

転送遮断用光伝送装置の開発

Development of Optical Transmission Unit for Transfer Tripping

堀田 利男^{*1}
Toshio Hotta
梶田 寛^{*1}
Hiroshi Kajita

1 はじめに

近年、6.6kV配電系のコージェネレーション設備を持つ需要家は年々増加傾向にある。電力系統の事故停電時、あるいは点検停電時には需要家の発電設備の単独運転による逆充電を防止するため、転送遮断装置を使って系統より需要家の設備を切り離している。図1の現状のメタルケーブルを用いた転送遮断装置は制御電圧をメタルケーブルに直接印加させ需要家側のリレーを動作させる方式であるため、配電用変電所と需要家の相互間に高耐圧ケーブルや特殊な保安設備を設けて、雷などの電磁誘導妨害による誤動作の防止を図っている。

今回電磁誘導妨害を受けず、高速でかつ信頼度の高い伝送が可能な光通信に着目し、将来性、拡張性の高い光ケーブルを利用した転送遮断用光伝送装置(以下、光TT伝送装置という)を開発したので紹介する。

なお、本装置の研究は中部電力㈱殿及びメーカー3社による共同研究で実施した。

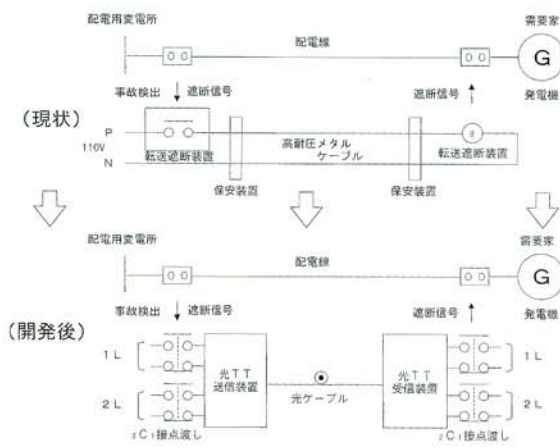


図1 転送遮断装置の現状と開発後
Fig.1. Present and development of transfer tripping unit

2 仕様の検討

6.6kV系光TT伝送装置に要求される条件として、必要転送情報点数、許容伝送遅延時間、許容光伝送距離、警報出力などを実状調査し、6.6kV系で実際に必要となる仕様

※1 技術開発本部 開発部

を明確化した。

必要転送遮断情報点数は実運用されているのがほとんど1系統であり将来用を考慮して計2要素とした。変電所のSV情報の伝送は需要家には不要なためなしとした。

許容伝送遅延時間は電力系統運用部門への調査の結果、送信装置、受信装置間を50ms以内とした。

許容光伝送距離は特高需要家の存在範囲に敷設ルートの中継を考慮して15kmを目標値とした。

警報出力は運用上一括集約されていること、需要家において個別表示は不要であることなどの理由により一括出力とした。

この他、装置信頼度、試験仕様について検討し低コストで実現できる見通しを得た。表1に本研究の6.6kV系光TT伝送装置の主な仕様検討結果を示す。

表1 仕様検討結果

Table1. The examined result of specification of 6.6kV optical transmission unit

項目	6.6kV系光TT伝送装置
転送遮断情報点数	最大2要素
転送遮断情報以外の伝送情報(SV情報 ^{*1})	伝送不要
光伝送距離	最大15km
発光素子/受光素子	LD ^{*2} / Pin-PD ^{*3}
警報接点出力	総合警報 電源異常 送信異常(一括) 受信異常(一括)

※1 SV: Supervision (監視)

※2 LD: Laser Diode

※3 Pin-PD: Pin Photo Diode

3 装置の仕様

装置の仕様を表2に示す。光伝送速度は汎用性を考慮し1.544Mbpsとした。

誤り検定方式はフレームの検定(同期検定)、符号の検定、対向装置の検定によって決められ、表2のような誤り検定方式とした。

伝送フォーマットは必要情報量、許容伝送遅延時間、符号信頼度によって決められ、図2に示すフォーマットとした。

表2 光TT伝送装置の仕様

Table2. Spec of optical transmission unit

項目	仕様・内容	
伝送遅延時間	50ms以下(送信装置:25ms以下, 受信装置:25ms以下)	
光伝送速度	1.544Mbps	
通信速度	48kbps(1.544Mbpsによる多点サンプリング)	
伝送要素数	2要素(トリップ指令)	
伝送フォーマット	1フレーム42ビット	
共通仕様	誤り検定方式	<ul style="list-style-type: none"> 同期検定方式 フレーム同期ビット("1":8ビット)及び固定ビット("0":5ビット)の合計13ビットを1フレーム同期パターンとし、全て正しく検出されたとき、同期検定"良" CRC検定方式 下記生成多項式で割り切れたとき"良" (X^8+X^2+1)($X^5+X^4+X^3+X^2+1$) ($X^5+X^4+X^2+X+1$) 符号定マーク検定方式 受信制御信号2要素のうち、1要素でも、C定マーク不良(00又は11)の時、"異常"とし、全ての要素がC定マーク良(01又は10)の時、検定"良"とする
	対向装置認識(ID)	3ビットの装置IDアドレス(ID番号0~7)を持ち、送信装置と受信装置のID番号が一致する場合のみ受信情報を出力する。
	制御電源	DC110V, DC-24V, DC-48V 選択可能
外形	W:480mm X H:200mm X D:350mm	
送信装置	制御入力	4信号(1要素2信号):DC24V又はDC48V 0.2A以下
	警報出力	5信号 DC50V 0.2A
	発光素子	LD
受信装置	制御出力	4信号(1要素2信号):DC110V 0.2A以上 L/R=40ms
	警報出力	7信号 リレー盤:DC110V 0.2A L/R=40ms その他:DC50V 0.2A
	発光素子	Pin-PD

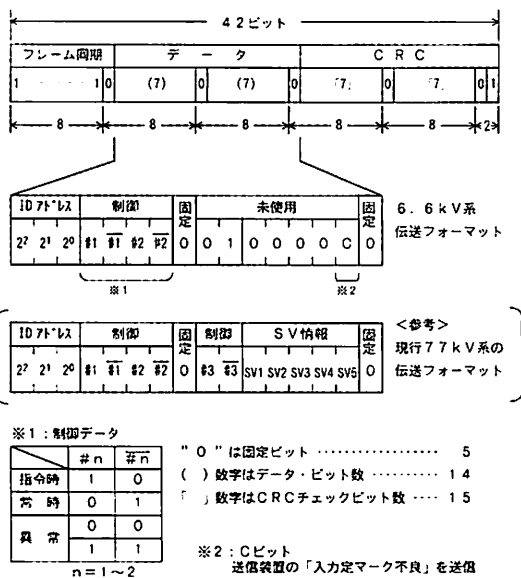
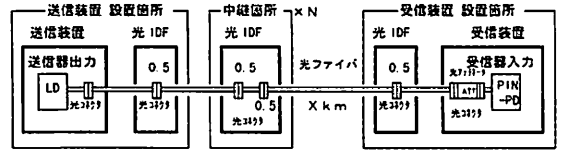


図2 伝送フォーマット
Fig.2. Spec of transmission format

【回線構成モデル】



【レベルダイヤ】

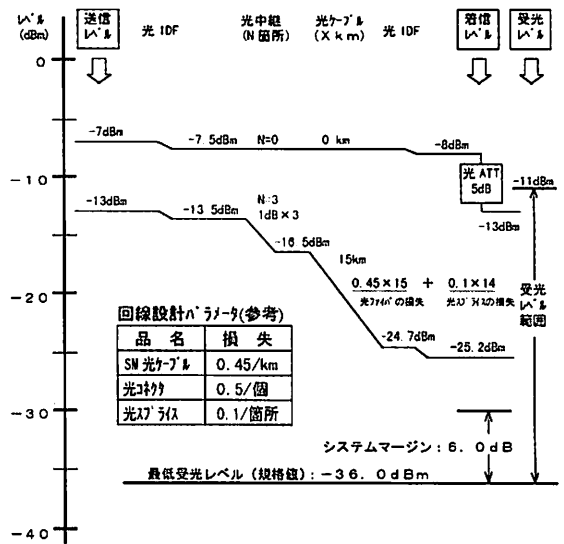


図3 光レベルダイヤグラム
Fig.3. The diagram of optical level

表3 光伝送仕様

Table3. Spec of optical device

項目	仕様	備考	
適用伝送路	SM10/125光ファイバ		
変調方式	光強度変調		
符号化形式	CM I*(“0”は0JT)		
伝送速度	1.544Mbps±50ppm		
光コネクタ	FCコネクタ(PC研磨)		
送信部特性	発光素子	LD	
	発光波長	1270~1350nm	
	発光出力レベル	-13.0~-7.0dBm	平均値
	消光比	11dB以上	PNパターン
受信部特性	光出力理論	正論理(“1”で発光)	
	受光素子	Pin-PD	
最大伝送損失	最大伝送損失	23.0dB	
	最小伝送損失	4.0dB	

※1 CM I: Coded Mark Inversion

※2 BER: Bit Error Rate 符号誤り率

図3に光レベルダイヤグラム, 表3に光伝送仕様を示す。伝送路は長距離伝送に適したSM(シングルモード)ファイバとした。

図のような回線構成モデルの光伝送系の回線設計を行い, 送信部, 及び受信部の特性を決定した。

送信レベルをLDの発光出力レベル(平均値)-13.0~

7.0dBmとし、送信及び受信装置設置箇所（光中間配線盤）を設け、伝送距離15km、中継箇所3か所、システムマージンを6dBと仮定した場合、受光レベル範囲は図のように、-36.0dBm～-11.0dBmの受光素子が適当となる。

発光素子、受光素子は、適合ファイバ、性能、汎用性、コスト及び組合せ方法などを検討し発光素子はLD、受光素子はPin-PDとした。

4 装置の構成

装置の外観を図4に示す。また装置のブロック図を図5に示す。

本システムは送信装置と受信装置の対向を基本的な構成とする。

外形寸法：480(W)×200(H)×350(D)(標準架取り付け可能なユニット構造)

外線接続：光IDF(光コネクタFC型)
通信用監視装置(ラッピング端子)



図4 光T T伝送装置の外観(上：送信装置，下：受信装置)
Fig.4. Appearance of 6.6kV optical transmission unit

図5の装置のブロック図にて機能の説明をする。送信装置は配電用変電所に設置され、受信装置は需要家の構内に設置される。装置間は最大15kmの光ファイバで接続される。

送信装置では事故あるいは作業などにより配電系統で停電した場合に、配電用変電所内の遮断器のメーク接点情報が送信装置の制御入力部に C_1 の定マーク信号(1キャラクタ中にマーク(「1」)の数が一定になるように構成された符号で、平常時「01」、指令時「10」、異常時「00」か「11」となる。)で取り込まれる。PS変換部ではその入力データに装置IDを付与するとともにCRC(Cyclic Redundancy Checkの略。伝送上の誤りをチェックする方法の1つ。)演算処理をして伝送用の42ビットデータに変換される。またデータはここで各種検定を行い異常があれば警報を出力するとともに受信装置への送信データを強制的に平常(無制御状態)にする。光変調部ではPS変換部で処理されたNRZ(Non-Return to Zeroの略。原信号をそのまま伝送するベースバンド伝送のこと。)符号データをCMI(Coded Mark Inversionの略。原信号の「0」を「01」、1を「11」と「00」の交互に変換して伝送する。)符号データに変換し、LD(レーザダイオード)により光送出する。

受信装置では、光復調部のPin-PD(ピンフォトダイオード)により受光し、CMI符号データをNRZ符号データに変換する。SP変換部では装置IDの確認をするとともに各種検定を行い、異常があれば警報出力する。異常がなければ制御信号出力部より C_1 の定マーク信号で外部リレー装置へ出力する。

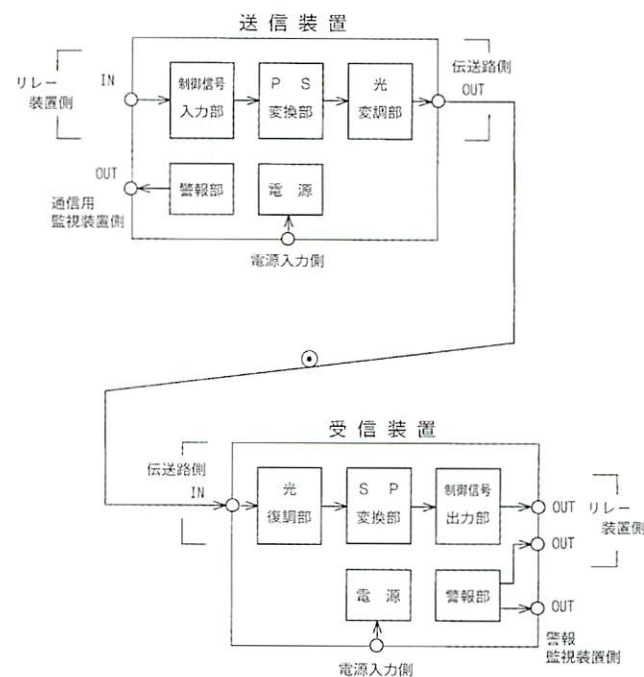


図5 装置ブロック図
Fig.5. Block diagram of 6.6kV optical transmission unit

5 試験及び評価

試作した装置を単体試験、フィールド試験に分けて検証を行った。

単体試験では試作装置単体の機能や性能を検証するのが目的であり、良好な結果を得た。

フィールド試験では、他メーカーの試作品と異メーカー対向状態で、装置機能及び性能が正常であるかを確認した。

試験回路を図6に示す。異メーカー対向試験時の組合せは図7に示すように3社の送受信装置がどのように組み合わせられても伝送可能なことを確認した。また異メーカー対向試験風景を図8に示す。

送信装置へのリレー入力としてC接点のSWを用いた模擬入力装置、受信装置からのリレー出力としてLED表示の模擬出力装置を用いた。

伝送距離15kmは光ATTで減衰させることで模擬した。試験項目を表4に示す。

警報動作試験のうち各種誤り検定不良はパルスジェネレータにより作成した誤りデータを直接受信装置に入力することで確認した。

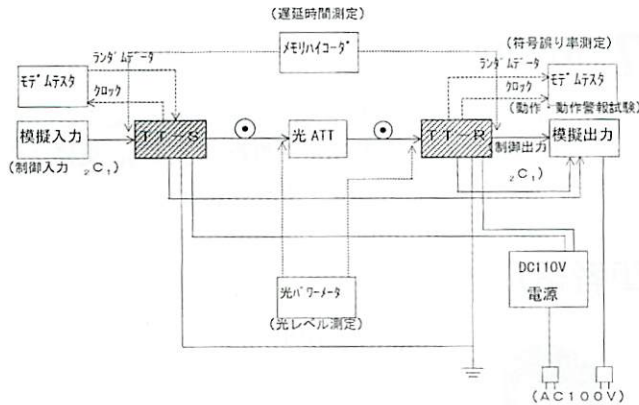


図6 試験回路
Fig.6. Test circuit

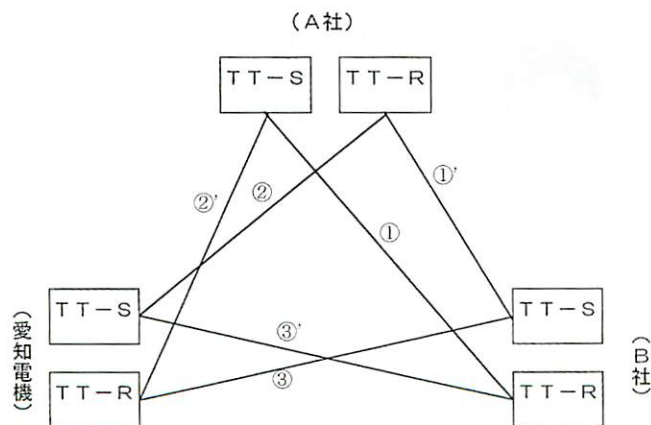


図7 異メーカー対向試験組み合わせ
Fig.7. Different maker test combination



図8 異メーカー対向試験風景
Fig.8. A view of different maker test

伝送遅延時間測定はメモリハイコーダを用いて模擬入力装置から模擬出力装置までの時間差を測定した。

送信光レベル測定は -9.3dBm (判定基準 $-13.0\sim-7.0\text{dBm}$)、受信光レベル測定は -11.2dBm (判定基準 $-36.0\sim-11.0\text{dBm}$)であり、また最低受光レベルは -42.2dBm (判定基準 -36.0dBm 以下)と仕様を満足する結果となった。

伝送誤り率測定は光変復調部の光モジュール間の符号誤り率を確認する試験であり、モデムテストを用いて、ランダム符号データを送信装置に入力し、受信装置側で受光素子の特性値である 1×10^{-8} をカバーできる時間、エラーがないことを比較確認した。

CMI符号測定結果を図9に示す。図の上段のCMI符号データは送信装置の光ファイバの出口で光/電気変換する波形モニターを用いて取り出し、下段のNRZ符号データは送信装置の回線試験用コネクタから取り出した。同期が取れていないのでNRZ符号データに対してCMI符号データが遅れているものの、NRZ符号データが“0”の時CMI符号データは“01”となり、NRZ符号データが“1”の時CMI符号データは“11”、“00”の交互を繰り返しているのが確認できる。

伝送フォーマット測定結果を図10に示す。図の上段の伝送データ、下段のクロックはともに送信装置の回線試験用コネクタより取り出したものである。図中、フレーム同期8ビット、0固定データ5ビット、ID3ビット、転送遮断情報の要素1(#1, #1="10")は制御指令中、要素2(#2, #2="01")は平常状態、未使用6ビット、送信装置入力定マーク不良を表すCビット、CRC15ビットが確認できる。

6 まとめ

6.6kV系光TT伝送装置の仕様を検討し、試作、及び検証した結果、良好な結果が得られた。また、異メーカー間での動作検証試験でも良好な結果が得られ、本装置の実用化の見通しを得た。

表4 試験項目

Table4. The item of a test

No	試験項目	内容
1	構造検査	外形寸法, 配線引出口, 塗装色, 表示事項, 実装状態, 組立て, 配線状態, 使用端子
2	絶縁抵抗測定	A. 電力装置又は外線ケーブルと接続する端子と大地間(3MΩ以上) B. その他外部装置と接続する端子と大地間(3MΩ以上)
3	絶縁耐力試験	A. 電力装置又は外線ケーブルと接続する端子と大地間(AC 2000V 1分間) B. その他外部装置と接続する端子と大地間(DC 500V 1分間)
4	装置電源回路測定	装置電源電圧測定(+5V±5%以内, +24V±10%以内), 消費電力測定(40W以下)
5	動作試験	制御信号動作試験, 制御信号動作表示(記憶表示), 制御信号異常処理, Cビット伝送試験
6	警報動作試験	〈送信装置〉 入力定マーク不良, 送信出力断(※), 電源異常, 総合警報
		〈受信装置〉 光回線断, 誤り検定不良(※), 連続検定不良(※), タイムアウト(※), 装置ID不一致, 入力定マーク不良, 出力定マーク不良(※), 電源異常, 総合警報
7	伝送遅延時間測定	制御信号伝送遅延時間測定(50ms以下)
8	光レベル測定	送信光レベル測定, 受信光レベル測定
9	信号伝送部試験	(光受信部) 符号方式, 光伝送速度
10	設定機能試験	符号誤り率測定(1×10 ⁻⁶ 以下)
		(符号変換部) 伝送フォーマット確認, 符号伝送速度
		装置ID設定, 切り開きUリンク設定(※)

※印の試験は, フィールド試験においては除外した。

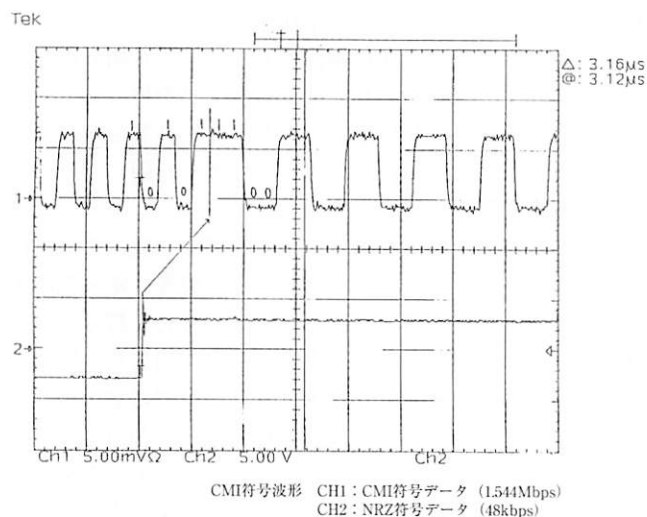


図9 CMI符号測定結果

Fig.9. CMI code

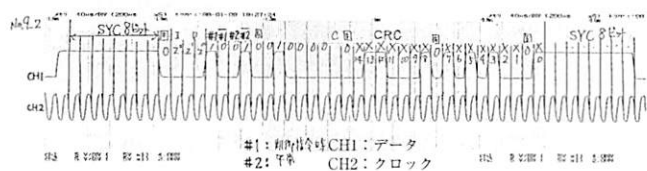


図10 伝送フォーマット測定結果

Fig.10. Transmission format

7 あとがき

本装置の開発により仕様を6.6kV用に特化したことにより低コストで実現できる見通しを得た。今後は, 更にコストダウンのため本装置の改良を手掛ける所存である。

筆者紹介



堀田 利男

技術開発本部 開発部 主任
情報通信技術の研究・開発に従事



堀田 寛

技術開発本部 開発部
情報通信技術の研究・開発に従事