U.D.C. 621.316.925.027.6：621.317.333.41：621.398

高圧架空配電線保護制御方式

Protection and Control of Overhead Distribution Systems

村井勝治* 吉村浩二* 柴田満男**
Katsuji Murai Kôji Yoshimura Mitsuo Shibata

要旨

配電近代化にともない，配電線の系統構成は従来の樹枝状方式から信頼度の高いループ，ネットワーク方式に改良されつつある。これらの方式の特長をじゅうぶん発揮させるためには系統構成に見合った保護制御方式を適用する必要がある。そのため樹枝状方式およびループ方式に対しては時限式事故捜査方式を，ネットワーク方式に対してはパイロットワイヤリレー方式を適用して良好な実績を納めている。

1. 緒言

わが国の配電系統は大都市を中心として近代化が急速に進められ，信頼度の高い安定した電力を供給できる方式に改良されつつある。すなわち20 kV級配電の採用，地中化が推進されるとともに，配電方式についても抜本的な検討が加えられ，大都市の過密地域においては低圧側でのネットワーク化[1]が，その周辺地域および地方都市にあっては高圧側でのネットワーク化およびループ化が行なわれている。

このような構成の配電系統において，事故時の停電時間，停電地域を極限して供給信頼度を向上させるためには，事故区間を確実に検出して除去する保護方式が必要であり，サービスレベルをより向上させるためには，系統の運転状態を的確には握する監視制御方式が必要である。そのため低圧ネットワーク方式に対しては欧米で実績のあるネットワークプロテクタが，高圧ネットワーク，ループ方式に対してはその形態に応じて種々の保護，監視制御方式が考案され採用されてきた[2]。

日立製作所においては高圧架空配電線の保護，監視制御方式を中心に早くから研究開発を進め，昭和40年以来，高圧ネットワーク配電線保護用パイロットワイヤリレー装置[3]，常開ループ配電線保護用時限式事故捜査器，ならびにこれらの系統を監視制御する周波数式遠方監規制御装置[4]を多数製作納入してきた。これらは最近発達のめざましいエレクトロニクス技術を駆使して完成されたものである。

配電線保護制御装置は屋外柱上に設置されるため，小形で信頼度が高く，据付保守が容易でじゅうぶんな耐候性をもったものとする必要があり，方式，回路設計，構造の面からじゅうぶんな検討を行なった結果良好な実績を納めている。以下高圧架空配電線保護制御方式の内容，装置の構成と動作，設計上の留意点について述べる。

2. 配電線の保護制御方式

2.1 配電系統構成

図1は高圧配電線の系統構成図であり，保護制御方式の見地から分類したものである。

同図(a)は従来から行なわれている樹枝状方式であり，事故が発生すると事故区間以遠の区間は停電となる。これに対し(b)の常開ループ方式はループ点開閉器を投入して逆送を行ない，事故区間を除いて停電復旧することをねらいとしたものである。(c)(d)のネットワーク方式は事故区間のみを除いて健全区間の停電時間を極力短縮することを目的としている。

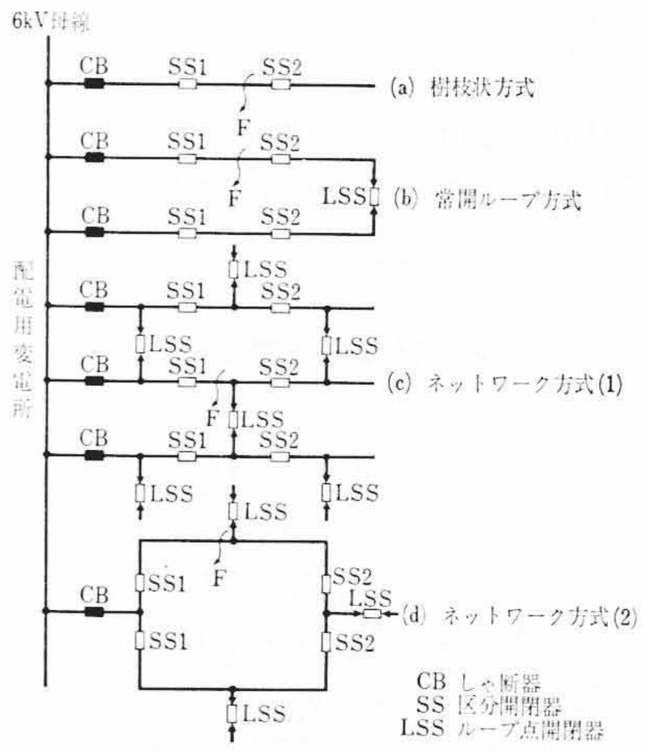


図1 高圧配電線の系統構成

したがって比較的重要度の低い配電線に対しては樹枝状方式が適用できるが，事故時にも停電を極力防止しなければならない配電線に対しては常開ループ方式が適用される。さらに停電時間と停電回数を極力短縮しなければならない配電線に対してはネットワーク方式が適用される。またネットワーク方式を適用すれば配電線の負荷が変動した場合にも負荷率を均一化することができ，負荷が増大した場合にもネットワーク内の任意の点に容易に組入れることができる。

2.2 保護方式

配電線を保護するにあたっては，それぞれの系統構成の特長をじゅうぶん発揮できる保護リレー方式を適用する必要がある。

樹枝状方式に対しては従来から用いられている時限式事故捜査方式が適用され，事故時変電所引出口のリレーにより検出してしゃ断器を開放したのち2回再閉路を行なって順送し，事故点の探査と事故区間直前までの復旧を行なうことができる。常開ループ方式に対しては樹枝状方式と同じく事故点探査と事故区間直前までの復旧ができるとともに，ループ点開閉器の投入を行なって事故区間以遠の健全区間へ逆送も行なえる時限式事故捜査方式の適用が望まれる。ネットワーク方式に対してはパイロットワイヤリレー方式を適用し，事故区間を確実に検出して事故区間両端の区分開閉器のみを開放し，健全区間の無停電運転を図ることが望まれる。

配電線に適用される区分開閉器は従来油入開閉器が使用されてきたが，完全性が高く，長期間無保守，無点検で使用できる開閉器の出現が望まれてきた。この要望にこたえるため，真空中の高い絶縁耐力とアークの拡散現象を利用した真空開閉器の開発を早くから進め，用途に応じた各種の開閉器を開発している。

* 日立製作所国分工場
** 日立製作所那珂工場

樹枝状および常開ループ方式に適用される開閉器は，事故区間の充電は行なうが短絡事故電流をしゃ断することはないため，投入容量はじゅうぶんもっているがしゃ断容量は小さい小形で経済性の高い真空開閉器が適用できる。この開閉器には短絡電流通電中は誤って開放指令が与えられても短絡電流をしゃ断することがないよう非しゃ断機構をそなえている。

ネットワーク方式には事故区間のみを除くため，しゃ断容量をもった真空しゃ断器が適用される。しかしこの場合変電所近傍では短絡容量が大きくなるため経済的な装置とすることが困難であり，しゃ断容量をもたせない場合もある。そのためリレー方式において地絡事故時のみ事故区間両端の区分開閉器を開放し，短絡事故時にはパイロットワイヤリレーで検出後いったん記憶し，変電所引出口のリレーが動作してしゃ断器を開放したのち，事故区間両端の区分開閉器を無電圧，無電流で開放することを考慮している。この場合健全区間もいったん停電となるため，変電所しゃ断器を再閉路して復旧を図る。

2.3 監視制御方式

配電系統の運転状態を正しくは握しサービスレベルの向上に努めるためには，系統構成のいかんにかかわらず配電線の各所に点在する区分開閉器を集中監規制御する必要がある。

遠方監視制御方式としては電圧選択式，パルス数選択式，位相選択式，周波数選択式などがあるが，これらを比較検討した結果，周波数選択方式を採用している。この方式は各区分開閉器に特定の周波数を割り当てることによって少数の連絡線により監規制御を迅速に行なうことができ，柱上に設置される子局装置を小形で保守を必要とせず，容易に増移設ができるようになった。

本方式を適用するにあたり，経済的な装置構成を行なうためには少数の信号でできるだけ多数の区分開閉器を監視制御できるよう考慮する必要がある。一方図1に示す系統の運転状態をは握するためには各区分開閉器の状態をすべて監視する必要があるが，区分開閉器の動作は2.2の保護方式を適用することによって自動化されるため特別の制御を行なう必要はなく，作業停止の便宜などを考慮して必要部分のみ行なえばよい。

また本方式では区分開閉器の投入状態を常時監視して表示しているため，系統監視のみではなく，監視制御装置を含む機器が故障した場合にも信号が断となり検出できる。

2.4 配電用保護制御装置の問題点

配電用保護制御装置は屋外柱上に架設され，過酷な条件のもとで無保守に近い状態で使用されるため，長期間高い動作信頼度を維持する必要がある。そのため装置の設計，製作にあたって回路方式，構成の両面よりじゅうぶんの注意が必要である。

（1） 高　信　頼　化

回路は耐振性の静止形方式とし，半導体部品には温度影響の少ないシリコントランジスタおよびシリコンダイオードを使用するとともに通信工業用として特別高信頼度のものとしている。また回路設計にあたってはじゅうぶんなディレーティングを行なうとともに，出荷前には高温エージングを行ない部品初期不良の絶無を期している。

（2） 耐　候　性

構造は密閉構造とした内ケース，通気可能な外ケースよりなる二重構造である。両ケース中間の空気層には外気を環流させて通気性をよくし結露を防止するとともに，内ケース外面に断熱材をはり付けて内ケース内部の回路部品が直射日光の影響を受けないようにしている。そのため外気温度が−10℃〜+60℃の範囲で変化する場合にもじゅうぶん耐えられる。また寒冷地帯で使用する場合，温度低下時ヒータをそう入するように考慮されているため，−35℃まで適用できる。

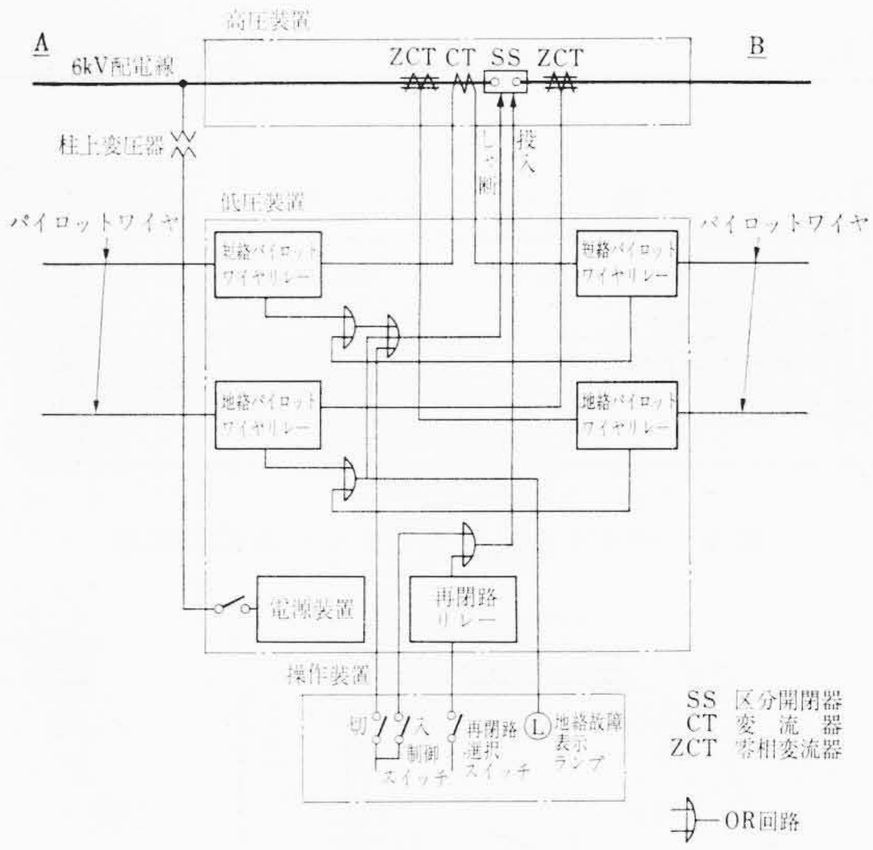


図2　パイロットワイヤリレー装置の構成

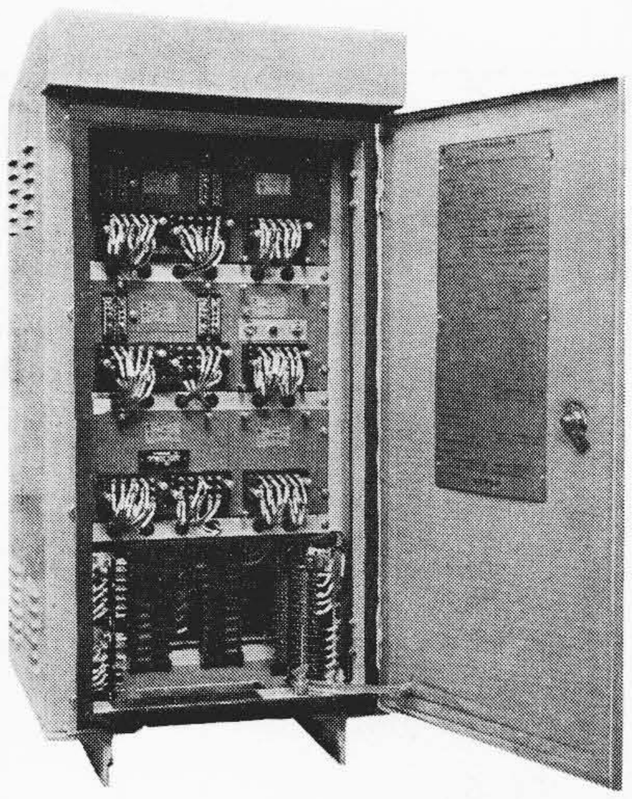


図3　パイロットワイヤリレー低圧装置の外観

（3） 装　置　電　源

装置電源は保守を容易にするため，バッテリーなどを使用せずすべて柱上変圧器二次より導入する方式とし，停電時の操作を考慮してコンデンサによる電源記憶回路を設けている。

（4） 融　通　性

装置はユニット化された回路をビルディングブロック構成し標準化されているため，配電系統の変更にも容易に対処でき融通性に富んでいる。

3. 配電線パイロットワイヤリレー装置

3.1 装置の構成

図2はパイロットワイヤリレー装置の構成である。本装置は高圧装置，低圧装置および操作装置よりなり，電柱の上部より順に装柱される。

高圧装置は区分開閉器，変流器，零相変流器より構成されている。低圧装置は図2A区間およびB区間の事故を検出して保護する2組のパイロットワイヤリレー，一定の無電圧時間ののち区分開閉器に投入指令を与える再閉路リレー，および各リレーと区分開閉器操作回路に電源を供給する電源装置より構成されている。図3は本装置の外観である。操作装置は区分開閉器を手動制御する制御スイッチ，再閉路選択スイッチおよび地絡故障を検出したことを表示す

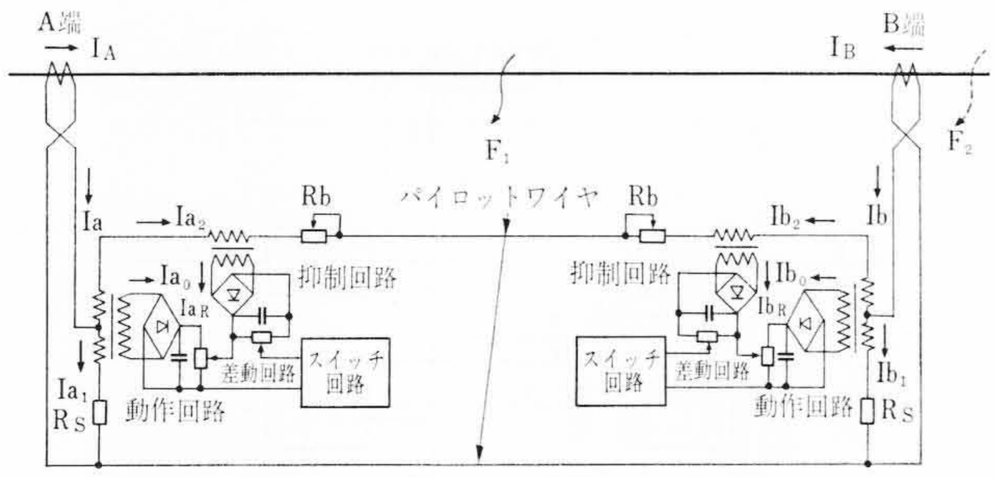


図4　パイロットワイヤリレー方式の原理

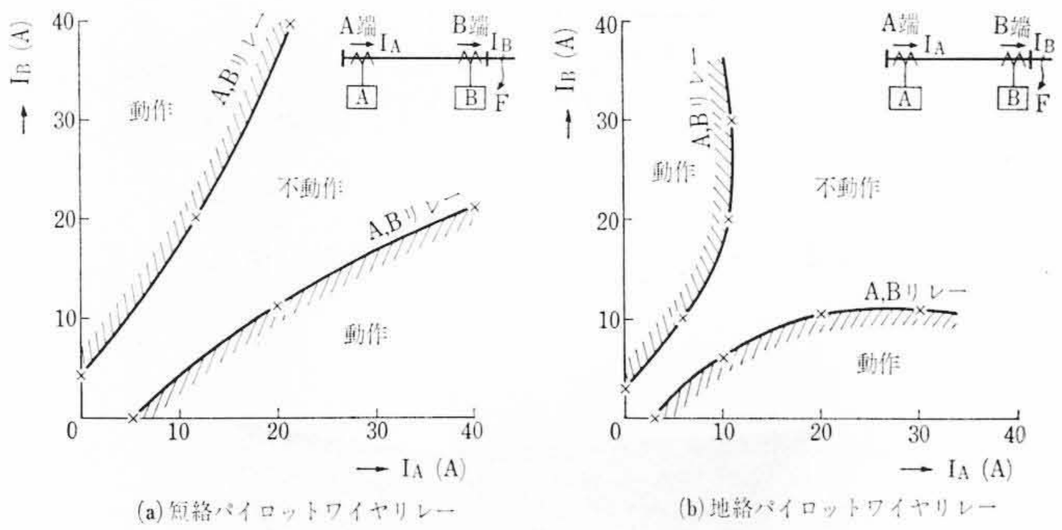


図5　パイロットワイヤリレーの動作特性図

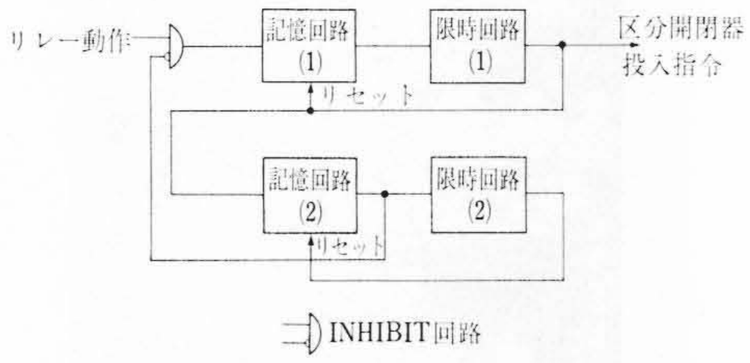


図6　再閉路リレーの動作

るランプよりなっている。

3.2 リレー方式

電流環流式パイロットワイヤリレー方式を採用しており，図4はその原理を示したものである。

R_pをパイロットワイヤの片道抵抗とし，スタンダード抵抗をR_s，バランシング抵抗をR_bとして$R_s=R_b+R_p$となるようR_bを整定する。保護区間内部のF_1点で事故が発生したとき，A端およびB端のリレーの動作回路に流れる電流I_{a0}，I_{b0}，抑制回路に流れる電流I_{aR}，I_{bR}はそれぞれつぎのとおりとなる。

$$\begin{cases} I_{a0}=I_{a1}-I_{a2}=\dfrac{1}{2}(I_a+I_b) \quad \cdots\cdots(1) \\ I_{b0}=I_{b1}-I_{b2}=\dfrac{1}{2}(I_a+I_b) \quad \cdots\cdots(2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{aR}=I_{a2}=\dfrac{1}{4}(I_a-I_b) \quad \cdots\cdots(3) \\ I_{bR}=I_{b2}=\dfrac{1}{4}(I_b-I_a) \quad \cdots\cdots(4) \end{cases}$$

したがって動作電流が抑制電流に比べて大きくなるためリレーは動作する。一方保護区間の外部F_2で事故が発生したときには$I_b=-I_a$となるため，動作電流は抑制電流に比べて大幅に小さくなりリレーは動作しない。本方式は(1)～(4)式に示すようにパイロットワイヤ抵抗の大きさに無関係な動作特性が得られるため，パイロットワイヤの長短にかかわらず特性が変化せず事故区間両端のリレーを同時に動作させることができる。電流入力として短絡リレーにはAC相差電流I_A-I_Cを用い，地絡リレーには零相電流I_0を用いている。

表1　パイロットワイヤリレー仕様

項　目	短絡リレー	地絡リレー
定　格	5 A 連続	3 A 30 s
周波数	50 Hz または 60 Hz	50 Hz または 60 Hz
最小動作電流	2端子1端電源AC相故障4.2A(1) 50% 比率特性	2端子1端電源　2.0A 50% 比率特性 ZCT 一次電流で示す
動作時間	最小動作値の300%以上 100±20 ms	最小動作値の 200%以上 1.0±0.2 s
消費 VA	5 A で 2.0 VA	最小動作電流値で 1.0mVA

注 (1) 3相故障のときは 4.8A，AB相またはBC相故障のときは 8.4Aとなる。

図5はパイロットワイヤリレーの動作特性図である。短絡リレー，地絡リレーともに外部事故時大きな事故電流が流れたときA，B両端のCT誤差によってリレーが誤動作しないよう50%以上の比率差動特性としている。表1はパイロットワイヤリレーの仕様を示したものである。

パイロットワイヤリレーにより事故区間が除去されたのち，隣接健全区間の系統電圧が確立していることを条件に順次区分開閉器を再閉路する。その場合再閉路が確実に行なえるよう電源用柱上変圧器を各区間に1台設置し，順次隣接区間の区分開閉器に電源が与えられるよう配置している。

3.3 リレー特性の留意点

(1) 短絡リレー

本リレーをしゃ断容量をもたない区分開閉器を設置した系統にも適用できるようその構成に対してつぎのような配慮をしている。すなわち保護区間内部に短絡事故が発生して短絡リレーが動作したとき，リレーの動作を記憶回路にいったん記憶し，変電所で事故検出してしゃ断器が開放されるのを待つ。変電所しゃ断器が開放されると短絡リレーが復帰し，系統の不足電圧検出回路の動作により区分開閉器を無電圧無電流で開放する。

(2) 地絡リレー

地絡リレーは非接地系統の地絡事故を検出するよう特に高感度としているため，その構成にあたってはつぎのような配慮をしている。

二次側の微少な差電流を比較するためZCTは高精度の必要があり，特殊鉄心を用いて一次電流1～15Aの範囲で誤差10%以下の高精度としている。また1線断線や異相地絡事故により過大な零相電流が流れた場合にもリレー回路を損傷しないよう，20A以上の電流では飽和する特性としてある。

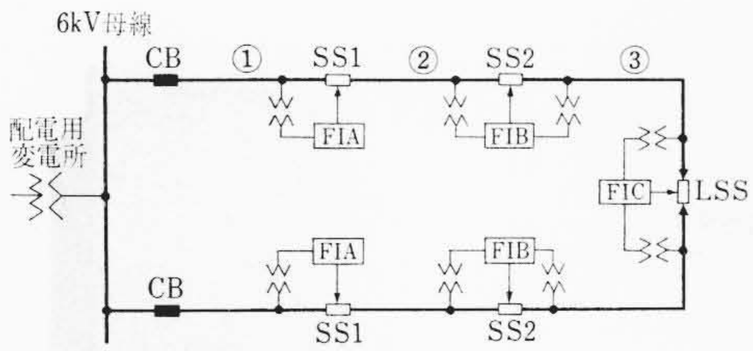
放送電波などの高周波雑音によってリレーが誤動作するのを防止するため，地絡リレーの動作側入力回路に高周波電流を阻止するろ波器をそう入している。

また外部短絡事故時保護区間両端ZCTの残留電流のばらつきによって地絡リレーが誤動作しないよう，短絡リレーの抑制回路に流れる環流電流を検出して地絡リレー動作をロックしている。しゃ断容量のない区分開閉器を使用している場合，内部短絡事故時，地絡リレーが誤動作して事故継続中に区分開閉器にしゃ断指令が与えられないよう，短絡リレーの動作出力によって地絡リレーの動作をロックしている。

(3) 再閉路リレー

図6は再閉路回路の動作を示すブロック図である。

リレーが動作して区分開閉器に開放指令が与えられたことを記憶回路(1)に記憶し，限時回路(1)により無電圧時間をとったのち区分開閉器に投入指令を与える。そののち記憶回路(2)に記憶して永久事故時の再々閉路を阻止する。記憶回路(2)の動作は限時回路(2)によって確認時間をとったのちリセットする。無電圧時間および確認時間は短絡事故時にも再閉路する場合，JEC甲号



CB　しゃ断器　　FIA　順送式事故捜査器
SS　区分開閉器　　FIB　順逆送式事故捜査器
LSS　ループ点開閉器　　FIC　ループ点制御器

図7　常開ループ配電線

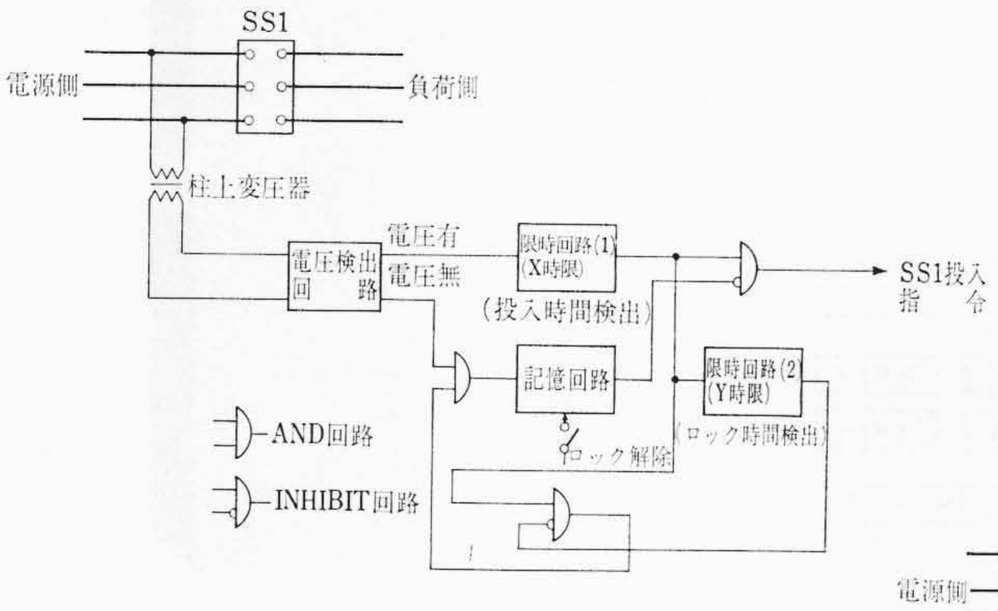


図9　順送式事故捜査器の構成

図8　事故捜査器の動作

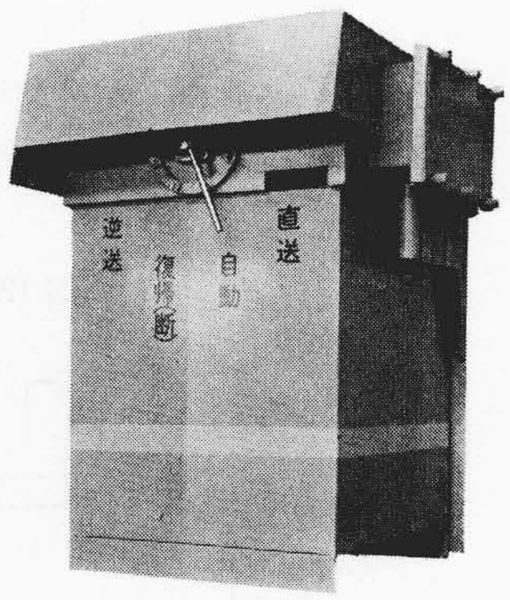


図10　順送式事故捜査器の外観

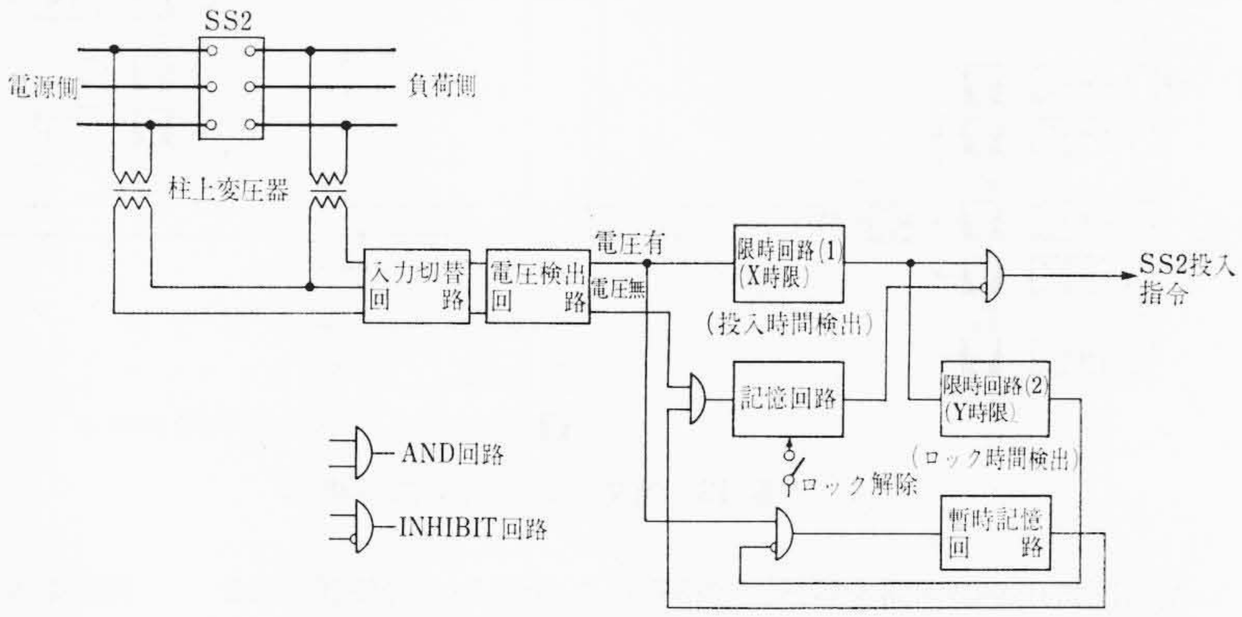


図11　順逆送式事故捜査器の構成

のしゃ断器の責務（O−1分-CO−3分）を守れるよう，それぞれ1分および2分としてある。しゃ断容量をもたない区分開閉器を適用した系統で地絡事故時のみ再閉路する場合には，短絡事故電流をしゃ断しないため無電圧時間は5秒としている。

4.　時限式事故捜査器

4.1　事故捜査方式

図7は時限式事故捜査方式が適用された常開ループ配電線の系統構成図であり，**図8**は事故捜査器の動作説明図である。

本方式には**図7**に示すように順送のみを行なう順送式事故捜査器，順送を行なうとともにループ点開閉器が投入されたのち逆送を行なう順逆送式事故捜査器，およびループ点開閉器を投入するループ点制御器が適用される。

同図および**図8**に示すように配電線に事故が発生すると変電所引出口のリレーが動作し，しゃ断器を引きはずしていったん停電する。これにより各区分開閉器は開路する。ひきつづき変電所で第1回再閉路を行なうと区分開閉器は一定時限（X時限）をもって順次投入される。区分開閉器投入後一定時限（Y時限）以内に再度事故が発生した場合は事故区間用の開閉器が投入されたことになるため変電所引出口で再しゃ断し，事故区間両端の区分開閉器はロックされる。変電所で第2回閉路を行なえば上述の動作をくり返し事故点直前の区間まで復旧される。ひきつづきループ点区分開閉器が投入されて逆送が行なわれ，事故区間のみを残して復旧が完了する。

4.2　事故捜査器の原理と動作

（1）　順送式事故捜査器

図9は順送式事故捜査器の構成を示すブロック図である。

変電所のしゃ断器が投入されて配電線が生かされ電圧有になれば，限時回路（1）によりX時限の間確認したのち区分開閉器に投入指令を与える。区分開閉器を投入後事故検出してしゃ断器が再しゃ断すればY時限以内に電圧なしとなるため，記憶回路が動作し投入回路をロックする。そのためしゃ断器が再度投入されて電圧有となった場合にも区分開閉器の投入は阻止される。記憶回路は系統電圧がなくなった場合にも記憶を保持する必要があるため機械保持式としている。記憶回路の復帰は事故点の修復を確認したのち手動で行なうよう構成されている。区分開閉器を投入後Y時限を経過し，限時回路（2）が動作したのち再しゃ断すれば記憶回路の動作は阻止されるため，電圧なしを検出しても記憶回路は動作せず投入ロックは行なわれない。通常X時限は14秒，Y時限は12秒程度に選定されている。**図10**は本装置の外観である。

（2）　順逆送式事故捜査器

図11は順逆送式事故捜査器の構成を示すブロック図である。

本装置は順送式と同様の機能をもっているほかにつぎの動作を行なうことができる。すなわちループ点開閉器が投入されて負荷側が電圧有になった場合にも，X時限の間確認したのち区分開閉器に投入指令を与えて逆送する。また順送を行なって区分開閉器により事故点が充電されたとき，充電した区分開閉器をロックするとともに事故点直後の区分開閉器も同時にロックできれば，逆送時再度事故点が充電されることがなく再度しゃ断動作が行なわれないため，事故点以遠の健全区間は1回の停電で復旧できる。

そのため事故点が充電され再しゃ断されるまでの間暫時記憶回路に記憶し，記憶回路を動作させて区分開閉器の投入をロックしている。この場合事故時の低い電圧を事故しゃ断されるまでの短時間の間に検出する必要があり，電源電圧がなくなった場合にも確実にロック動作を行なう必要がある。そのためコンデンサを用

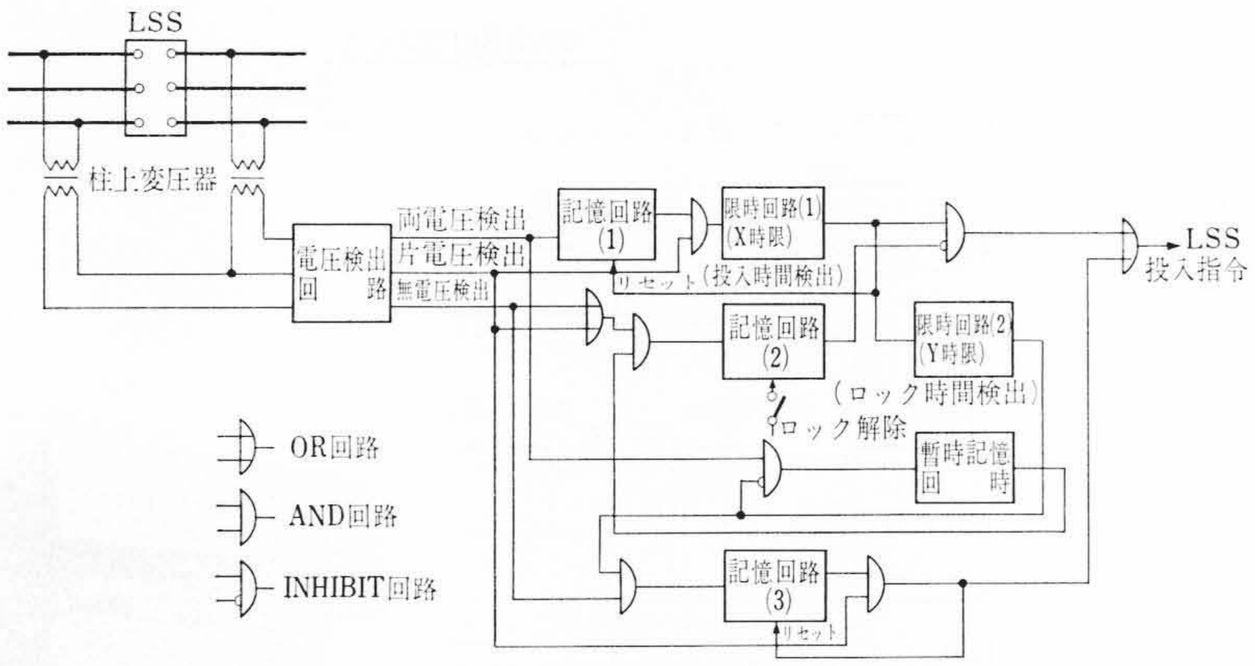


図12　ループ点制御器の構成

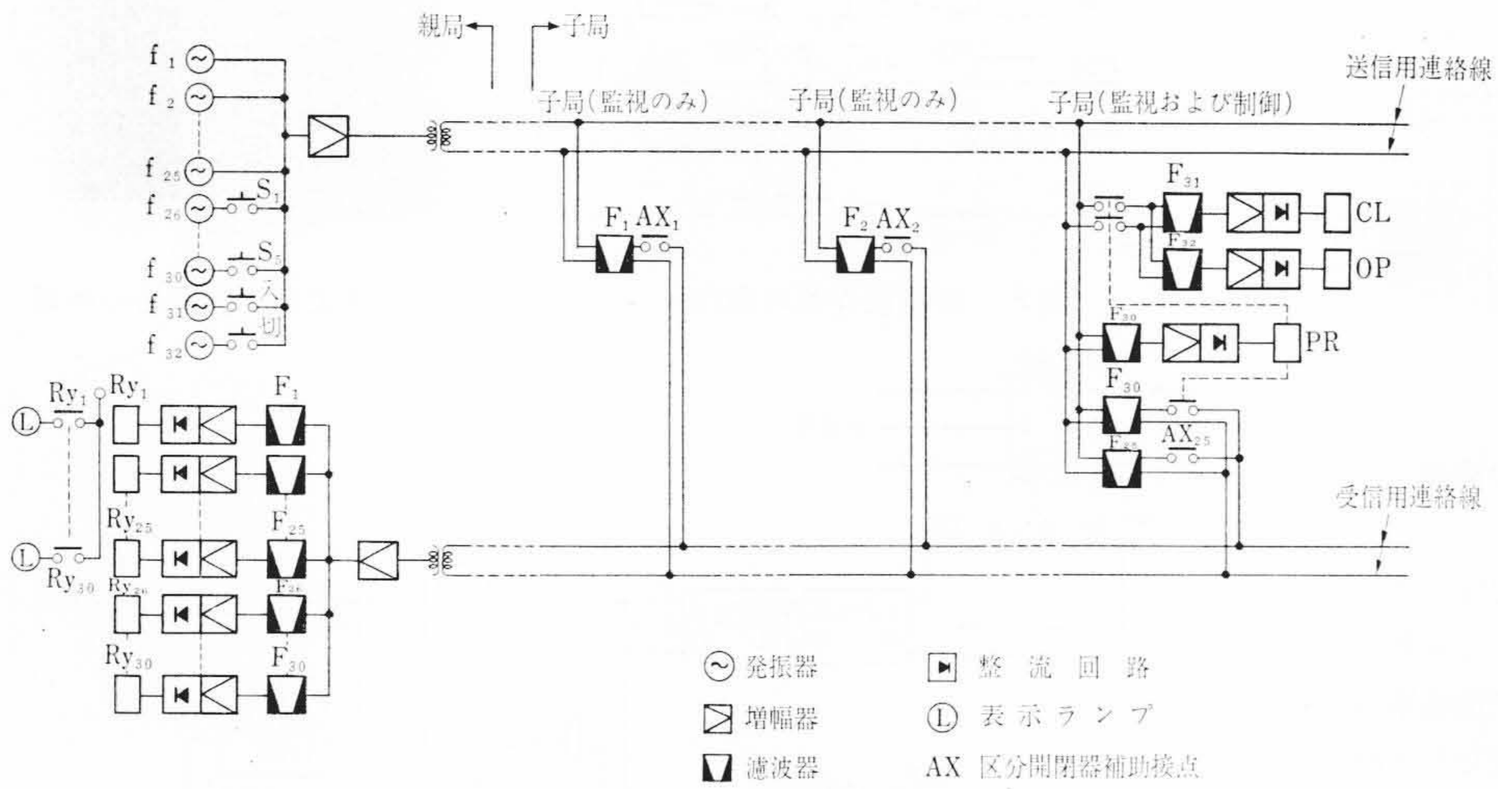


図13　遠方監視制御装置の構成

いた電源電圧記憶回路を設け，定格電圧の30%以上の電圧が0.2秒以上印加されればじゅうぶんロックできる方式としている。

(3)　ループ点制御器

図12はループ点制御器の動作を示すブロック図である。

本装置は順逆送式事故捜査器と同じ方式によりループ点開閉器の投入ロック動作を行なうとともに，さらにつぎの機能を有している。まずループ点開閉器の両端に電圧有を検出すれば記憶回路(1)に記憶する。そののち一方の配電線が事故により停電すれば片側電圧を検出して限時回路(1)によりX時限の間確認したのち，ループ点開閉器に投入指令を与えて事故配電線へ逆送する。本装置では3相事故などのため，順逆送式事故捜査器により(2)に述べた事故点直後の区分開閉器の投入ロックが行なわれず，逆送時再度事故点が充電されて健全側配電線がしゃ断された場合にも大幅に停電時間が延びることのないよう，Y時限経過後健全側配電線が事故しゃ断されて無電圧になった場合には記憶回路(3)を動作させ，再閉路により健全側配電線が生かされたときにはループ点開閉器に瞬時投入指令が与えられるよう考慮されている。

X時限は配電線の区分数に応じて60～130秒に，Y時限は順送および順逆送式事故捜査器と同様に12秒程度に整定されている。

5.　遠方監視制御装置

5.1　遠方監視制御方式

図13は遠方監視制御装置の構成図である。

本装置は変電所や営業所に設置される親局装置と柱上の開閉器側に設置される多数の子局装置，およびこれらを結ぶ2対の信号ケーブルで構成される。子局には監視のみを行なう被監視局と，監視と制御を行なう被制御局の2種類がある。各子局に対して表示信号としてそれぞれ音声周波数帯域内の1周波を割当て，さらに被制御局には選択信号用としてそれぞれ別の周波数を割当てている。被監視局ではF_1, F_2…などの狭帯域ろ波器が設置され，これが区分開閉器の補助接点AXに接続してある。親局の送信回路から$f_1, f_2, \cdots$などの周波数が発信され，区分開閉器の補助接点が閉じていると当該周波数はろ波器を通過して親局に返信される。この返信周波数を親局受信回路で受信して区分開閉器の開閉状態を表示する。

つぎに区分開閉器を遠方操作する場合には親局から目的の被制御局に対して選択用周波数を送信して子局の選択回路を動作させると同時に該当周波数を返信して親局に選択完了を表示する。つづいて制御信号を子局に送って区分開閉器の開閉制御を行なう。**図14**は本装置の外観である。

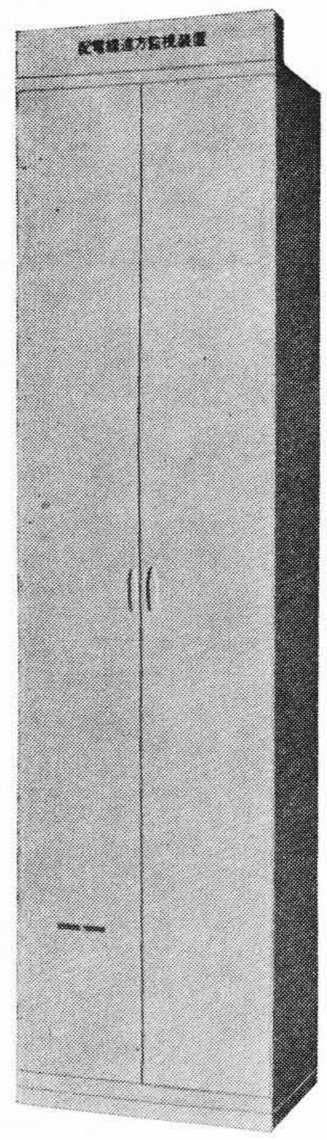


図14　遠方制御装置
親局の外観

5.2　装置の構成

(1)　周波数の選択

多周波方式を適用する場合，周波数の選択にあたっては信号ケーブルに誘導される外部雑音周波数，伝送損失および混変調，相互干渉を考慮してきめる必要がある。外部雑音周波数としては配電線の商用周波数およびその高調波が考えられるが実系統での測定データによれば商用周波の7～8次高調波まで考慮すればよく，それ以上は無視してさしつかえない。したがって使用下限周波数は500 Hzとしている。また周波数が高くなった場合信号ケーブルの損失が大きくなって適用距離が限定され，使用できる信号ケーブルも限定されるがこれをさけるため使用上限周波数は4,000 Hz程度としている。さらに混変調，相互干渉をさけるため，使用周波数は7.5 Hzの奇数倍でかつ75 Hz間隔の周波数列から選んでいる。以上を考慮して1系統あたり約40波の信号周波数が得られている。

（2）　適用連絡線亘長

連絡線として使用する信号ケーブルの伝送損失は周波数が高くなるほど大きくなるため，子局への周波数の割当てにあたっては親局に近い子局に高い周波数を，遠い子局には低い周波数を割当て伝送損失の均一化を図っている。また信号伝送を効率よく行なうためケーブル整合回路を付加している。そのため0.9 ϕ の静電しゃへい付通信ケーブルを用いた場合，連絡線亘長15 km まで適用できる。

（3）　装置の構成

親局子局ともにユニット化されたプラグイン方式を採用しているため，交換，増設が容易であり，とくに子局ではフィルタの交換のみで他子局との互換性がある。発振器としては音声周波信号を安定に得られる圧電音さ発振器を用い，増幅器には安定な増幅率と良好なひずみ率および周波数特性が得られるよう負帰還を施こしたトランジスタ増幅器を使用している。ろ波器には耐候性がよく無保守で使用できる L-C フィルタを使用している。

6. 結　　言

以上ネットワークおよびループ構成された高圧架空配電線の保護制御方式について検討した結果を述べた。これらの方式は従来の樹枝状配電線の保護制御方式に比べて大幅にその機能を向上したものであり，配電系統の信頼度とサービスレベルの向上に役立つものと考える。

今後さらに上述の遠方監視制御親局装置を電子計算機と直結して配電系統運用の全自動化を図るとともに，負荷の増大による系統変更にも容易に対処できるよう Visual Display 方式により系統監視が行なわれ，いっそうサービスレベルの向上が図られるものと思われる。

以上の検討を行なうにあたり，終始ご指導いただいた電力会社配電関係者各位に深謝する。

参　考　文　献

（1）　伊藤ほか：　昭和43年電気学会東京支部大会論文集，分科会1 No. 360～364
（2）　和田：　現代電気工学講座「配電工学」p. 38～45，p. 106～126
（3）　田中，村井，柴田：　昭和37年電気学会東京支部大会論文集 No. 217
（4）　松尾：　電気計算　Vol. 34　p. 122～126

新　案　の　紹　介

登録実用新案 第809010号

抜山　誠・斎藤　武

位　相　比　較　自　動　同　期　装　置

同期電動機においてはその制動巻線を利用して起動し，そのときに突入電流を軽減させるためにトランスあるいはリアクタにより半電圧を加えて最小すべりに達したのち励磁を加えて同期させ，その後一度印加電圧を切ったのち全電圧を加えて電動機を同期化させたのち稼働せしめる起動方法があるが，この考案はこの全電圧を加えるとき電動機が同期条件となったことを確認して自動同期投入させる自動同期装置に関するものである。

図1において説明すると，電動機1に速度発電機5を直結し，この速度発電機5より発生する電圧 E_G と全電圧線路4から電位変圧器 PT を介して発生する電圧をそれぞれ同期回路6に加えて両者の位相を比較せしめ，このそれぞれの電圧 E_G, E_L の位相が重なったときのみ信号 P_R を発生せしめ，この信号 P_R の重なっている間の時間を測定し，これが所定の大きさになったとき投入コイル CC を励磁して電動機1と全電圧線路4間の遮断器 CB_2 を投入し，電動機1を稼働するよう構成される。

同期回路6として図2および図3に示すように線路4および電動機1の電圧 E_L, E_G の正の半波または負の半波をそれぞれ方形波回路 7_a, 7_b にて方形波 P_L, P_G とし，これを AND 回路8に導き，AND 回路8では二つの方形波 P_L, P_G が重なったときのみ信号 P を出す。この重っている時間 τ は同期点で最大となる（逆極性の時0となる）。したがって遮断器 CB_2 の時間遅れを考慮して同期点前の位相角にて投入信号を出すように時間測定回路9を整定し，この信号 P_S を直流信号および接点閉成回路10を介して同期点にて CB_2 を投入する。

この考案は以上のように全電圧線路4の電動機1の同期点を確実に検出するとともに投入コイル CC によって遮断器投入時の過渡電流を小さく押えることができるなどの効果をもっている。（西宮）

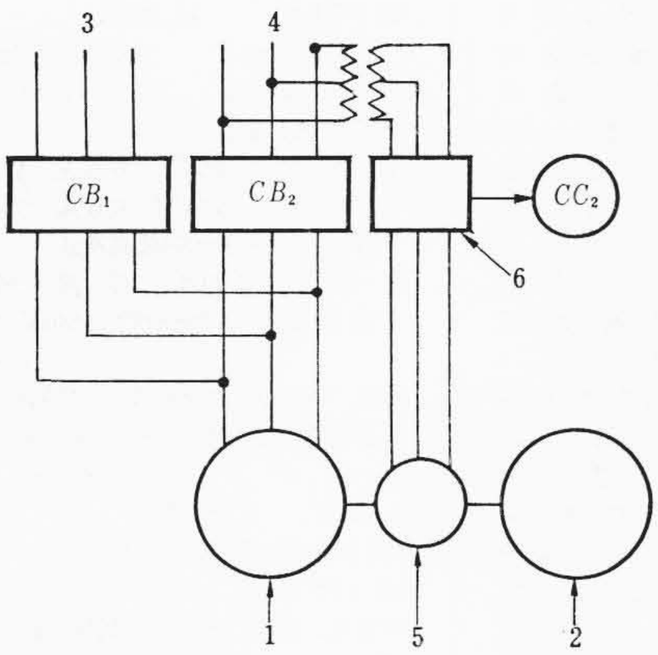


図　1

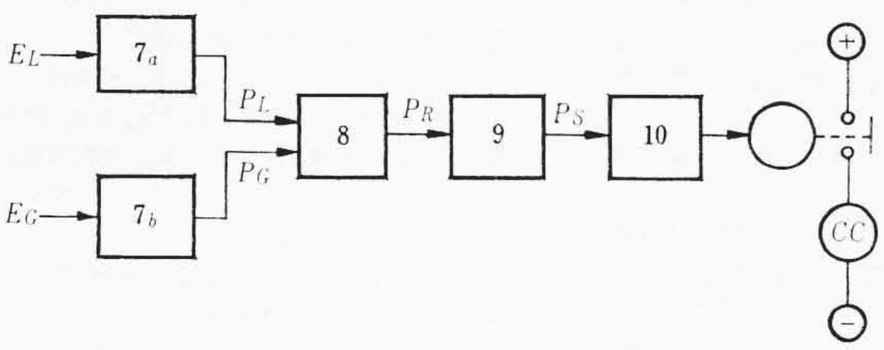


図　2

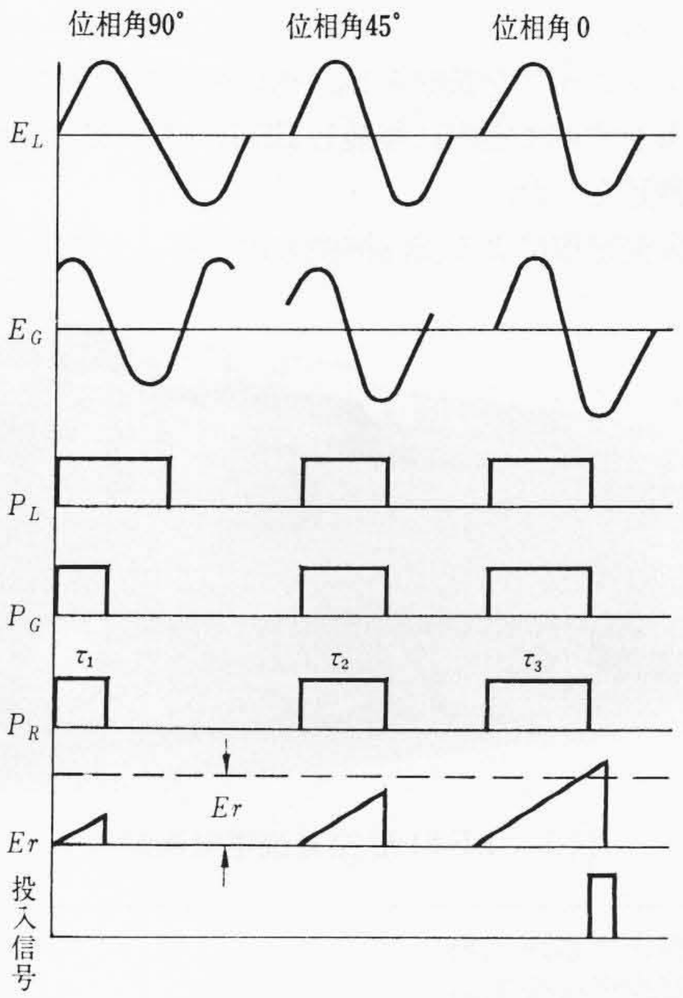


図　3