

関西電力株式会社 納

154kV 系統 キャリヤリレー

Carrier-Current Pilot Relaying for 154 kV Transmission Lines of Kansai Electric Power Co.

三 田 勝 茂* 中 山 敬 造*
 Katsushige Mita Keizō Nakayama
 可 知 章 三* 渡 井 三 夫**
 Shōzō Kachi Mitsuo Watai

内 容 梗 概

このたび関西電力株式会社の154kV送電線に、合計27端局分のキャリヤリレーを納入した。本キャリヤリレーは誘導円筒形モーリレーを主体とし、トランジスタ式キャリヤセットと組み合わせたものである。本装置は工場の試験用大容量模擬送電線により詳細な試験を実施して成果を納めた。

1. 緒 言

超高圧系統の拡充に伴い変電所におけるバンク容量が増大するにつれて、その二次系統に発生した事故も系統全体に重大な影響を与えるようになってきた。したがってこれら二次系統にもパイロットリレー方式を適用して高速度選択遮断を行なうことが逐次行なわれつつある。

日立製作所はさきに関西電力株式会社の超高圧系統用キャリヤリレーを多数製作納入したが、今回引き続き同社の154kV幹線に合計27端局分のキャリヤリレーを一括納入した。このキャリヤリレーは新しく開発した誘導円筒形モーリレーを主体とし、短絡に対しては距離方向比較方式、地絡には電力方向比較方式を適用し、トランジスタ式キャリヤセットと組み合わせたものである。

装置は工場において新設の大容量模擬送電線により綿密な試験を行ない、すぐれた性能を確認した。すでに実系統における数々の実績も記録されているが、本稿ではキャリヤリレー装置の概要と模擬送電線による試験結果について報告する。

2 キャリヤリレー装置の概要

2.1 適用系統

第1図は関西電力の154kV系統の一部を示しており、図中実線部分が今回キャリヤリレーを設置した区間である。これら各幹線は大阪市周辺の主要変電所と山側の水力地帯とを結ぶ重要幹線であって、いずれもわが国有数の長距離送電線であり、中性点は抵抗とリアクトルを併用して接地されている。また木曾、関西幹線、美濃、東海線および飛騨旧、新幹線など、そのほとんどが並行2回線2ルートでの並行運転を行なっている。

この系統に適用するリレー方式の検討に際しては、下記の点に特に注意する必要がある。

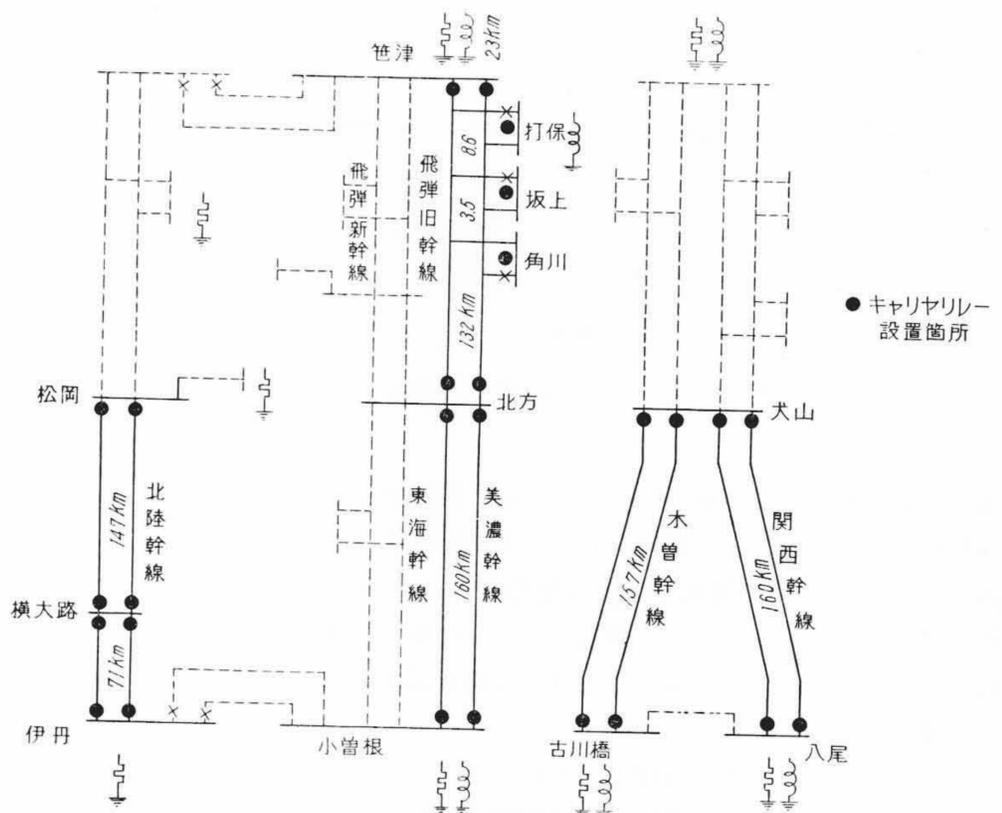
(a) 故障電流値が至近端と遠端故障とで非常に大きく変化する。また地絡故障の場合には故障電流の位相角の変化も大きい。これは送電線の長さが長いことと、4回線並行運転を行なっているためである。

(b) 遠端故障の場合には故障電流の絶対値が小さく、短絡故障の場合にも負荷電流と大差なく、電圧の変化も僅少である。

そのため交流計算盤を用いて各種故障時の種々のリレーの動作条

* 日立製作所国分工場

** 日立製作所那珂工場



第1図 関西電力株式会社 154kV 系統図

件を詳細に計算して方式を決定した。

また飛騨旧幹線は中間に三発電所が分岐するいわゆる多端子送電線であるが、リレー方式を簡易化して実質的な信頼度を向上するために、中間発電所は並行2回線に対して1回線不平衡分岐させることにした。

2.2 キャリヤリレー方式

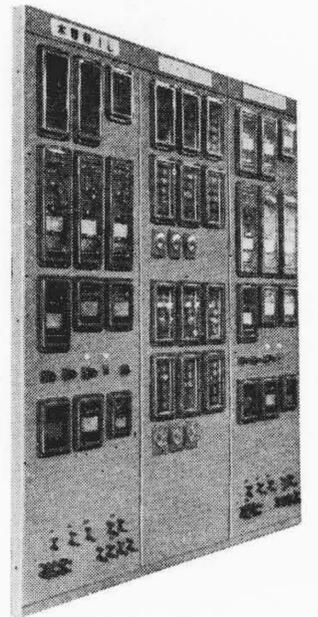
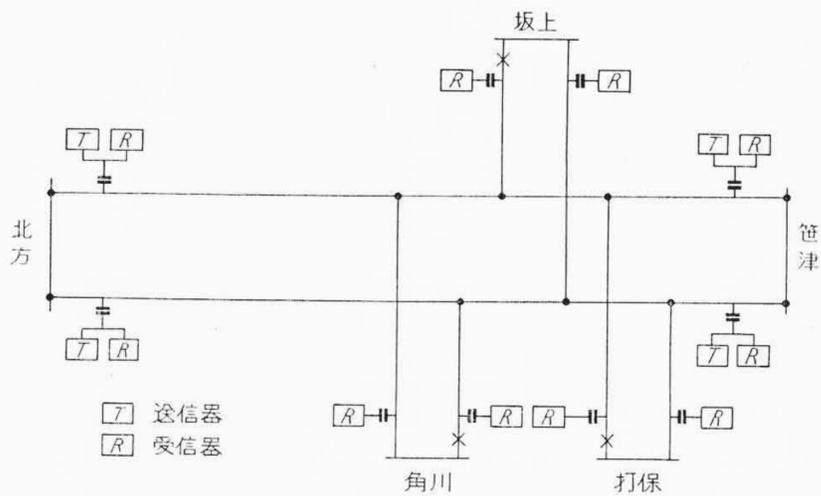
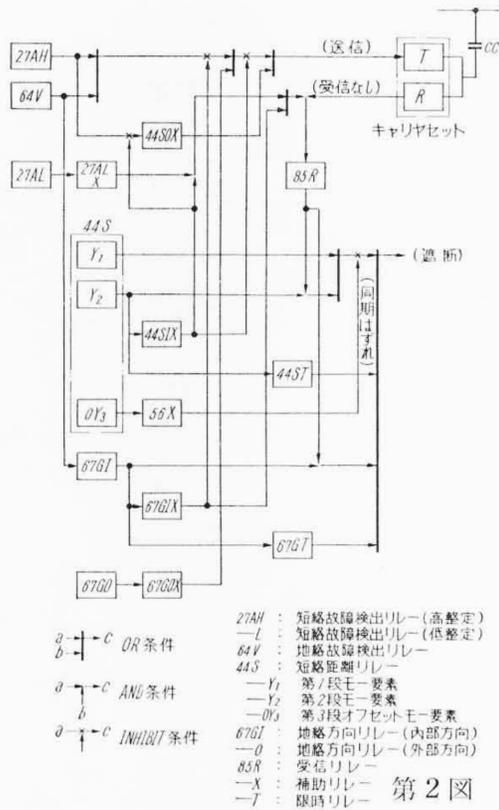
キャリヤリレー方式は種々検討の結果、短絡に対しては距離方向比較方式、地絡に対しては電力方向比較方式が最適であると考えて適用した。したがって方式自体は従来から行なわれているものと原理上とくに大きく変わっているところはないが、細部については十分に検討を行ない改良を加えている。

短絡保護は、

- (a) 距離リレー第1段による高速度遮断
- (b) 距離リレー第2段と組み合わせたキャリヤリレーによる高速度遮断
- (c) 距離リレー第2段と限時リレーを組み合わせた後備限時遮断

の3段階の保護を行ない、一方距離リレー第3段と第2段との動作時間差を利用して、同期はずれを検出したときには高速度遮断回路をロックするようにしている。

地絡保護は、



(a) 電力方向リレーと組み合わせたキャリヤリレーによる高速度遮断

(b) 電力方向リレーと限時リレーを組み合わせた後備限時遮断の2段階があり、短絡リレー優先方式を採用して1線地絡故障のときだけ動作させるようにしている。

第2図は本キャリヤリレーの動作を説明するためのブロック図である。系統に故障が発生して故障検出リレー (27 AH または 64 V) が動作すると、まずキャリヤ送信を始める。故障が保護区内部であれば、主要リレー (44 S または 67 GI) が動作して送信を停止するようにはたらく。したがって受信リレー (85 R) が両端でキャリヤ送信を停止したことを検出して動作し、両端同時遮断を行なう。区間外部の故障の場合には、故障点に近い端子では故障電流が流出するために主要リレーが動作せず、キャリヤ送信を継続して遮断を阻止する。また故障遮断時に電力方向が反転するような場合にも、両端リレーの動作、復帰時限の協調をとって健全回線の誤遮断を確実に防止している。

また飛騨旧幹線は前のべたとおり不平衡分岐をもった多端子送電線であるが、キャリヤリレー方式としては北方、笹津の2端子間に上述の方向比較方式を適用し、中間の分岐端はこの2端子の判定結果にしたがって従属遮断させる方式とした。すなわち第3図のように北方と笹津にはキャリヤ送受信機を置くが、中間の端子にはキャリヤ受信機のみを置き、両端で区間内部故障と判定してキャリヤ送信を止めた場合には、分岐端は故障検出とキャリヤ受信がないことを条件に遮断させるものである。この方式は分岐端の背後電力が大きい場合には適用を制限されることが考えられるが、今回は事前に十分な検討を行なってリレーの整定を決定した。またこの方式では分岐端の外部故障に際しほかの端子も不要の遮断を行なうことがあるが、その機会是非常に少ないと考えてよい。多端子送電線の保護は従来から非常に困難とされているが、ある程度割り切ることでより経済的で十分実用効果のある保護を行なうことができる。

さらに飛騨旧幹線の分岐端は両端よりも先行遮断するように協調を取り、系統の異常電圧発生を防止している。

第4図はキャリヤリレー盤の一例であり、並行2回線に対し配電盤3面を用いている。

2.3 再閉路方式

キャリヤリレーは再閉路方式と組み合わされてこそ、その能力と効果が最大限に発揮される。今回も飛騨旧幹線を除いてはすべて高

速度三相再閉路を併用した。再閉路方式は切替スイッチによって下記の4位に切り替えることができる。

- (a) 再閉路不使用
- (b) 地絡故障高速度遮断時のみ三相再閉路
- (c) 地絡、短絡故障ともに高速度遮断時に三相再閉路
- (d) 並行2回線遮断時に2回線三相再閉路

上記の(d)は第1図の木曾、関西幹線および美濃、東海幹線のようになり、並行2回線ルートが並行運転されるときに適用される。すなわち並行2回線の両回線に同時故障が発生したときは2回線とも遮断したのち、他ルートによって山側と里側の同期が保たれていることを電力潮流によって確認した上、2回線の同時再閉路を行なうものである。

最近並行2回線にまたがる異相地絡故障の発生ひん度が高いことが認められており、この種の故障に対しては

- (a) 超高压送電線で採用されるような多相再閉路方式
- (b) 進相、短絡優先条件付選択リレー方式と組み合わせた三相再閉路方式

などが適用されているが、上記の2回線同時再閉路方式も有効な対策であると考えられる。

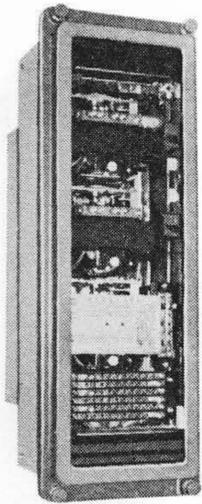
2.4 主要リレー

方向比較キャリヤリレーの性能は使用する主要リレーの特性に負うところが大きい。そのため事前に十分な検討を行なって短絡用距離リレーと地絡用電力方向リレーの仕様を決定した。

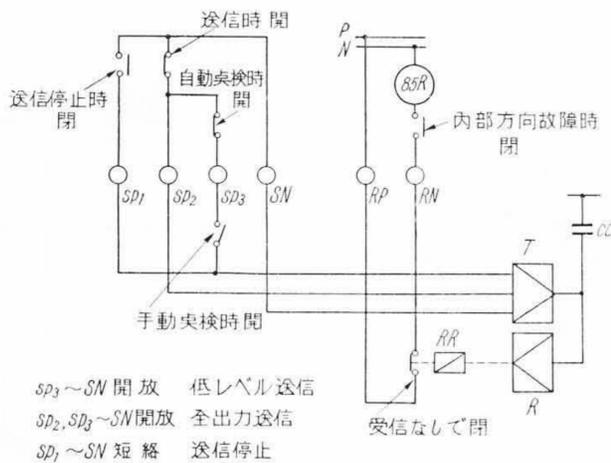
距離リレーには周知のとおりモーター特性、インピーダンス特性およびリアクタンス特性の三種があり、おもに負荷インピーダンスとの識別、故障点抵抗の影響の二点から考えて、それぞれ長距離、中距離および短距離送電線に適用される。今回はリレーからみた保護区間インピーダンスが最大 12.8 Ω に達する長距離送電線であるため、下記のような仕様のモーター距離リレーを適用した。

| | |
|------|--------------------|
| 形式 | UHY-1G2 |
| 定格 | 110 V, 5 A, 60 c/s |
| 調整範囲 | 第1段 モーター特性 3~30Ω |
| | 第2段 モーター特性 3~30Ω |
| | 第3段 オフセットモーター特性 |
| | 前方 3~30Ω |
| | 後方 0~3Ω |

今回開発したモーター距離リレーは誘導円筒形構造であり、とくに過渡特性の面から十分に検討されている。すなわちモーター距離リレーは測距特性と方向性をあわせもつ点および三相故障はもちろんのこと



第 5 図 誘導円筒形モーター距離リレー



第 6 図 キャリヤセットとリレー盤とのとり合せ原理説明図



第 7 図 トランジスタ化キャリヤセット

二相故障時にも電圧メモリー効果に頼る必要がある点で、インピーダンスリレーなどに比べて過渡時の動作が不安定になりやすい。したがってこの種のリレーの性能は静特性それ自体にはあまり問題はなく、過渡特性の優劣によって大きく左右される。この意味においてリレー回路の構成と常数を詳細に検討するとともに、あらゆる条件における過渡試験を行なったがその結果

- (a) 動作は非常に安定で誤動作は皆無、動作時間も早い
- (b) 電圧回路が開路された場合にも誤動作のおさげがない
- (c) オーバリーチは 2% 以下である
- (d) 周波数特性も良好である

など従来のものに比べて一段と特性のよいものを完成することができた。第 5 図はその外観である。

地絡方向リレーについては、故障電流が小さいため消費 VA が小さく高感度のタップをもったリレーを開発した。リレーを高感度にする CT の特性の吟味がとくに重要になるが、多重故障時の大電流通過時の CT 特性に基づく地絡リレーの誤動作を防止するために、前にも述べたように短絡リレー優先方式を併用して、1 線地絡故障時のみ地絡リレーを応動させるようにした。

2.5 キャリヤセット

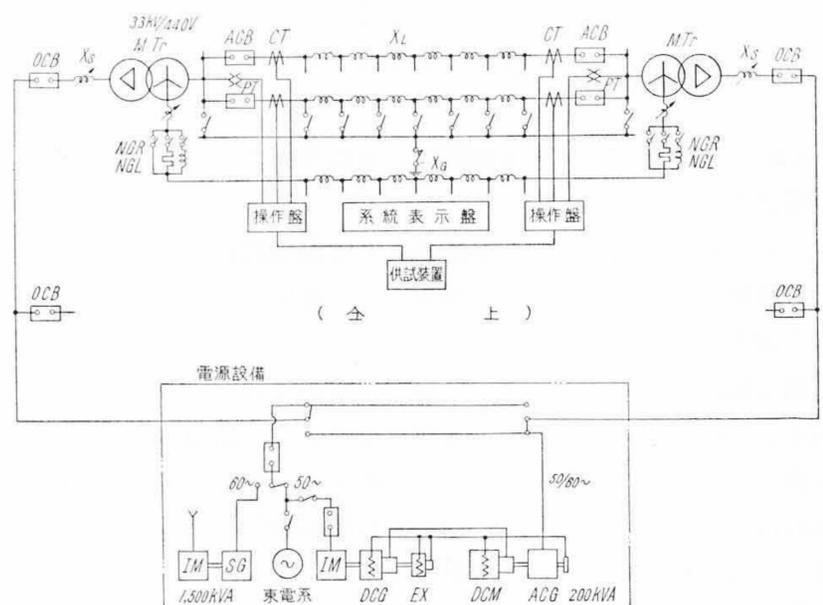
キャリヤセットのトランジスタ化は年を追って一般化しつつあるが、今回は送信増幅器出力段のみに真空管を用い、他の部分はすべてトランジスタ化した装置を製作納入した。トランジスタ化することにより装置は小形化され、標準搬送架一架に常用機と予備機を実装することができる。常用機と予備機は全く独立した同種の装置となっているため、予備をおかぬときはそのまま 2 端局分として使用することもできる。またトランジスタ化により信頼度も向上し保守も容易となる。現在日立製作所では +40 dBm の出力を有する全トランジスタ装置も製作しており、今後はすべて全トランジスタ方式が採用される。

第 6 図はキャリヤセットとリレー盤とのとり合わせ部分を示したものであり、送信制御、受信出力ともに接点による授受を行なっている。そのほかキャリヤリレーの使用除外、点検不良、遮断器の入切などの状態も表示できるように考慮されている。

キャリヤセットのおもな仕様は下記のとおりである。

- (a) 搬送方式 故障時送出阻止積放方式
- (b) 信号方式 非変調、単一周波送受信方式
- (c) 受信帯域幅 狭帯域受信 ± 150 c/s
- (d) 動作時間 7 ms 以下
- (e) 出力 +40 dBm

第 7 図はキャリヤセットの外観である。



第 8 図 試験用模擬送電線設備の回路構成

3. 模擬送電線による工場試験

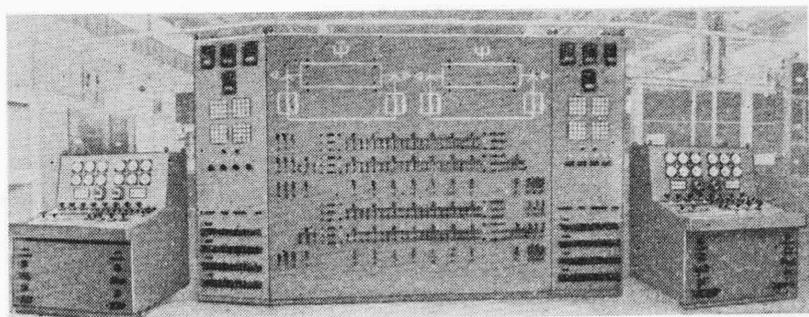
3.1 模擬送電線設備

パイロットリレー方式をはじめとして各種の高速度保護リレー盤は過渡状態におけるリレーの総合動作によってその性能が左右されるものであるから、工場において実系統と等価な状態で、できるだけ詳細に各種条件における装置動作を検討しておく必要がある。そのために今回特別大容量の試験用模擬送電線設備を設置した。

第 8 図はこの模擬送電線設備の構成を示す説明図であり、図からもわかるようにつぎのような部分から成り立っている。

- (a) 電源設備 50 c/s で試験する場合には東電系および 200 kVA MG セットを、60 c/s の場合には 1,500 kVA および 200 kVA MG セットを用いる。
- (b) 模擬送電線 3.3kV で受電し、受電用変圧器を通して模擬送電線は 440 V で運転する。受電および送電線用遮断器、電源および送電線用リアクトルリレー用 CT, PT よりなる。
- (c) 操作および系統盤 本設備の運転操作および故障点切り替えと試験系統の表示などを行なう。

模擬送電線による実系統の模擬の等価性は設備の規模により決定されるが、本設備はこの点にとくに留意して特別大容量としたため、至近端故障の模擬、定格電流の十数倍ないし数十倍に及ぶ過電流試験および故障発生直後の過渡状態における試験など、ほとんど完全な模擬試験が可能になった。このため試験内容が充実され、ひいては現地における総合組み合わせ試験も簡略化することができる。



第9図 試験用大容量模擬送電線設備

そのほか本設備の特長は下記のとおりである。

- (a) 線路常数は 440 kV 級送電線までを対象として決定し、かつ線路のインピーダンス角は最高約 85 度とすることができる。また零相帰路回路により実際の送電線の正相、零相インピーダンスを等価的に模擬している。
- (b) 線路互長はリレー側換算 10.5Ω の送電線まで模擬できる。なお接続変更によりさらに長い送電線や多端子送電線を構成することもできる。
- (c) 中性点接地方式は直接接地、抵抗接地およびリアクトル接地のいずれにも切り替えることができる。
- (d) 故障点は系統盤上のスイッチにより区間内外にわたる各点を任意に選択できる。故障種類は操作盤から選択操作する。そしてこれらは系統盤上に照光表示されるため、試験内容のは握に便利である。
- (e) 故障シーケンスの選択によって永久故障と遮断器の遮断に伴って消滅する故障のいずれにすることもできる。またこのシーケンスに連動してオシロの起動、停止もすべて自動的に行なわれる。

第9図は本設備の外観である。

3.2 模擬送電線による試験

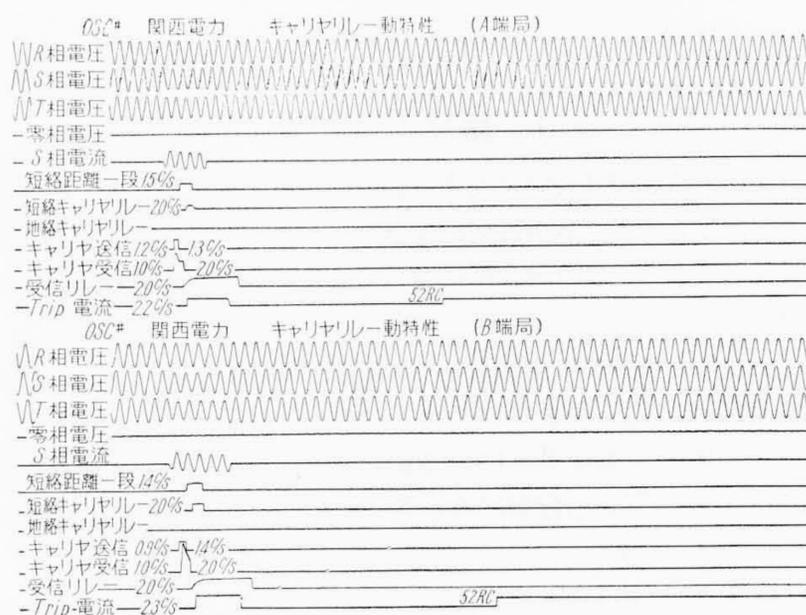
今回製作した関西電力 154 kV 系統のキャリヤリレーは、すべてこの模擬送電線設備を用いて実動作試験が行なわれた。模擬送電線にて発生させた故障条件はあらかじめ交流計算盤によって計算した値と非常によく一致し、設備の有用性を実証した。

キャリヤリレー装置は種々の故障条件においてつねに正確に動作し、すぐれた成果を取めることができた。第10図は試験中に測定したオシログラムの一例である。同図(a)は内部故障R相1線地絡の場合であって、故障発生後 0.5 サイクルにて送信を開始し、故障電流が比較的小さいにもかかわらず 3.1 および 3.3 サイクルで引はずし指令を出している。また永久故障を模擬しているため再閉路後再遮断を行なっている。(b)は同様に ST 相2線短絡の場合であり、短絡距離リレー第1段とキャリヤリレーが動作してそれぞれ 2.2, 2.3 サイクルにて引はずし指令を出している。この図からわかるとおり、送電線の長さが長い場合故障が発生しても電圧低下はほとんどない。また故障電流には相当の直流分電流が含まれている。

またその他の故障条件における動作や再閉路動作も良好な結果が得られた。



第10図(a) キャリヤリレー動作オシログラム (地絡故障)



第10図(b) キャリヤリレー動作オシログラム (短絡故障)

4. 結 言

関西電力株式会社の 154 kV 幹線 27 端局に納入したキャリヤリレー装置についてその概要を報告した。本キャリヤリレーは適用送電線がわが国でも有数の長距離送電線であるため、誘導円筒形のモー距離リレーを新しく開発して使用したが、とくにリレーにすぐれた過渡特性をもたせること、またキャリヤセットのトランジスタ化による装置の小形化、信頼度の向上および保守の軽減に所期の成果を取めることができ、現地納入後ただちに迎えた雷雨期に各地でその威力を十分発揮している。したがって本方式によるキャリヤリレーは今後広く採用されることが期待される。

また大容量の試験用模擬送電線の完成は模擬性を高めるだけでなく、試験能率の向上や試験内容の充実にも役立っており、今後におけるこの種高速度保護方式の試験ならびに開発に大きな威力を加えるものと信ずる。

最後に本装置は関西電力株式会社関係者各位の深いご理解と数々のご指導に負うところが大きいことを付言して紙上から厚くお礼申しあげる。