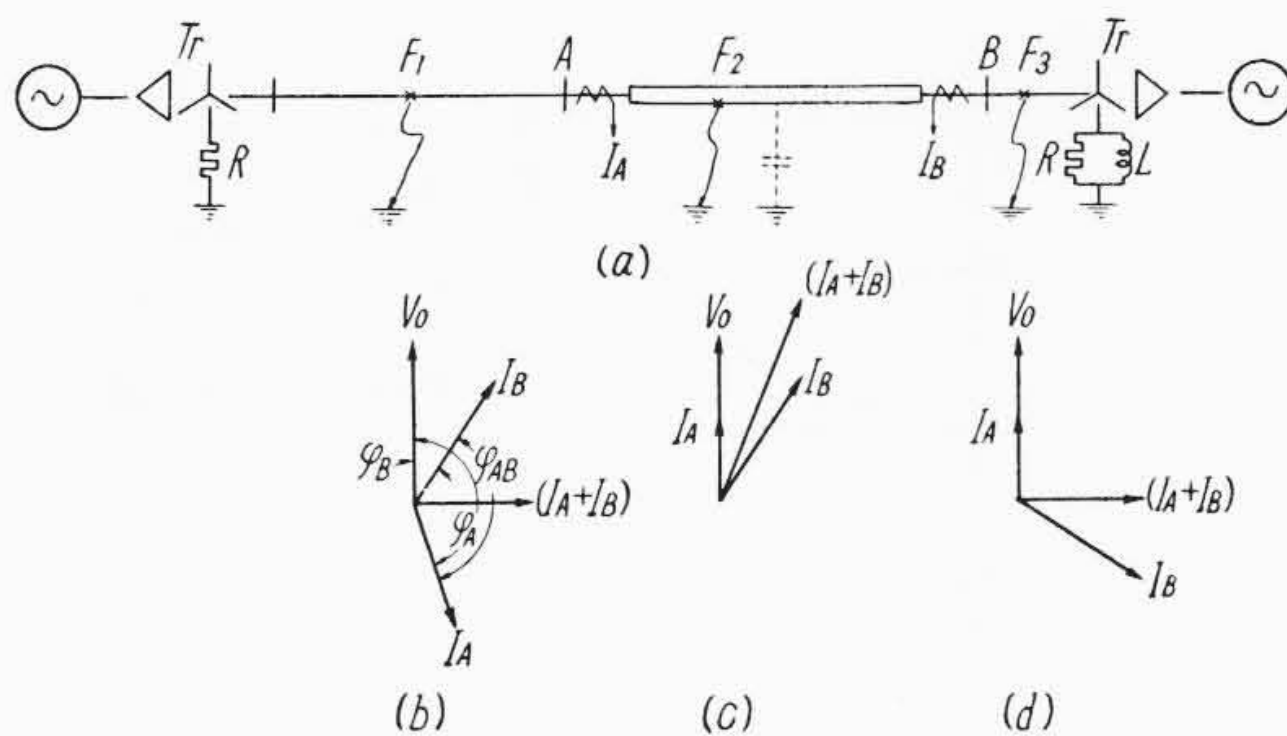
第6図 サージ吸収回路の動作オシログラム例



第7図 ケーブル送電線系統



第8図 故障発生位相角と電流サージ倍率との関係



第9図 ケーブル送電線の故障電流ベクトル図

(1) 保護区間内充電電流は区間外故障の場合も普通の電流差動方式のパイロットワイヤリレーに対しては内部故障電流と同様に働くので、これによる誤動作を防ごうとするとリレーの検出感度が著しく悪くなるおそれがある。

(2) 故障発生瞬時、故障中の系統分離時、および故障除去時などに、サージ電流とよばれる過渡電流が流れ高速度リレーの誤動作を招く危険がある。

日立製作所日立研究所ではこの問題の重要性にかみ、現象の究明を行うとともに実系統におけると同様な状態でリレーの動作を検討するために、新たに模擬ケーブル送電線設備を設置した。この設備を利用して第7図のごとく 66 kV OF ケーブル送電線 30 km に架空送電線が連繫された一つのモデル系統を模擬し、架空線上の故障点の位置、中性点接地方式、および故障発生位相角などを変更して種々の面から検討を行った。特に問題になるサージ電流については、故障発生瞬時に第7図Aに生ずるものを代表的に採り上げた。

その測定結果の一例を第8図に示している。

現在までに明らかになった点を整理すると下記のようなものである⁽³⁾。

(1) 故障発生時に現われるサージ電流は基本周波数よりも高い減衰性電流で約 0.5 秒で消滅した。その周波数は故障点がケーブル送電線出口に近づくほど高く、遠ざかるほど低くなり、基本周波数の約 3 ～ 5 倍であった。

(2) サージ電流の定態故障電流に対する倍率は最大約 7 倍に達し、故障点がケーブル送電線出口に近づくほど、また故障発生位相角が 90 度(または 270 度)に近いほど、さらに抵抗リアクトル並列接地系で補償度の大きいほど大となった。

(3) 零相電圧は両端子とも特に著しい特異現象はみられなかった。

(4) サージ電流第1波の零相電圧に対する位相は、電流方向をケーブル内部方向にとったとき零相電圧と逆位相であった。

3.2 動作原理

以上説明したケーブル送電線における問題点を解決し、かつ一般送電線用のものと同じ効果をうるためには、ケーブル送電線接地保護用パイロットワイヤリレーに対し本質的に次のような特性が要求される。

(1) 区間内充電電流の大小に関係なくその影響を受けぬこと。

(2) 故障発生瞬時だけでなく、故障継続中および除去時においても、電流サージによる誤動作がないものであること。すなわちほかの補助手段によらず本質的にサージ電流耐力のあること。

ここで第1図にもどり、A 端リレー Ry_A の動作要素には電流 $(k_1 I_{A1} - I_{A2})$ と零相電圧 V_0 を、また抑制要素には電流 I_A ならびに $k_2 \{k_1 I_{A1} - (k_1 + 2) I_{A2}\}$ (k_2 : リレー定数) を導入し、それぞれの積によって回転力を生ずるように構成すると式(2)(3)および(4)より

$$k_1 I_{A1} - I_{A2} = \frac{k_1}{2} (I_A + I_B)$$

$$k_2 \{k_1 I_{A1} - (k_1 + 2) I_{A2}\} = k_1 k_2 I_B$$

となるから、したがって

$$Ry_A \text{ 動作回転力: } \frac{k_1}{2} (V_0 I_A \cos \varphi_A + V_0 I_B \cos \varphi_B)$$

$$\text{抑制回転力: } k_1 k_2 I_A I_B \cos \varphi_{AB}$$

$$k_1, k_2 : \text{リレー定数}$$

$$\varphi_A, \varphi_B : V_0 \text{ と } I_A, V_0 \text{ と } I_B \text{ の間の位相角}$$

$$\varphi_{AB} : I_A \text{ と } I_B \text{ の間の位相角}$$

$$\dots\dots\dots (5)$$

となる。また B 端リレー Ry_B についても同様に考え

ると(5)式と同じ結果になることは明らかであり、この場合にも2.1で述べた特長がそのまま生かされている。さて第9図(a)のようなケーブル送電線を仮想し、図中の F_1 , F_2 および F_3 点にて1線接地故障が発生した場合のA, B端電流 I_A , I_B のベクトル関係を考えると同図(b), (c), (d)のようになる。この図からわかるように区間外故障の場合には I_A , I_B は逆位相となり式(5)の動作回転力はなくなり抑制回転力よりリレーの動作を阻止するように働くが、区間内故障の場合には、 I_A , I_B とも V_0 と同方向になるため動作回転力を生じ、さらに抑制回転力は逆にリレーの動作を助けるように働く。すなわち式(5)で表わされるような構成のリレーとすれば、区間外故障の場合に保護区間内充電電流の影響をまったく受けないのみでなく、動作要素の力率特性を適当に選べば逆に抑制回転力として利用できることがわかる。

次にサージ電流について考えてみるに、これは V_0 に対して2~3倍以上の周波数となっているため動作回転力は生じない。もちろん高速度形のリレーにおいては、リレー要素に与えられる回転力の瞬時値について検討する必要があるが、サージ電流の強大な第1波は V_0 と逆位相にあり、リレー動作を抑制するように働く。また抑制要素は電流積の形になっているから動作要素に比べて大電流時の回転力はさらに大となり、サージ電流に対する耐力を増すとともに、両端変流器の特性差を補償するのに有効である。

従来のパイロットワイヤリレー方式では V_0 を導入する必要がなく、したがって計器用電圧変成器を要しないことを経済的な利点としていたが、ケーブル送電線用のパイロットワイヤリレー方式では V_0 を導入することによって上述のような種々の利点が得られ、適切な抑制要素と相まって充電電流の影響を受けず、しかもサージ電流に強いリレーとすることができる。

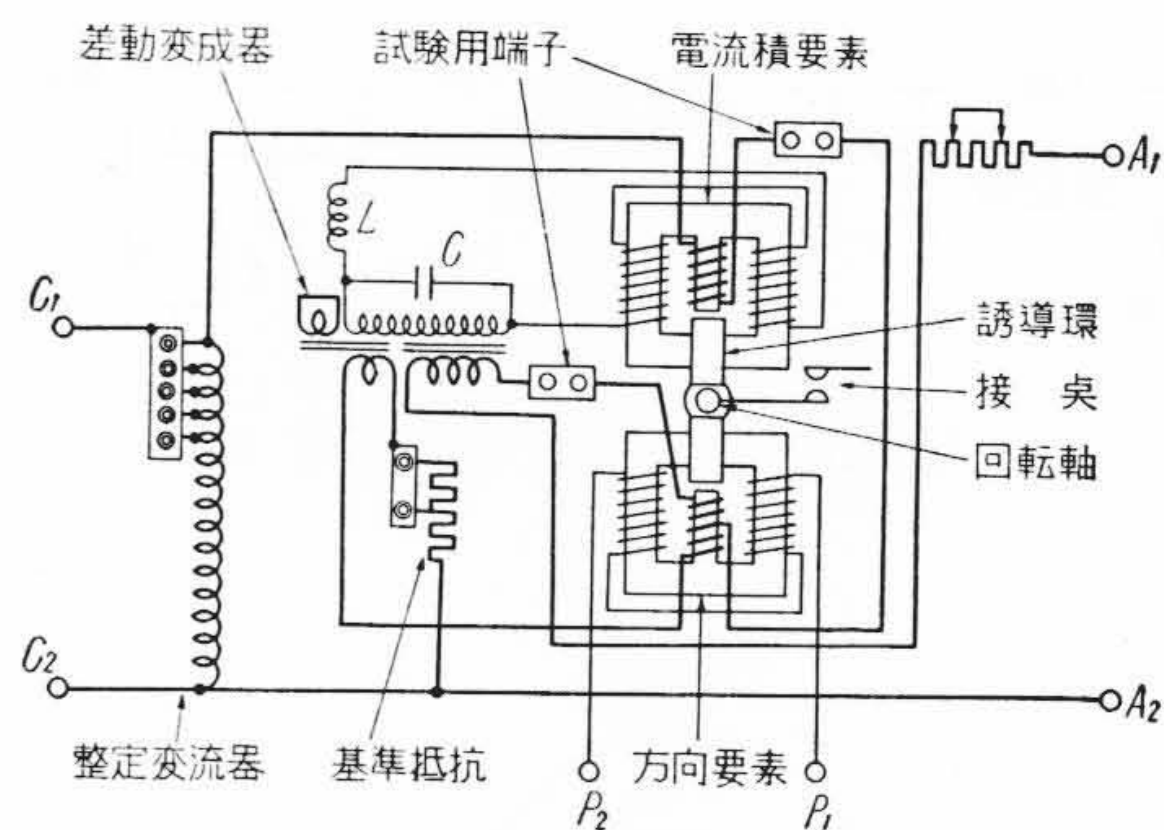
3.3 KHOV形パイロットワイヤリレー

ケーブル送電線の接地リレーは上述のように短絡リレーに比して種々複雑な特性が要求される。これに応じて前記のような特性を備えたKHOV形パイロットワイヤリレーを開発した。

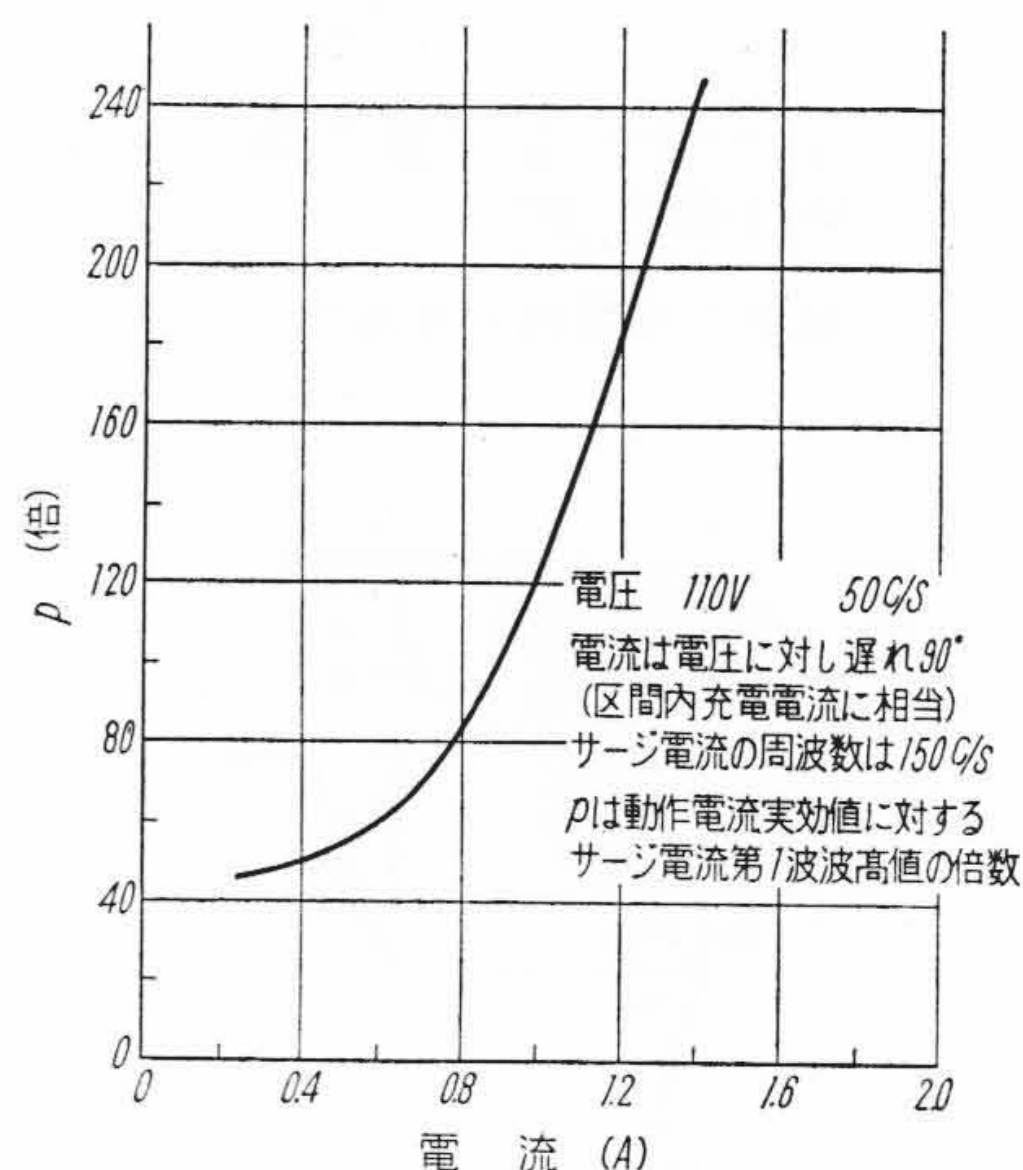
本器も構造的にはすでに述べたKD₂形などと同じであるがその回路構成には種々の特長をもっている。

第10図は本器の動作原理図を示し方向要素鉄心の外脚には電圧線輪を、中央脚の電流線輪には中央よりタップを設け、これらによって式(5)で示す動作回転力を得ている。

抑制要素の鉄心外脚に設けた線輪は電圧線輪をなし差動変成器を通して相手端電流に比例した電圧で励磁され整定変流器二次電流とによって安定した電流積特性を得



第10図 KHOV形動作原理説明図



第11図 KHOV形耐サージ特性

ている。

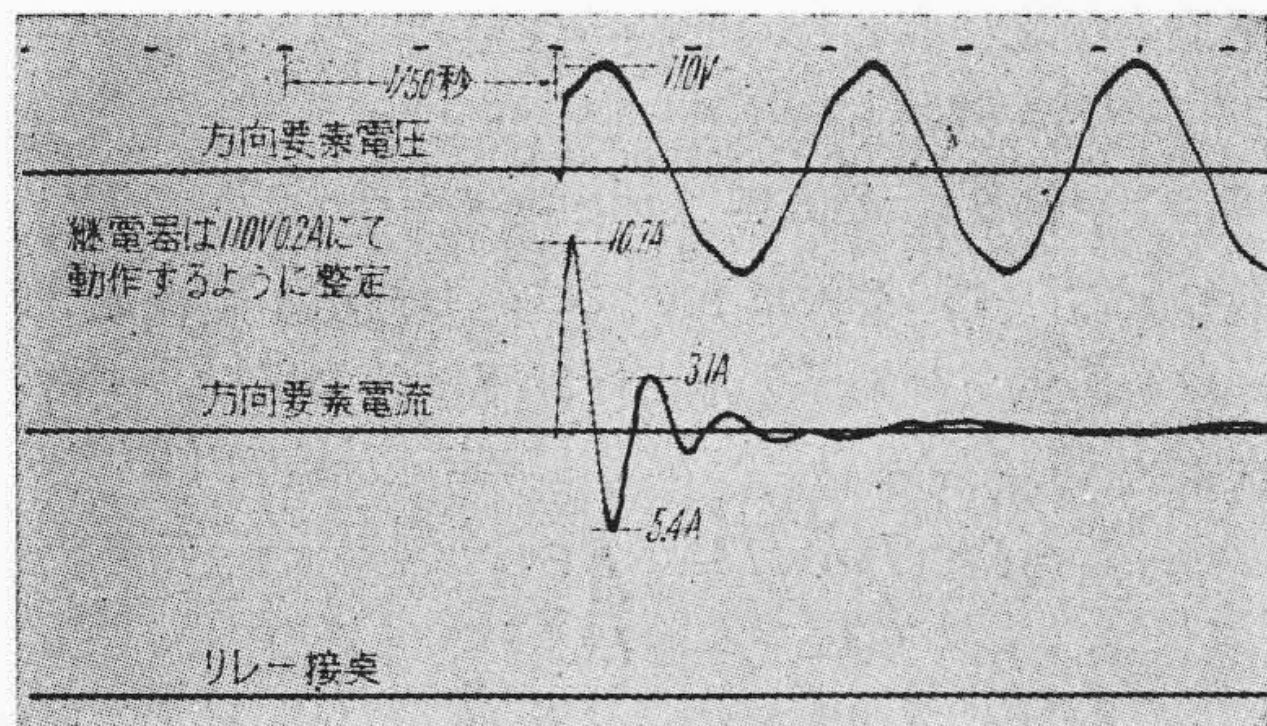
差動変成器に三次巻線を持つこと、その二次回路にサージ吸収回路を設けてある点などはKD₃形と同様である。

ちなみに電力形のリレーにおいていずれか一方の回路に正弦波電圧が加えられている場合、他方にサージが含まれていてもサージに対しては応動しにくく、本リレーについてみると方向要素は電圧回路にはサージは少なく、また電流積要素では差動変成器出力が正弦波に近くサージに対してはきわめて強い特性になっている。

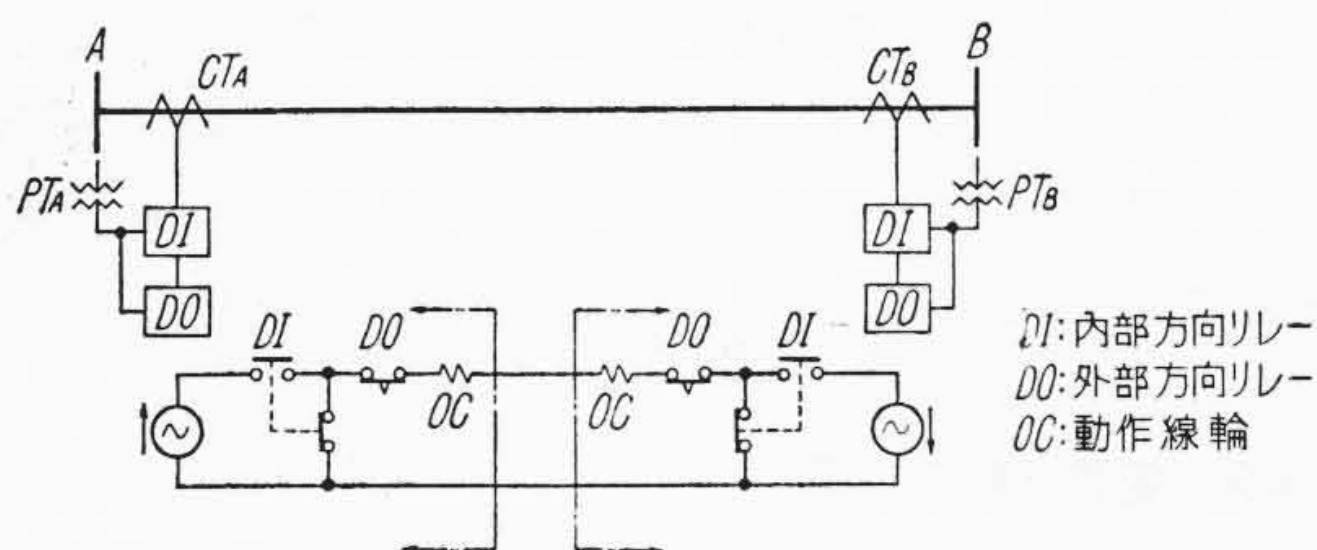
また本器は計4種の電気量で動作するのでそれらの間に電氣的または磁氣的干渉があると動作特性に種々の問題を派生するのでこれらの遮蔽に対しては特に注意が払われている。

本器の比率特性はほかのものと同様50%になっており、方向要素の力率特性は故障電流の位相角、直流分が含まれている場合の影響などを考慮し進み30度になっている。

第11図は方向要素単独の耐サージ特性を示し抑制要



第12図 サージ電流試験オシログラム

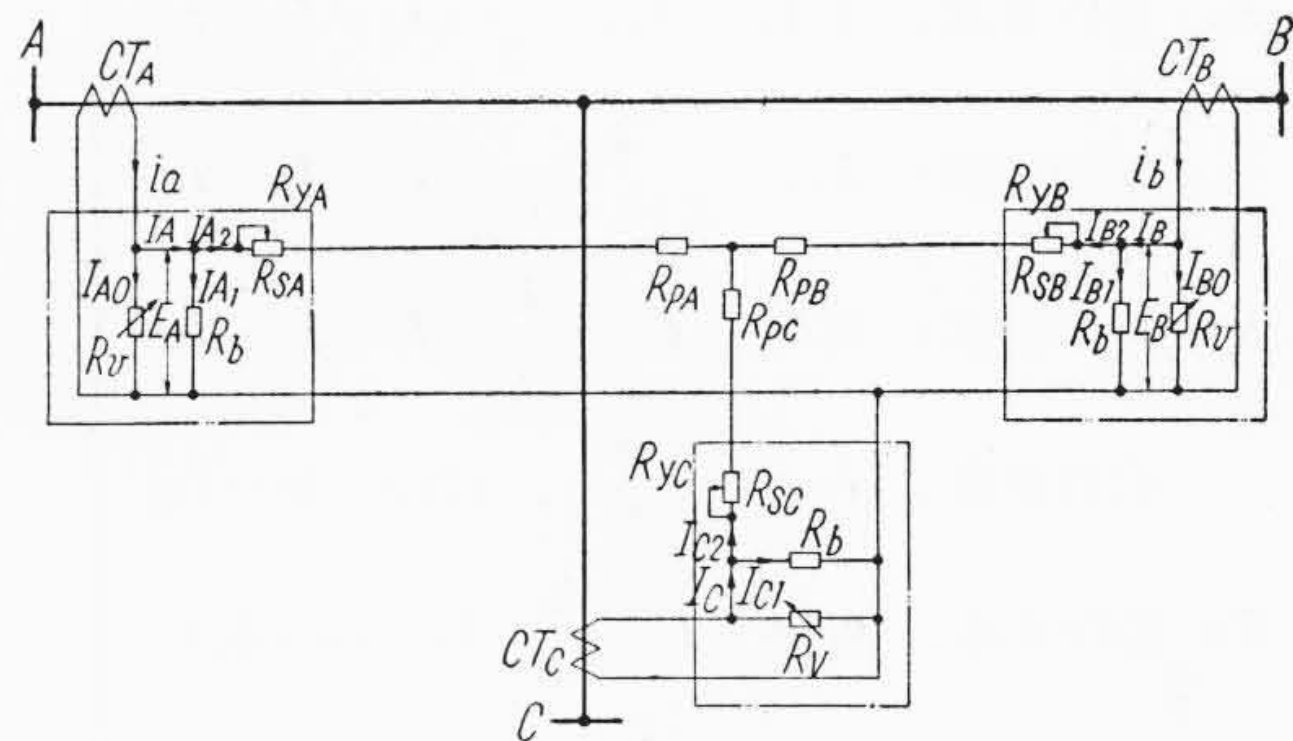
第13図 方向比較パイロットワイヤリレー方式
原理説明図

素がなくとも第3高調波のサージに対し少なくともタップ電流の40倍以上の値に耐えることを示している。また第12図はサージ電流試験のオシログラムの一例であり、このような波形のサージ電流を印加して、耐サージ試験を行った。

3.4 方向比較パイロットワイヤリレー方式

第13図は方向比較パイロットワイヤリレー方式の原理説明図である。すなわち各端子に内部方向リレーと外部方向リレーを設置してその接点を図に示すように接続すれば、いずれかの端子で内部方向リレーが動作し外部方向リレーはいずれの端子においても動作しないときだけ各端のリレー動作線輪に電流が流れリレーは動作する。

方向比較方式は所要リレーの台数が多いことやパイロットワイヤとの絶縁などの点で、前節までに説明したような電流差動方式に劣るが、これを接地保護に使用する場合にはリレー台数の増加はほとんどなく、また零相電圧を電源とすることによってパイロットワイヤを絶縁変圧器で絶縁できるので電流差動方式に対して特に不利な点はない。特にケーブル送電線の接地保護方式として使用する場合には、ケーブル送電線の特殊な問題を各端の方向接地リレーの特性だけで解決できるので考え方やリレーの構造が簡単になり、変流器自体の過渡特性や各端



第14図 3端子パイロットワイヤリレー方式説明図

変流器の特性の差異に疑問がある場合や、多端子系統に拡張適用する場合など有利になる。

方向継電器としては KGC 形高速度接地継電器を使用する。この継電器は誘導環形方向継電器であるが、電流線輪に並列に金属整流器と可飽和リアクタよりなる非直線インピーダンス分流回路を接続し、電流線輪に流れる電流を制限するようになっている。

非直線インピーダンスは電流が小さいときはほとんど分流電流はなく、電流が大きくなった場合に分流効果を生ずる。またそのインピーダンス角は電流の大小に関係なく電流線輪のインピーダンス角とほぼ等しくなるように選定せられており、分流効果の大小によって継電器の力率特性が影響を受けないようになっている。

この分流効果により電流サージに対して非常に安定でたとえばタップ電流の200%の外部方向電流にタップ値の250倍の波高値を有するサージ電流（サージの周波数は基本波の3倍）が重畳された場合にも誤動作はなかった。

電流線輪には0.2~1Aのタップを備え、電圧が定格電圧の30~100%の間ではほぼタップ値に近い電流で動作する。力率特性は進み30度である。

4. 多端子送電線への適用

4.1 多端子送電線パイロットワイヤリレー方式

電流差動パイロットワイヤリレー方式は保護すべき送電線の各端の電流をベクトル的に比較することを根本原理としているから、多端子送電線に拡張して適用することもできる。第14図は3端子送電線のパイロットワイヤリレー方式説明図であるが、各端の電流を図示のように I_A, I_B および I_C とし、パイロットワイヤ抵抗 R_{pA}, R_{pB} および R_{pC} の大小に応じて

$$R_b = k_1(R_{sA} + R_{pA}) = k_1(R_{sB} + R_{pB}) = k_1(R_{sC} + R_{pC})$$

となるようにリレー内部の調整抵抗 R_s を整定すれば、2.1で述べた方法に準じて各端リレーの動作および抑制要素電流は

$$\left. \begin{aligned}
 &Ry_A \text{ 動作要素: } k_1 I_{A1} - I_{A2} = \frac{k_1}{3} (I_A + I_B + I_C) \\
 &\text{抑制要素: } I_{A2} = \frac{k_1}{3(k_1+1)} (2I_A - I_B - I_C) \\
 &Ry_B \text{ 動作要素: } k_1 I_{B1} - I_{B2} = \frac{k_1}{3} (I_A + I_B + I_C) \\
 &\text{抑制要素: } I_{B2} = \frac{k_1}{3(k_1+1)} (2I_B - I_C - I_A) \\
 &Ry_C \text{ 動作要素: } k_1 I_{C1} - I_{C2} = \frac{k_1}{3} (I_A + I_B + I_C) \\
 &\text{抑制要素: } I_{C2} = \frac{k_1}{3(k_1+1)} (2I_C - I_A - I_B)
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

となり、2端子の方式を3端子に拡張して適用できることがわかる。

さて3端子パイロットワイヤリレー方式における問題は区間外故障時に無電流端子を生ずる場合、電流通過端子の変流器特性差に基づいて無電流端リレーが誤動作する危険があることである。すなわち第15図に示すようなA、BおよびCの3端子送電線において、C端外部のF点に故障が発生して故障電流 I_F がA端のみから供給されB端から流出してC端が無電流端子となる場合を考えてみると、A、B両端の変流器特性がまったく合致しておれば $I_A = -I_B$ 、 $I_C = 0$ となって各端リレーの動作要素には電流が流れず誤動作をひきおこすことはないが、変流器特性に差があるとそれに基く不平衡電流が動作要素に流れることになる。この場合にも電流通過端子のリレーには十分な抑制効果が与えられるが、無電流端子においては抑制効果を期待できぬことは明らかであり、不平衡電流が大きいとついには誤動作するに至る。

一方区間内故障で故障電流が1端または2端から供給される場合には無電流端子といえども動作することが要求されるため、結局無電流端子のリレーは動作要素に流れる電流の大小によってのみ区間内外故障を判定せねばならなくなる。

この目的を達するためには、各端に特性のよく合致した変流器を設置し、想定される最大故障電流においても飽和しないように考慮を払えばよいのではあるが、これは一般に必ずしも可能であるとは考えられないので、さらになんらかの工夫が必要になる。また使用するパイロットワイヤ本数を増せば原理的に種々の方式が考えられるが一般的なものとは考えられず、やはり2端子送電線における方式を拡張したものであることが好ましい。したがって本方式においては第14図に示したように各端子入力端に非直線性のインピーダンス Rv を挿入して各端の変流器特性に相補性を与えるように考慮した。すなわち、この非直線インピーダンスに電圧 E を印加したと

き電流 I が流れるとし、その特性を

$$I = \beta E^\alpha$$

α, β : 非直線インピーダンスの特性定数

と表わせば、第14図においてA、B両端が電流通過端子、C端が無電流端子となる区間外故障の場合、変流器二次電流 i_a, i_b は

$$i_a = I_A + I_{A0} = I_A + \beta E_A^\alpha$$

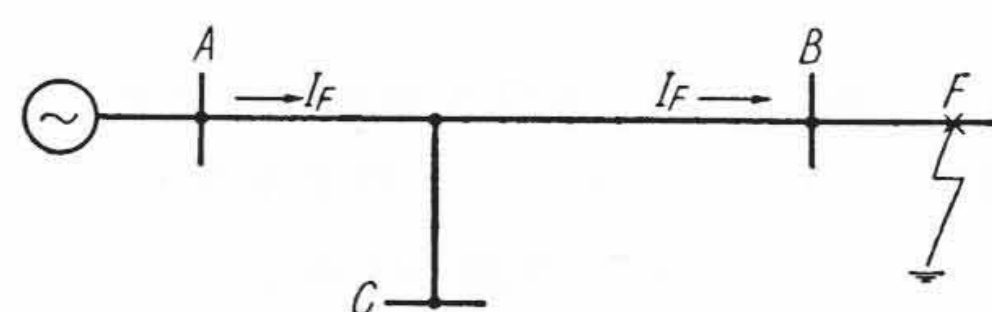
$$i_b = I_B + I_{B0} = I_B + \beta E_B^\alpha$$

となり、 I_A, I_B の不平衡電流がC端リレーの動作値に達するような場合には E_A は E_B に比して十分大（ただし $|I_A| > |I_B|$ とする）となるから、したがって i_a は i_b に比して十分大になる。このことは換言すればA、B両端の変流器に特性差があっても、その二次電流 i_a, i_b に非常に大きい差がない限りC端が誤動作する危険がないことを示している。非直線インピーダンスとして特に設計されたリアクトルを使用して試験した結果の一例が第16図であり、この結果からも本方式の効果がうかがわれる。

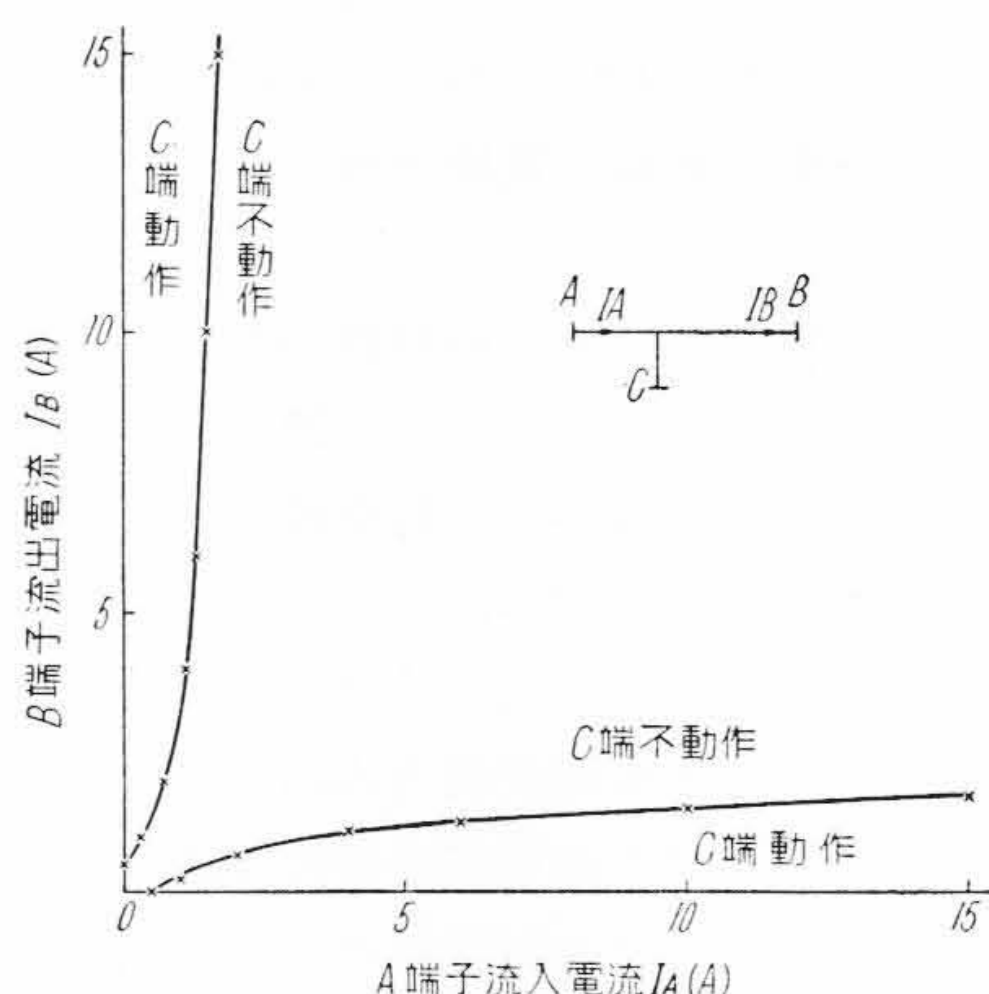
4.2 変流比補正装置

パイロットワイヤリレー方式においては、保護区間の各端に設置される変流器の変流比が相等しいことが必要であるが、変流器をメータ用と共用するような場合には必ずしも等しくすることができない。これは特に多端子に限ったことではないが、多端子の場合に特にその機会が多いと考えられる。

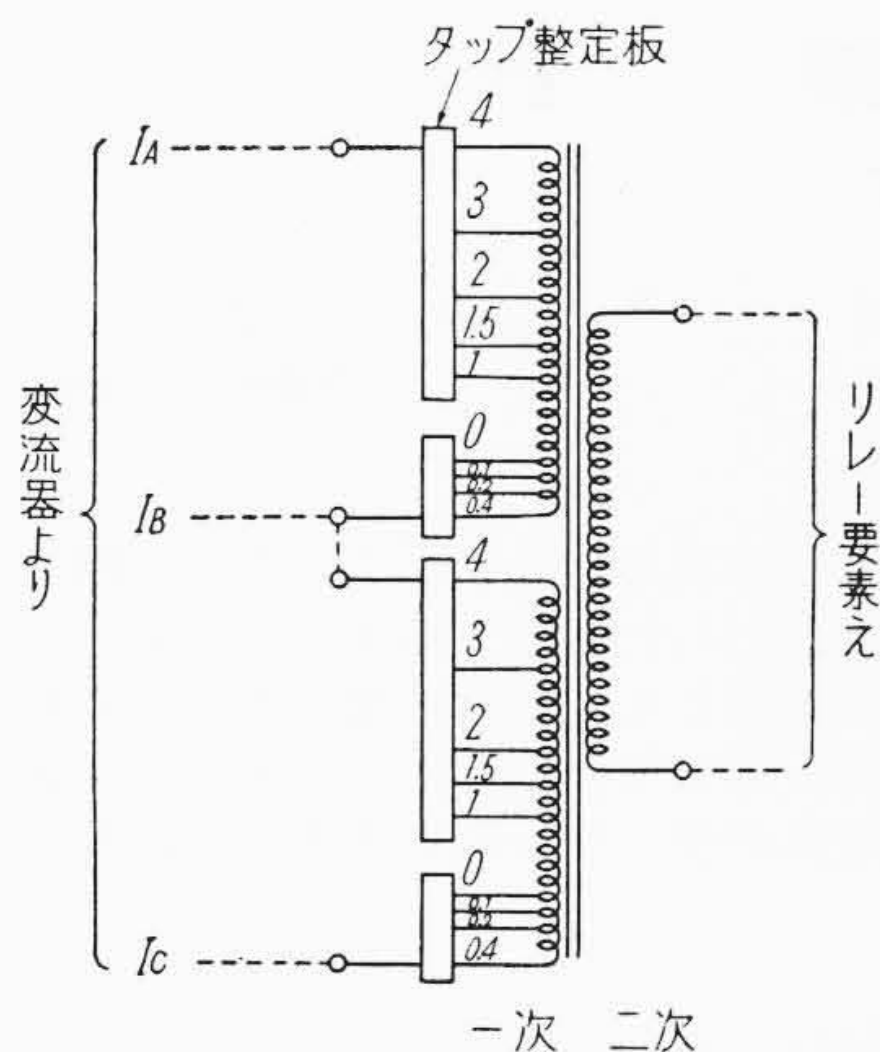
日立パイロットワイヤリレーは整定変流器のタップによって感度を整定するようになっているから、各端の変



第15図 3端子送電線区間外故障時の無電流端子



第16図 3端子送電線パイロットワイヤリレー無電流端子動作特性



第17図 変流比補正装置

流比がある特定値の場合には、このタップによって変流比の相異を補正することができる。(たとえば変流比が300/5、および600/5の場合には、それぞれ4Aタップ、2Aタップを使用すればよい)。タップは整定変流器の一次巻線側に設けられているから、このような使用法においても整定変流器は両端とも同一動作点ではたらくことになり都合がよいが、一方最小動作電流の整定が一義的に決ってしまう不利がある。

変流比補正装置はこの点に融通性をもたせるために設計されたものでありパイロットワイヤリレーの入力側に設置される。第17図にその一例を示しているが、これは各端の変流比の比率が最大1:3の場合に使用するも

電気所	変流比	変流比補正装置 タップ
A	1,000/5	4 — 0
B	800/5	3 — 0.2
C	300/5	1 — 0.2

第1表 変流比補正装置使用例

のであり、その適用の一例を第1表に示した。

5. 結 言

パイロットワイヤリレー方式の進歩発達はまさに日進月歩であり、種々の目的に適したリレーが新しく開発され、また改良されている。以上に述べたとおり、ケーブル送電線の接地保護、多端子送電線への適用などの問題点を解決するとともに、いっそう「使いやすい」リレーとすることを目的として完成された新しいパイロットワイヤリレーの詳細につき説明し御参考に供した。

参 考 文 献

- (1) 中山, 奥田, 渡井: 日立評論 37, 1143 (昭30-8)
- (2) 中山, 柴田: 日立評論 別冊 23, 31 (昭33-6)
- (3) たとえば電研継電方式委員会資料



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その2)

(第14頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	489411	過熱蒸気温度の調整装置	日立工場	岸 秀 樹	34. 3. 10
"	489453	グラブバケットの誤操作対応装置	日立工場	佐 川 伊知夫	"
"	489458	電動操作制御器の自動復帰装置	日立工場	松 垣 登	"
"	489459	巻取機の静止張力調整装置	日立工場	吉 田 忠 男	"
"	489461	誘導電動機の速度制御装置	日立工場	岩 城 秀 夫	"
"	489462	精密停止制御装置	日立工場	桜 井 泰 男	"
"	489463	直流分巻電動機の逸速防止装置	日立工場	高 木 正 甫	"
"	489464	巻上用誘導電動機の吊落防止装置	日立工場	浜 島 博 治	"
"	489399	保護装置を備えた蓄電器	日立工場	高 品 礼 治	"
"	489404	密閉母線函の接続装置	日立工場	竹 内 伊知夫	"
実用新案	489405	照 光 表 示 装 置	日立工場	佐 川 伊知夫	"
			国分工場	宮 崎 徳太郎	"
			国分工場	安 藤 卓 郎	"
			国分工場	岡 部 正 治	"
			国分工場	森 井 進 豊	34. 3. 10

(第42頁へ続く)