

全トランジスタ位相比較キャリアリレー

All-Transistor Phase-Comparison Carrier Protective Relay

村 上 光 暁
Mitsuaki Murakami

内 容 梗 概

従来の電子管にかわりトランジスタにより構成された位相比較キャリアリレーが完成された。このキャリアリレーは小形軽量、寿命が半永久的でかつ 2.5 倍の高速度で故障選択を行うことができる。本装置は昭和34年10月以来、東北電力羽越幹線において実地試験中であるが、これまでつねに正確な動作を示している。本稿は本方式の概要について説明する。

1. 緒 言

位相比較キャリアリレーは、装置が簡単なこと、系統の同期はずれ現象に誤動作しないなどの特長をもち、わが国においても単独あるいは方向比較方式と組合わせ使用されている。しかし従来の装置はいずれも帯域幅が大きくかつ真空管構成によるもので、消費電力が大きく、寿命の面で難点があり、したがって保守が容易でないなどの欠点をもっていた。

日立製作所において今回トランジスタを構成要素とする位相比較キャリアリレー方式を開発した。これはリレー部、キャリア装置ともすべてトランジスタを用いたもので、装置が小形であるとともに、堅ろう、半永久的でかつ高性能である。また帯域幅は $\pm 0.5 \text{ kc/s}$ の狭帯域としている。

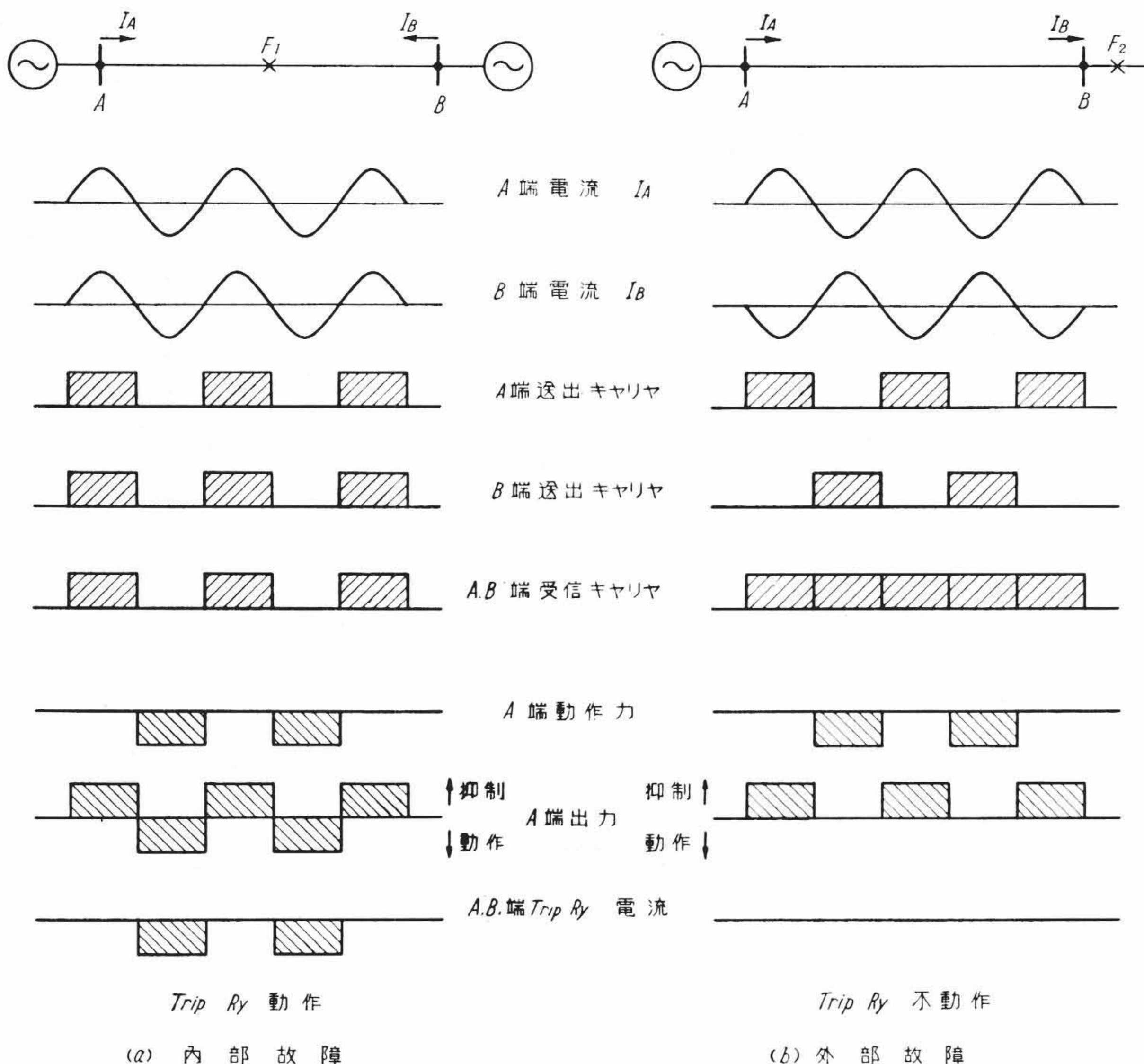
以下本装置について紹介する。

2. 位相比較キャリアリレー方式⁽¹⁾⁽²⁾

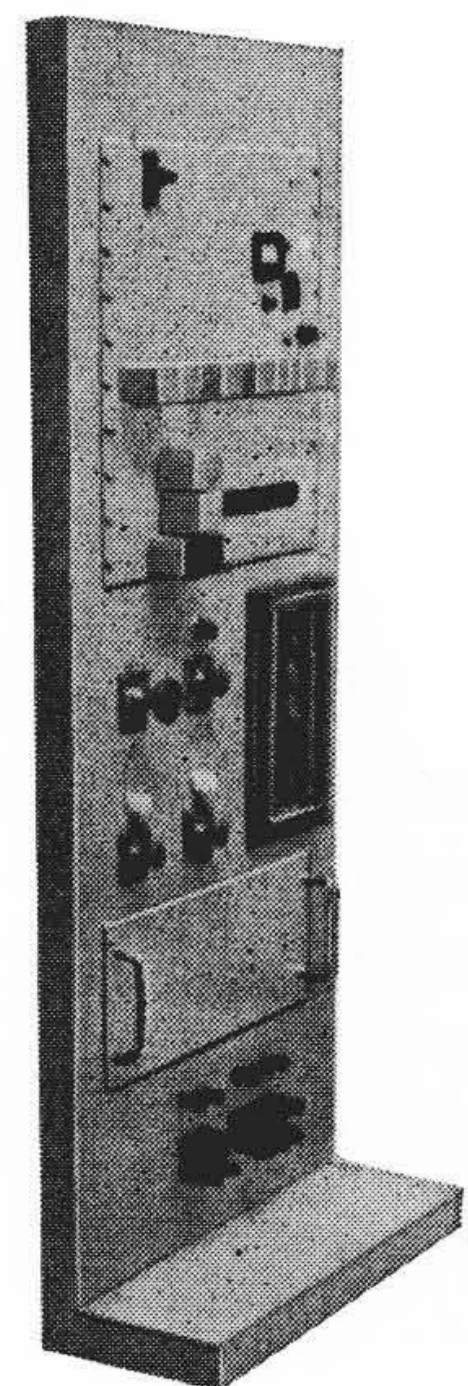
位相比較キャリアリレーは、保護区間両端の電流位相をキャリア電流で比較し合うことにより故障点の位置を判定する。すなわち第1図に示すように両端におけるCTの接続を適当に選び、各端の正の半波でおののキャリアを送出するようにすれば、内部故障のときは(a)に示すように両端が同時にキャリアを送出し、外部故障のときは(b)のように交互にキャリアを送出ようになる。したがってこの受信出力を抑制力として使用し、キャリアを送出しない負の半波を動作力として使用することによって、外部故障のときはキャリア受信出力により動作力が打消されて動作せず、内部故障のときのみ動作力があらわれリレーを動作させ、遮断器の引外し回路を閉成する。実際には両端電流の位相差は内部故障においても一般に完全に 180 度とならず多少のずれを生ずるが、自端の動作力の位相

と相手端から送られてきたキャリア受信出力の位相のずれに比例して動作力があらわれ、その動作力の大きさがある値以上になったときリレーを動作させる。

以上の動作原理から明らかなように、位相比較キャリアリレーは装置が簡単であり系統の同期外れに原理的に誤動作しない点が方向

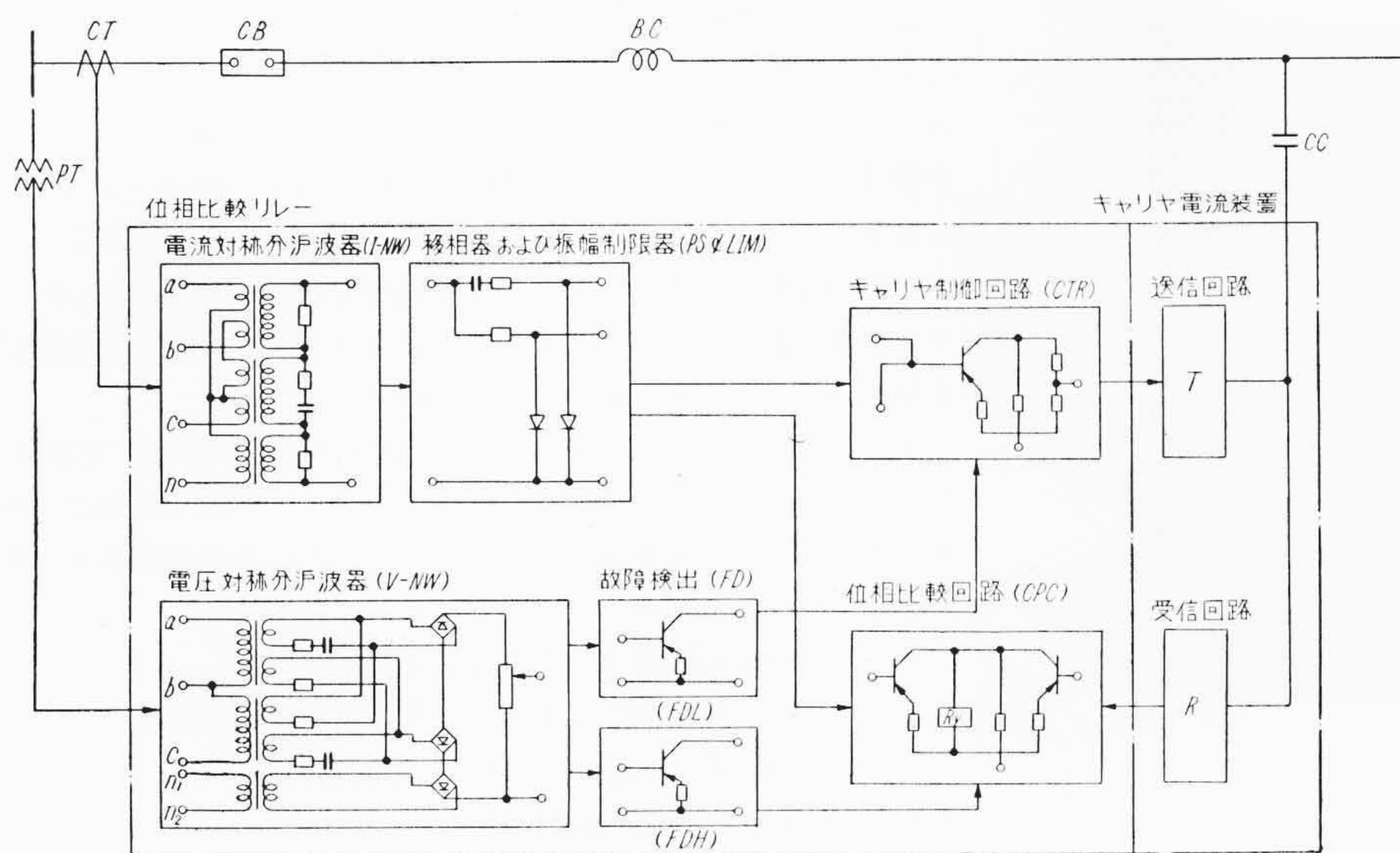


第1図 位相比較キャリアリレー方式動作説明図

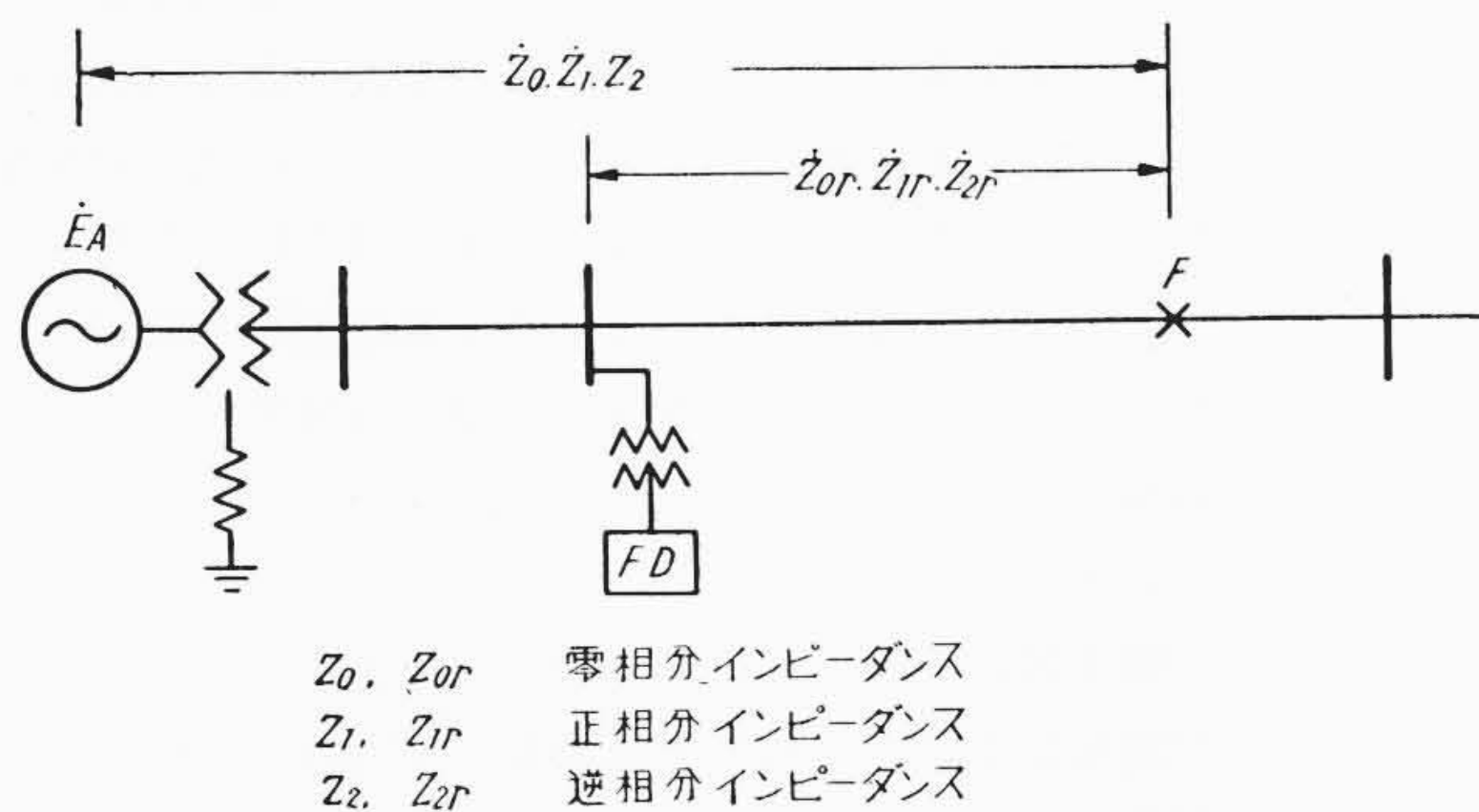


第2図 全トランジスタ位相比較キャリアリレー装置

* 日立製作所国分工場



第3図 継電器部のブロックダイアグラム



第4図 対称分電圧説明図

第1表 故障種類とリレー電圧

故障種類	$V = \dot{V}_1 - \dot{V}_2 - \dot{V}_0 $
3線短絡 (3 ϕ -S)	$V = \frac{ Z_{1r} }{ Z_1 } \dot{E}_A $
2線短絡 (2 ϕ -S)	$V = \frac{ Z_{1r} }{ Z_1 } \dot{E}_A $
2線接地 (2 ϕ -G)	$\left(V = \frac{ Z_{1r} }{ Z_1 } - \frac{1}{2} \right) \dot{E}_A $
1線接地 (1 ϕ -G)	$V = 0$

比較キャリアリレーに比べて決定的にすぐれた点である。しかし一方従来の装置は伝送波形のひずみを少なくするためキャリアの使用帯域を狭帯域にできぬこと、電流要素だけによる故障検出をおこなう場合には負荷電流との関係から故障検出感度を任意に高くとれないこと、および真空管回路で構成されているため現場保守に難点があることなどの不利があった。

今回製作した装置はこのような欠点をのぞき適用範囲を拡張するために下記のように工夫を払っている。

- (1) 帯域幅をできるだけ狭くして $\pm 0.5\text{kc/s}$ とした。この場合伝送波形の時間遅れによるひずみはあらかじめ見越すことができるので、送信制御回路において補償するようにしてリレー方式の特性がそなわれるのを防止している。
- (2) 故障検出に電圧要素を導入し、負荷電流に無関係に故障電流の検出感度を向上できた。従来電圧要素を使用しないことが位相比較キャリアリレーの利点であったが、計測、後備保護リレーなどに電圧要素を使用することが多いから、故障検出に電圧要素

を使用することがとくに不利になることはない。

さらに本装置はリレー部の終段リレーを除きキャリア部も含めてすべての回路がトランジスタ化されているため次のような特長をもっている。

- (1) 装置は小形で、消費電力も小さい。
- (2) 機械的に堅ろうであり、したがって保守が容易である。
- (3) 故障時 2.5c/s 以下の高速度保護が可能である。
- (4) サージ吸収のために、特に考慮を払っている。

3. 全トランジスタ位相比較キャリアリレー

第2図にキャリア電流装置とリレー部を組合わせた本装置を示す。盤の上部にキャリア電流装置を、下部に位相比較リレー部を取りつけており、キャリア部は故障時リレー部の制御によってキャリアを送出し相手端局に電流位相を伝送する。本装置は主要リレー部のみで後備保護リレーや表示器などは含まれていないが、キャリア電流装置も含めて $600 \times 1,500 \times 600\text{ mm}$ の盤内に納められきわめて小形となっている。

第3図は本装置のブロックダイアグラムを示し、保護区間両端に同一装置を設置する。本装置は対称分電圧を利用した故障検出要素による故障時のみキャリアを送出する方式とし、また電流位相の比較には各相線電流および零相電流を組合わせた単一量で比較するようになっている。回路構成および各部の動作は次のようである。

3.1 リレー回路

リレー回路は故障の検出、キャリアの送信制御および位相比較を行う部分であってその動作は次のとおりである。

3.1.1 故障検出

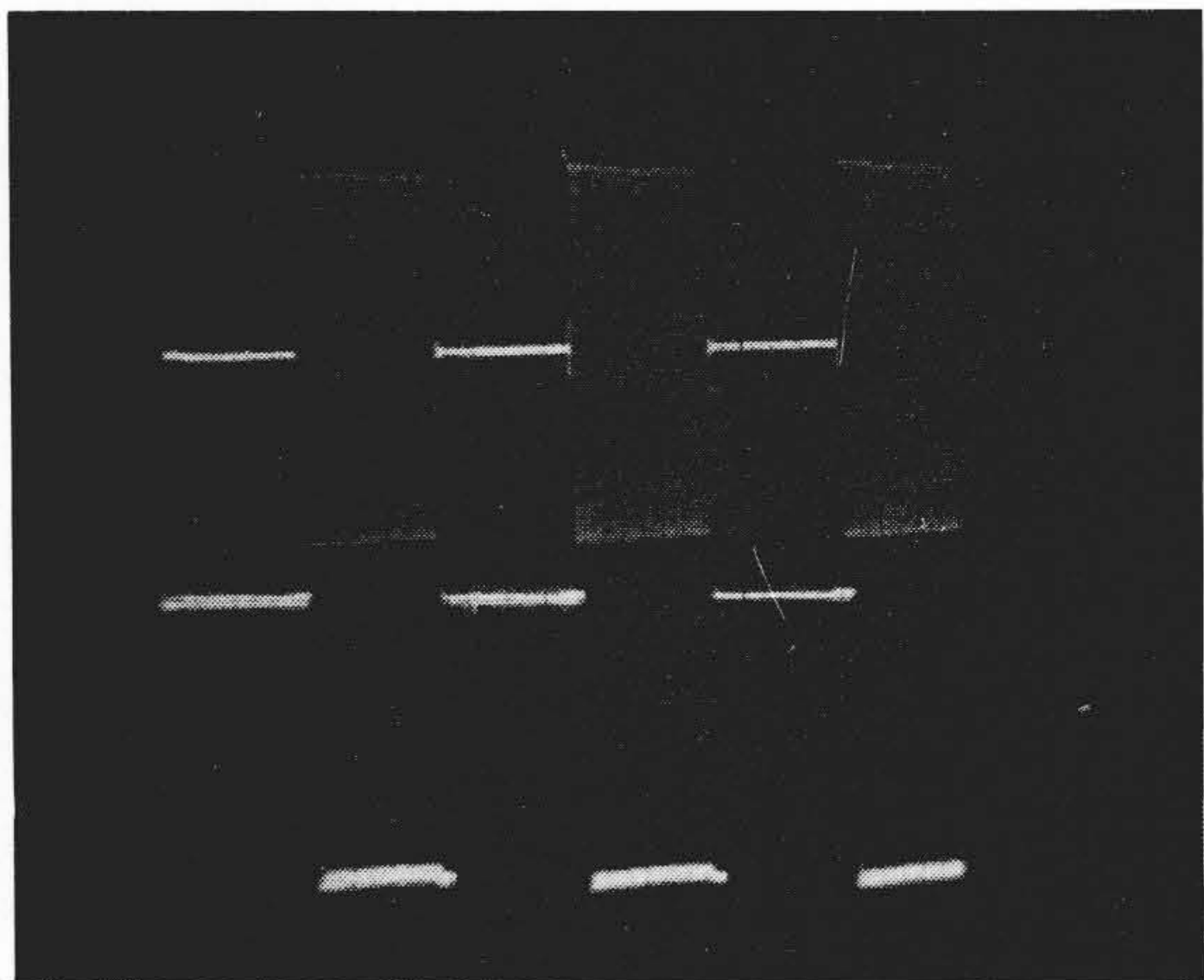
第3図においてPT二次電圧は電圧対称分ろ波器(V-NW)を通して正(V_1)、逆(V_2)、零相電圧(V_0)にわけ、それぞれを整流したのち合成して $V = |\dot{V}_1| - |\dot{V}_2| - |\dot{V}_0|$ なる電圧をとりだす。この電圧の降下によって故障検出要素FDを動作させる。

第4図のような送電線において、F点に故障が発生した場合のリレー設置点における電圧Vは第1表のようになる。この結果から電圧Vは送電線に故障が発生した場合には、故障種類に関係なく常にその点における三相短絡時の値よりも小さくなり、故障検出要素はあらゆる故障に対して確実に動作することがわかる。

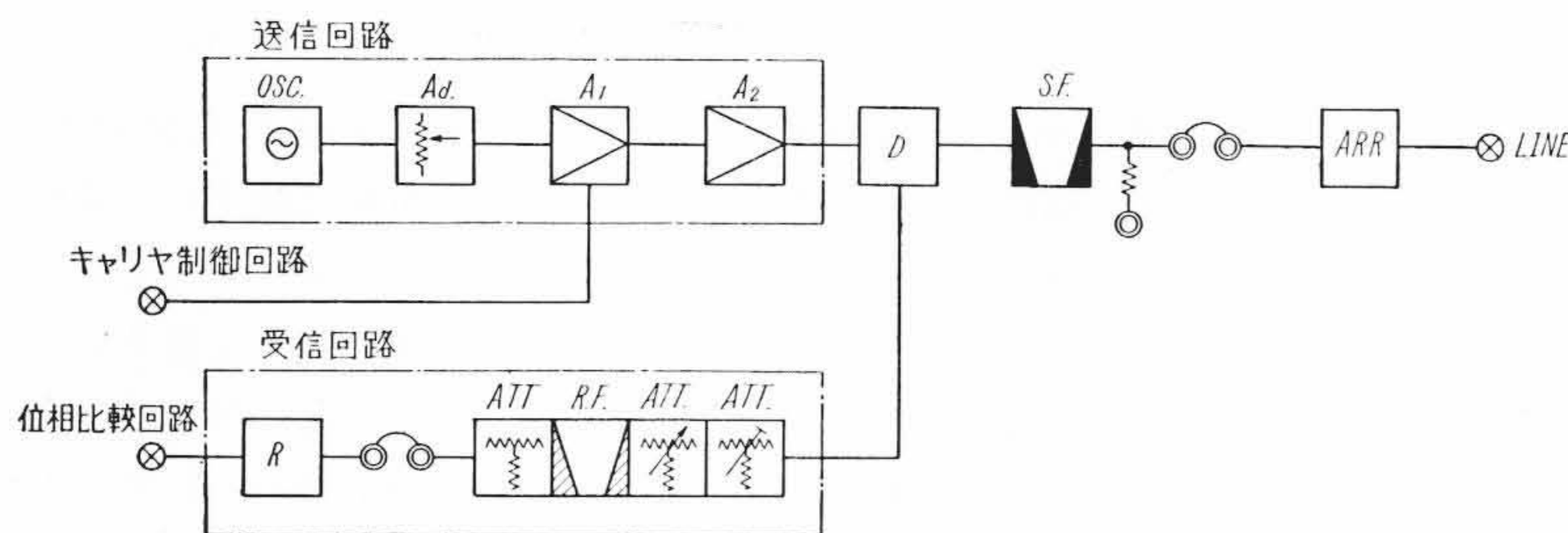
FD回路はトランジスタのスイッチング作用を利用した感度の異なる二つのゲート回路(FDL, FDH)よりなり、FDLはキャリア制御回路(CTR)を制御してキャリアの送出を行い、一方FDHは位相比較回路(CPC)を制御して位相比較動作を始動する。FDLはFDHより検出感度が高く、また時間的にも速く動作するように整定されているので、一端のFDHが働き位相比較動作をするときは必ず相手端のFDLが動作してキャリア送出をおこない、両端の故障検出要素のふぞろい動作による誤動作がない。

3.1.2 電流位相補償

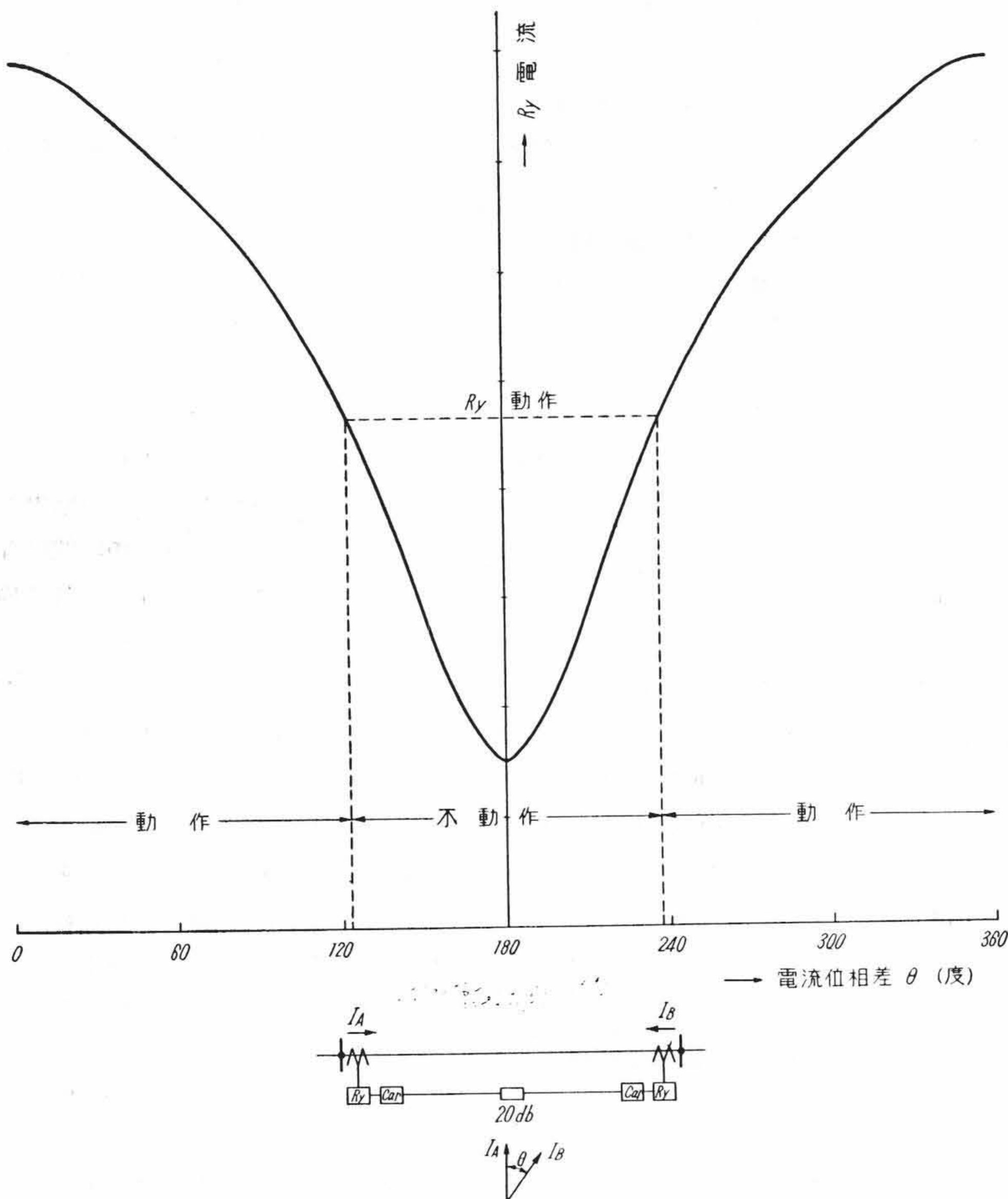
キャリアにより電流位相を伝送する場合、伝ばによる時間遅れおよび受信ろ波器による時間遅れを生じる。このうち受信ろ波器によるキャリアの位相遅れは通過帯域幅がせまくなるほど大きくなる。本装置では使用周波数帯域幅が $\pm 0.5\text{kc/s}$ で、この受信ろ



第 5 図 送信制御波およびキャリア電流の波形



第 6 図 キャリヤ電流装置のブロックダイアグラム



第 7 図 装置の位相比較特性

波器による位相遅れは約30度となり、これを補償するため移相器によりあらかじめ位相を進めたキャリアを送出する方式としている。すなわち比較すべき電流位相に比例した $I-NW$ の出力は移相器(PS)を通して相対的に30度位相の異なる二つの出力となし、おののおをゲルマニウムダイオードによる振幅制限器(LIM)によって負の矩形波に整形する。これらの出力のうち進み波形をキャリア制御回路(CTR)に導きキャリアの送信制御を行い、遅れ波形を位相比較回路に導き動作力として使用する。

キャリア電流の伝ば時間による位相遅れも同時に補償できるが、たとえば40 km 送電線50〜系統においてこの位相遅れは2.4度である。また充電電流が両端電流の位相差に及ぼす影響は一般に非常に小さく無視することができる⁽⁴⁾。

なお以上の位相比較すべき電流量としては $\dot{I} = \dot{I}_1 + k \dot{I}_0$ なる組合わせを用い、第3図に示すように電流対称分ろ波器(I-NW)により単相電流 $(\dot{I}_1 + k \dot{I}_0)$ に比例した単相出力をとりだす。

3.1.3 キャリヤ制御と位相比較

FDL が動作するとキャリア制御回路(CTR)は、キャリア送信器に一定の出力電圧を与えて連続送信を始める。このときリミッタ回路(LIM)より位相比較すべき出力が印加されれば、その負の半波の間は送信を停止し半波ごとの断続送信をおこなうように送信器を駆動する。このように故障検出要素のFDLが動作すれば比較すべき電流出力がなくても搬送波の連続送信をおこない、たとえば遠端外部故障で故障電流が小さく両端局の電流感度のふぞろいを生ずる場合にも誤動作を起すことがない。

第5図にこれらの波形を示す。上方の波形はキャリア電流装置の送信器出力波形を、下方はCTR回路の送信器駆動出力波形を示している。

位相比較回路(CPC)はFDHにより制御され、リミッタ回路の遅れ波形の負の半波の間与えられる動作力と、相手端から送られてきて自端の受信器によって受信された抑制力としてのキャリア電流を比較して両者の位相差に相当した出力を得、これによりリレーを動作させてトリップ回路を閉成する。なお出力の大きさを直線的に変えることにより両端電流の相差角に対する装置の動作範囲を変化することができる。

3.2 キャリヤ電流装置⁽³⁾

キャリア電流装置はPK-18形トランジスタキャリア電流装置で、そのおもな仕様は下記のとおりである。

発振方式	水晶制御方式
周波数	415 kc/s (送受信同一周波)
変調方式	系統周波数変調
最大出力	+30 dbm
受信帯域幅	± 0.5 kc/s
最低感動レベル	+ 5 dbm
最大不感動レベル	− 5 dbm

第6図にキャリア電流装置のブロックダイアグラムを示す。

水晶発振子とトランジスタよりなる発振器部(OSC)のキャリア出力は、可変抵抗器(Ad)で調整されたのち増幅器(A₁)に加えられる。このとき上述のキャリア制御回路の出力がなければA₁から出力はまったくでないが、発振制御出力があれば増幅器A₁は出力を生じ、この出力は増幅器(A₂)を通過してハイブリッド(D)に入る。ハイブリッド(D)は送信ろ波器(SF)の方向には減衰少

なく伝送し、キャリアは保安器 (ARR) を通って線路に送出される。

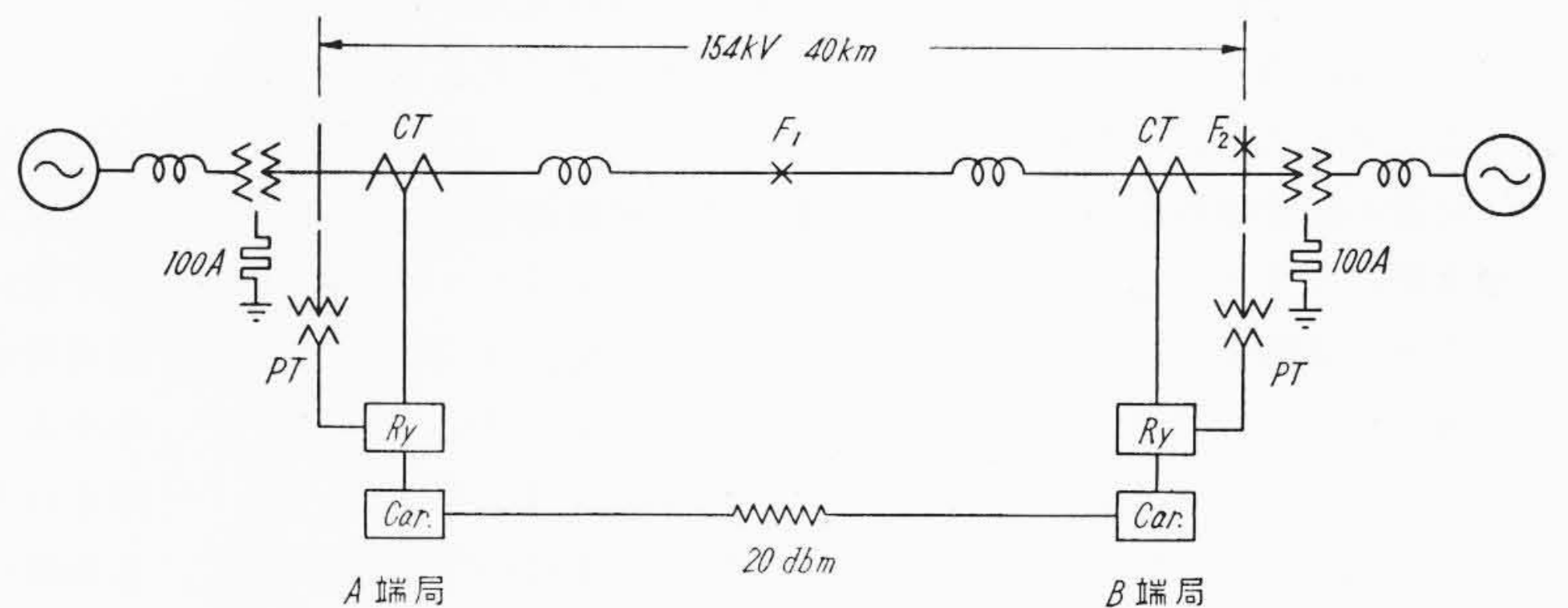
一方相手端局から到来した受信波はハイブリッドにより受信回路側に伝送されて受信器 (RF) で選択されたのち、整流回路 (R) に導かれる。このキャリア整流出力は上述のように抑制力として位相比較回路に加えられる。

本装置は線路からのサージに対しバリスタによるサージアブソーバをもって保護している。またキャリア出力は前述のように +30 dbm であるが、これは新しく開発した日立製作所のジャンクショントランジスタによって達成された。送電線損失は普通 0.17dbm/km であるから、両端局の結合損失を考慮しても 80 km 送電線で伝送損失は 20 dbm 程度であり、本装置のようにキャリアを阻止信号として使用する場合には健全線伝送を行うわけであるから多くの場合 +30 dbm で十分である。

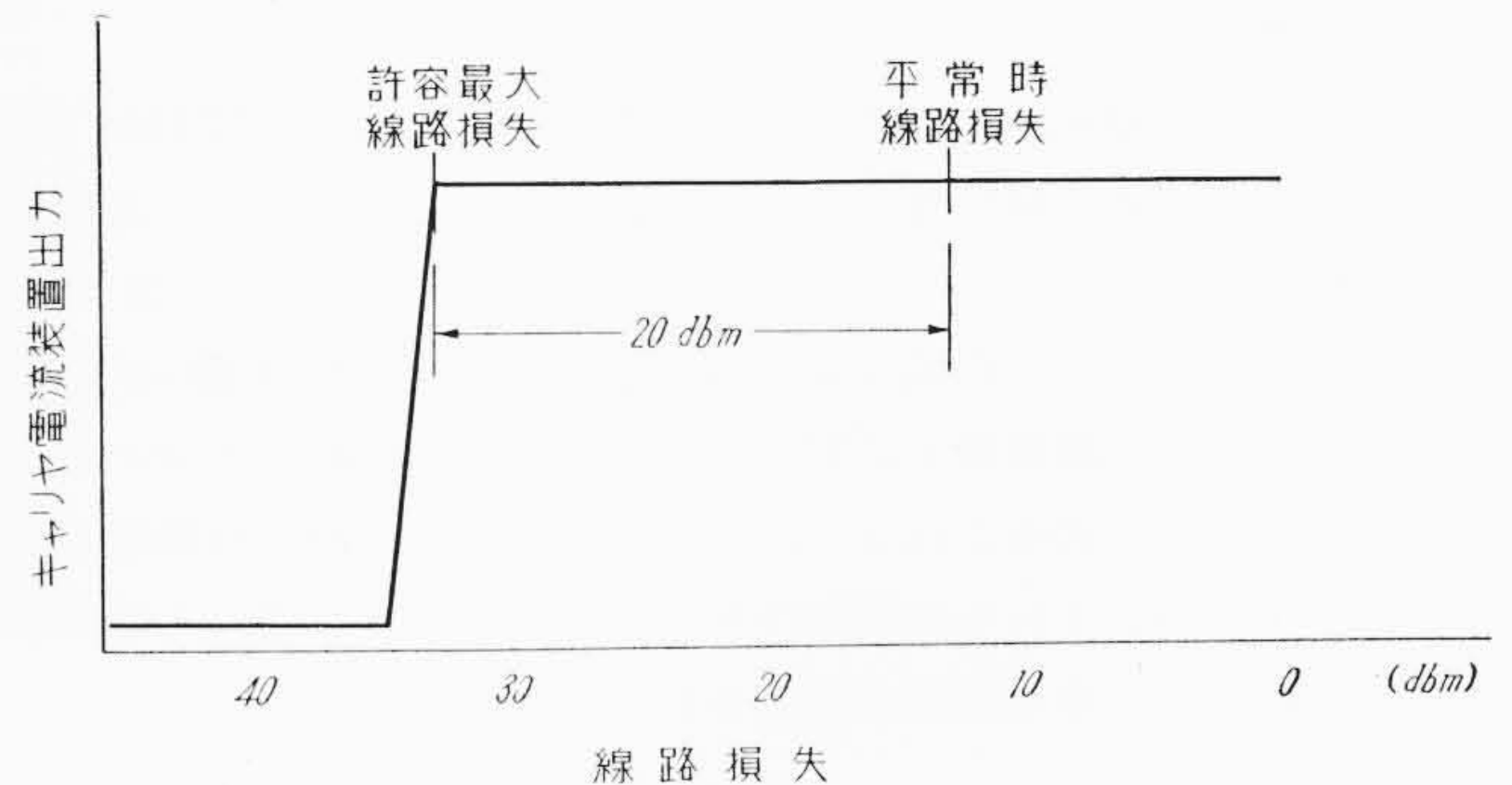
4. 装置の動作特性

本装置は直流24Vの電源を使用し消費VAはリレー部、キャリア部を合わせて動作時約20Wである。電流感度はCT二次側で三相短絡故障に対し2A、接地故障に対し0.5Aに整定している。なお周囲温度条件としては、 $20^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ で支障なく動作する。

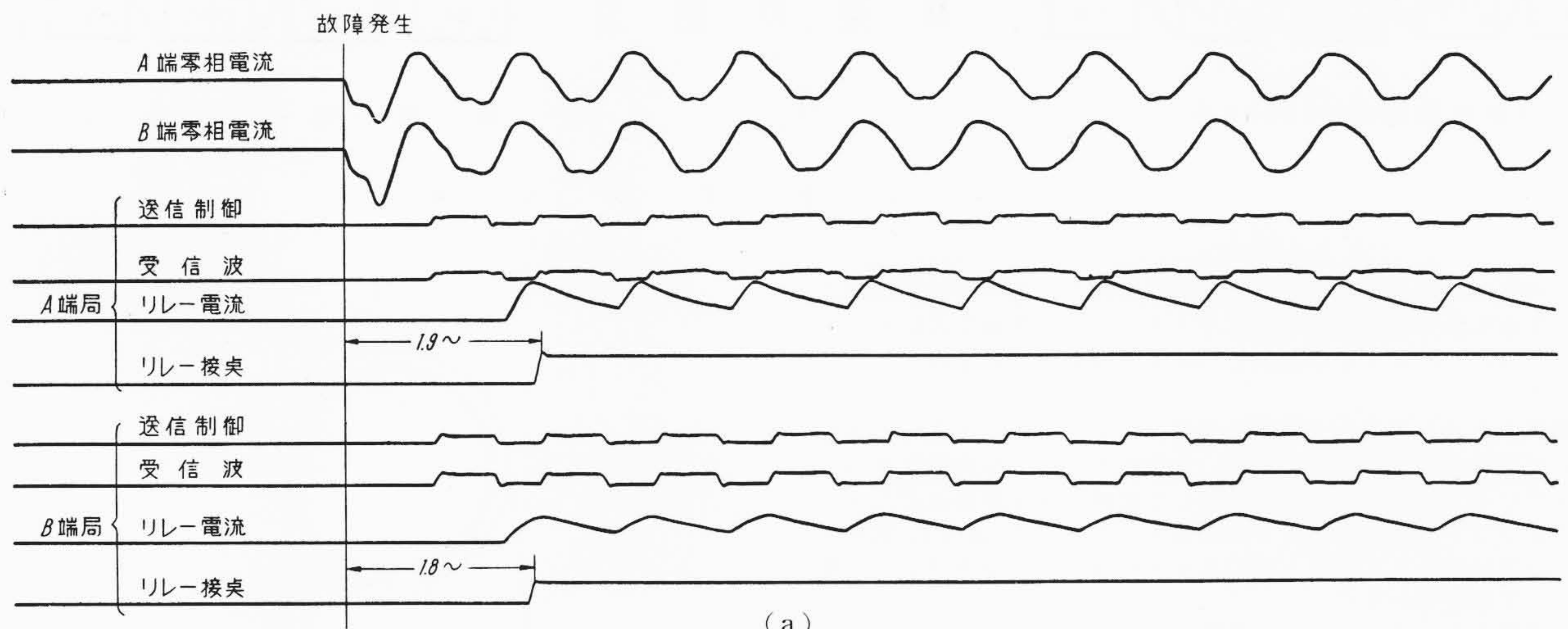
第7図は両端局の装置を組合わせ、両端の電流位相差を変化した場合の位相比較回路の最終段のリレーに流れる電流を測定した結果



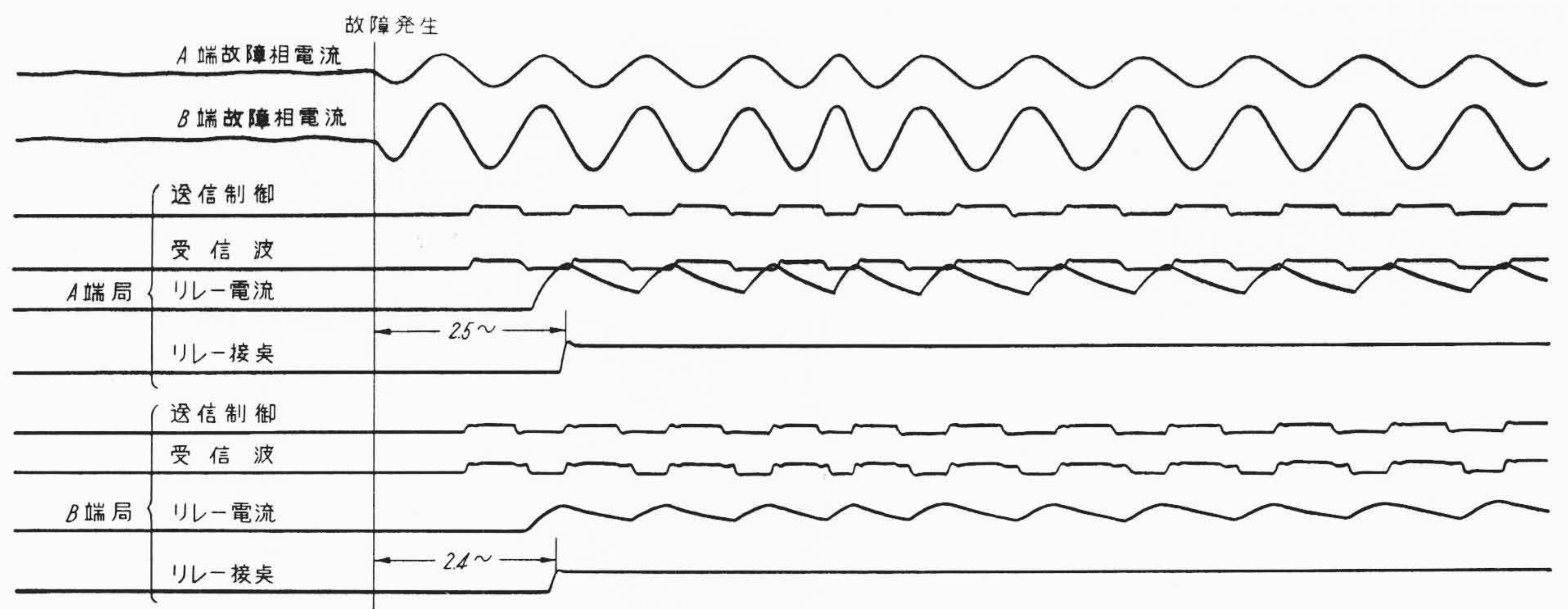
第8図 模擬送電線による試験回路



第10図 受信器過負荷特性



(a)



(b)

第9図 動作オシログラム

で、本装置の静特性を示す。装置の動作範囲は両端電流の相差角が約 ± 120 度以内となっているが、この角度は先に述べたようにある程度変化することができる。

本装置の総合動作については、日立製作所の模擬送電線を使用して第8図に示すような高抵抗接地系統を組み、本装置の2端子対向による動作試験をおこなった。なおキャリア電流装置は20dbmの抵抗減衰器をもって構成した伝送路を経て両端局を連けいした。図中に示すように、内部故障点 F_1 および外部故障点 F_2 を選び、各種の故障試験をおこなったが、これらの試験の結果はいずれも満足すべきもので、動作時間は故障発生から終段リレー動作まで2.5c/s以内である。第9図は内部故障点 F_1 におけるオシロの例で、(a)は一線接地故障、(b)はやはり内部故障の二線短絡故障の場合の動作オシログラムを示す。

なお本装置は昭和34年10月より東北電力酒田—八久和間154kV送電線に設置し、実故障に対する応動試験をおこなっている。送電線は亘長約40kmで、キャリアの伝送損失は測定の結果平常時約13dbmである。八久和端局受信器の総合過負荷特性は第10図のようで、許容最大線路損失に対して平常時約20dbmの十分の余裕をもっている。設置後これまでに内部故障はなく、外部故障数回を経験しているがいずれも正規動作を示しており、今後種々の故障に対する本装置の正確な応動が期待されている。

5. 結 言

以上に述べたように本装置はリレー部、キャリア部ともすべてトランジスタ化されているためきわめて保守が容易でかつ高速度で動作する。また従来のこの種リレー方式に比べて適用範囲がひろく、使用周波数帯域も狭い。このように本方式は種々の特長をもつため今後多くの送電線の高速度保護用としてひろく適用されることが期待される。特に最近超高圧系統の発達につれて、それに連けいされる系統の保護の高速度化が行われているが、本方式は既設の保護方式とは別個に追加設置でき、このような場合にもきわめて有効であると考えられる。

なお今後本方式は上記実地試験の経験をもとに検討を重ね、ますますその性能を向上させたい。

最後に本装置の現地試験に多大のご便宜をいただいている東北電力株式会社の関係者各位に対し深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 滝田, 磯崎: 日立評論 23, 22 (昭33-6)
- (2) C. Adamson, A. Talkhan: P.I.E.E. No. 2793 M (Feb. 1959)
- (3) 有富, 建勝: 日立評論 34, 55 (昭35-2)
- (4) C.R. Mason: The Art and Science of Protective Relaying John Wiley Inc.



新 案 の 紹 介



実用新案登録第495188号

若 森 俊 郎・神 尾 昌 史

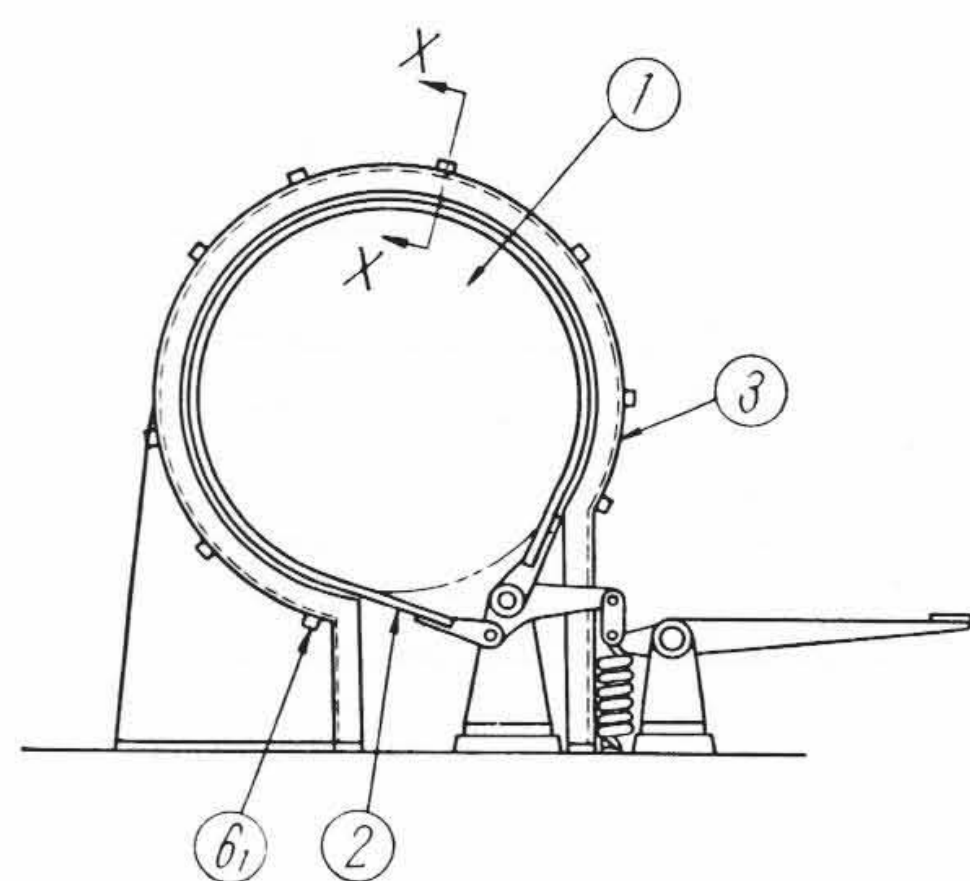
バ ン ド ブ レ ー キ

この考案は、バンドささえ3の内側に設けた凹部内の適宜箇所に摺動片5を半径方向に摺動可能にそう入し、その摺動片5にローラ7を取りつけ、バンドと制動胴との間隙の調整を容易ならしめたものである。

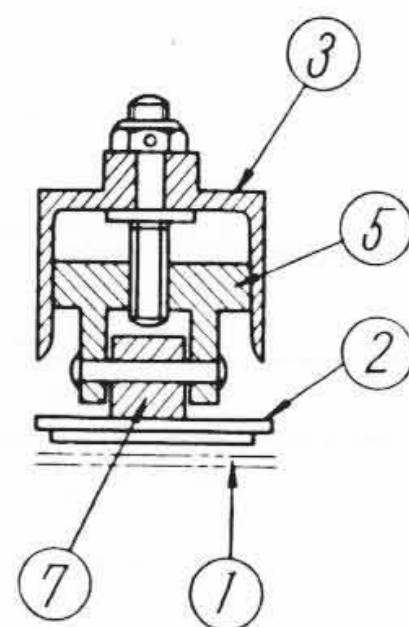
制動胴1とバンド2との間隙の調整は、まずブレーキオフの状態ではバンドが最もゆるんでいる位置、すなわちバンドが自重によってたるんでいる下側のボルト6₁を操作して摺動片5を移動させ、ローラ7によりバンド2を押圧して制動胴1との間隙を適当に調整する。ついで同様にして順次上側のボルトに及ぼしてゆきバンド全体にわたって調整を行う。

この考案によれば、バンドに無理な力が作用しなく、バンドの張力にむだがなく、操作が容易であって安定した調整ができ、バンドの自重を十分に支持できるばかりでなく、せまい場所でも設置可能であるなどの効果がある。

(野 村)



側面図



断面図

第1図 バンドブレーキ