

# IEEE C37.94を適用した送電線保護リレーシステム

鍋野恭宏\* 西澤 研\*\*  
久村大作\* 上楽康智\*\*  
島田洋輔\*

Transmission Line Protection Relay System Based on IEEE C37.94 Communication Standard

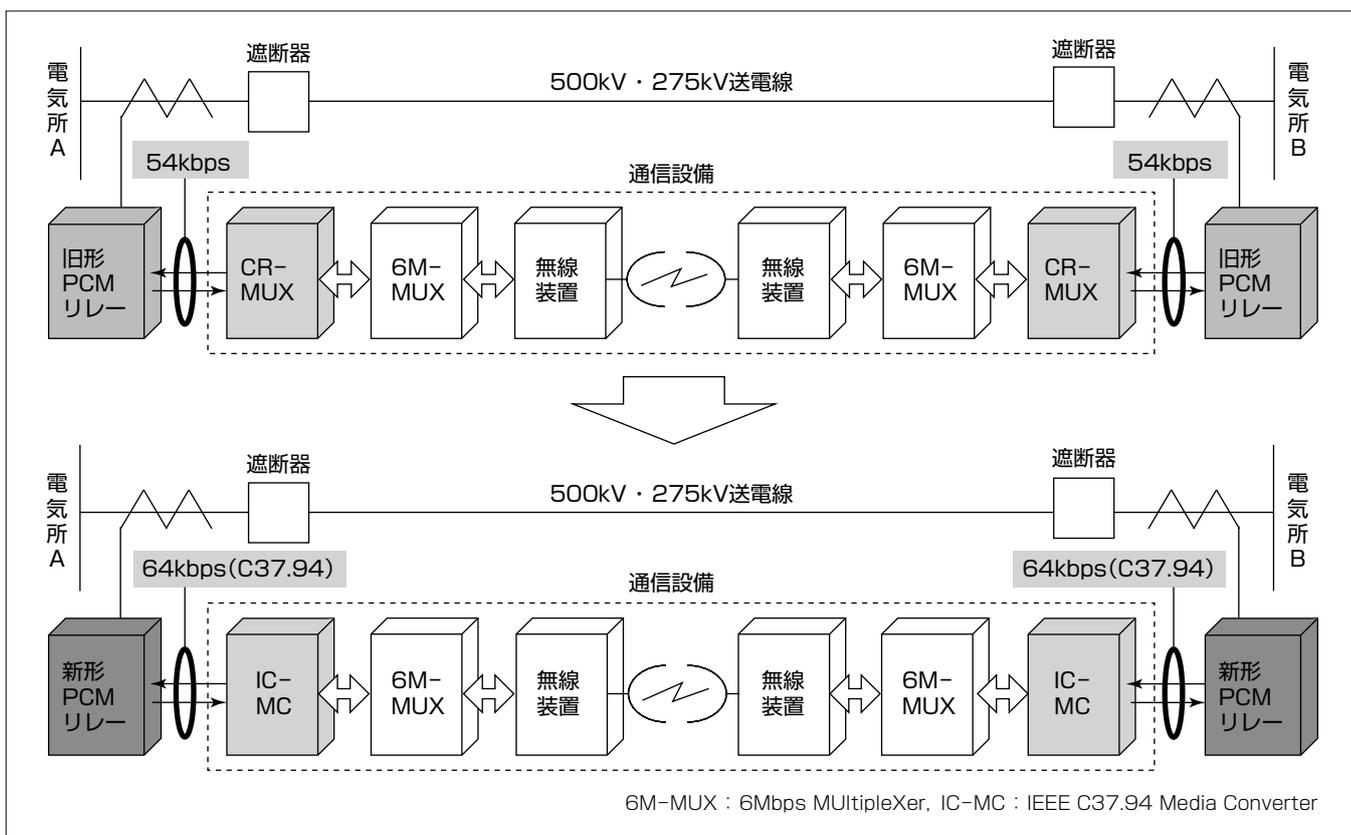
Yasuhiro Nabeno, Daisaku Kumura, Yosuke Shimada, Ken Nishizawa, Yasutomo Johraku

## 要 旨

送電線は、電力を輸送するために電気所間を結ぶ重要な設備であるが、風雪雨などの過酷な環境にさらされており、雷撃などによる事故が継続すると大規模停電や電力系統設備の損傷に至る。送電線保護リレーシステムの役割は、送電線の事故を検出し、事故区間を瞬時に切り離すことにある。送電線保護リレーシステムには高度な信頼性が要求される一方、電力設備コストの削減が一層求められている。電気所間通信を利用した送電線保護リレーシステムでは、国内保護リレー専用規格の通信装置(CR-MUX: Carrier Reley MUltipleXer equipment)が適用されているため、電力設備コストの低減には、この通信装置の低コスト化が課題である。

現在、国内電力会社の基幹系PCMリレーでは国内専用の通信方式(伝送速度54kbps)が広く用いられているが、東京電力パワーグリッド(株)では、2015年度から500kV、275kV PCMリレーに、国際標準の保護リレー通信方式として普及している国際通信規格IEEE C37.94を適用している。この規格を採用することによって、通信装置の低コスト化が可能となる。

なお、今回開発したIEEE C37.94を適用した送電線保護リレーシステムは、三菱電機の国内電力会社向け保護リレー装置MELPRO-CHARGE2シリーズ<sup>(1)</sup>を適用して製作しており、東京電力パワーグリッド(株)に2017年4月に納入し、稼働中である。



## IEEE C37.94を適用した送電線保護リレーシステムの構成

国内保護リレー専用規格の通信装置(CR-MUX)から国際規格IEEE C37.94の通信装置(IC-MC)に置き替えた送電線保護リレーシステムの構成を示す。送電線を保護するために、各電気所に設置されたPCMリレーは通信装置(IC-MC、6M-MUX、無線装置)に接続され通信を行う。

1. ま え が き

送電線保護リレーシステムの役割は、送電線の事故を検出し、事故区間を瞬時に切り離すことにある。送電線保護リレーシステムには高度な信頼性が要求される一方、電力設備コストの一層の削減が求められている。電気所間通信を利用した送電線保護リレーシステムでは、保護リレー専用の通信設備が適用されているため、システム全体が高コスト化する問題がある。

現在、国内電力会社の基幹系PCMリレーシステムでは国内専用の通信方式(伝送速度54kbps)が広く用いられているが、国際標準の保護リレー通信方式として普及している国際通信規格IEEE C37.94を適用することによって、通信装置の低コスト化が可能になる。そこで、国際規格であるIEEE C37.94を適用した送電線保護リレーシステムを開発して実用化した。

本稿では、今回開発した送電線保護リレーシステム及び検証結果について述べる。

2. 送電線保護リレーシステム

2.1 システム構成

図1に、従来のPCMリレーのシステムの構成を示す。従来システムでは、PCMリレーと通信装置間の通信に、国内専用の通信規格(伝送速度54kbps)を適用している。PCMリレーは、リレー室に設置され、通信装置(CR-MUX, 6M-MUX, 無線装置)は通信機械室に設置される。PCMリレーとCR-MUX間の通信には、ノイズの影響を受けないように光通信を行う。CR-MUXはリレーからのデータ(伝送速度54kbps)を1.5Mbpsに変換する機能を持つ。なお、CR-MUXと6M-MUX間及び、6M-MUXと無線装置間は、同通信機械室内に設置されるため電気信号で接続される。従来システムでは、伝送速度に54kbpsを採用することによって、サンプリング同期誤差が生じにくいシステム構成が可能である。

IEEE C37.94を適用したPCMリレーのシステムの構成を図2に示す。今回システムでは、PCMリレーと通信装置(IC-MC)間の通信に、IEEE C37.94を適用する。従来システムと同様に、PCMリレーは、リレー室に設置され、通信装置(IC-MC, 6M-MUX, 無線装置)は通信機械室に設置される。PCMリレーとIC-MC間の通信には、ノイズの影響を受けないように光通信を行う。IC-MCはリレーからのデータ(伝送速度2M(64k) bps)を1.5Mbpsに変換する機能を持つ。なお、IC-MCと6M-MUX間及び、6M-MUXと無線装置間は、同通信機械室内に設置されるため電気信号で接続される。

今回システムでは、伝送速度に64kbpsを採用するために、従来システムと比較し、サンプリング同期誤差の拡大

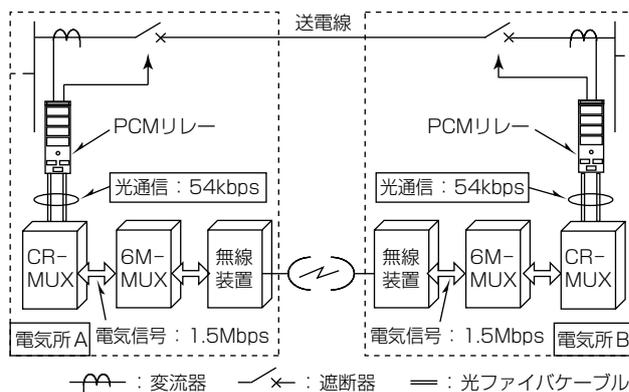


図1. 従来の送電線保護リレーシステムの構成

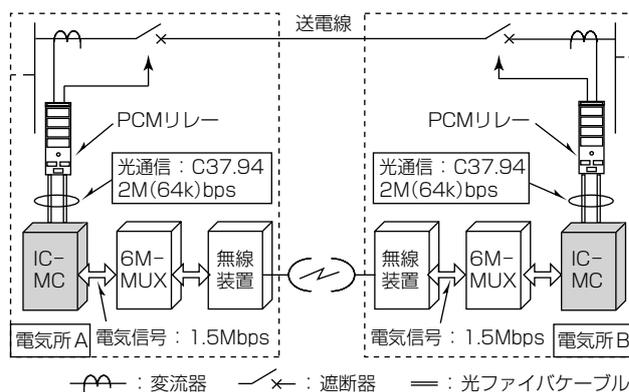


図2. IEEE C37.94を適用した送電線保護リレーシステムの構成

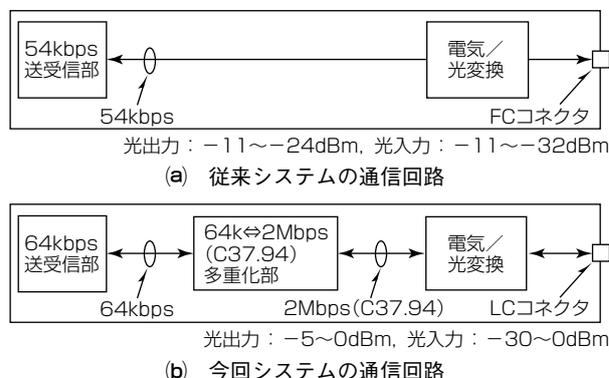


図3. PCMリレー通信回路の比較

が懸念される。

図3に、従来システムの通信回路及び今回システムのPCMリレーの通信回路の比較を示す。従来システムの送受信部は、54kbpsを採用している<sup>(2)</sup>。一方、今回システムでは、送受信部は、一般的な64kbpsを採用しており、さらに、IEEE C37.94に準拠した2Mbpsへの多重化部を備えている。

2.2 国際通信規格IEEE C37.94

2.2.1 伝送フォーマット

従来システムの54kbpsの伝送フォーマットを図4に、IEEE C37.94の2Mbps, 64kbpsの伝送フォーマットを図5, 図6に示す。

IEEE C37.94の2 Mbpsのフォーマットは、“フレームヘッダ”“オーバヘッドデータ”“チャンネルデータ”で構成される。チャンネルデータは、D1~D96及びその反転データで構成され、PCMリレーの64kbpsデータを、D1~D8 (TS1の8 bit)で時分割多重化して授受する。従来システム

で用いる54kbpsフォーマットでは、1フレーム当たりのビット数が固定(90bit)であるのに対して、64kbpsフォーマットでは、1フレーム当たりのビット数が可変(106bit又は107bit)になる。このため、64kbpsフォーマットでは、1フレームのビット数は、先頭のフレーム同期部分によって変更し、フレームの

長さによって変更し、フレームの長さが106bitの場合には、フレーム同期ビット数を17bitとし、フレームの長さが107bitの場合には、フレーム同期ビット数を18bitとする。

2.2.2 2 Mbpsの通信方式

IEEE C37.94では、従来の54kbpsと異なり、64kbpsのデータを2Mbpsに時分割多重してデータを授受する。

さらに、IEEE C37.94の2 Mbpsでは、通信システム内のデータをビット単位で同期する規定がある。このため、システム内のいずれかの通信装置を、2M同期マスタとし、他の通信装置及びリレーは、2M同期マスタからの受信信号にビット単位で同期して送信する必要がある(図7)。なお、IEEE C37.94の伝送クロックの規定では、周波数精度(±100ppm)、ジッタ性能(±0.1UIの信号が受信可能でかつ、±0.2UI以内で送信)が規定されている。

2.2.3 その他機能

IEEE C37.94では、“YELLOW ALARM BIT”機能があり、伝送不良区間の判別が可能である。図8に、PCMリレーとIC-MC間で、伝送不良が発生した場合の例を示す。

伝送不良が発生すると、伝送不良を検出したPCMリレーはIC-MCに、“YELLOW ALARM BIT”を送信する。IC-MCでは、

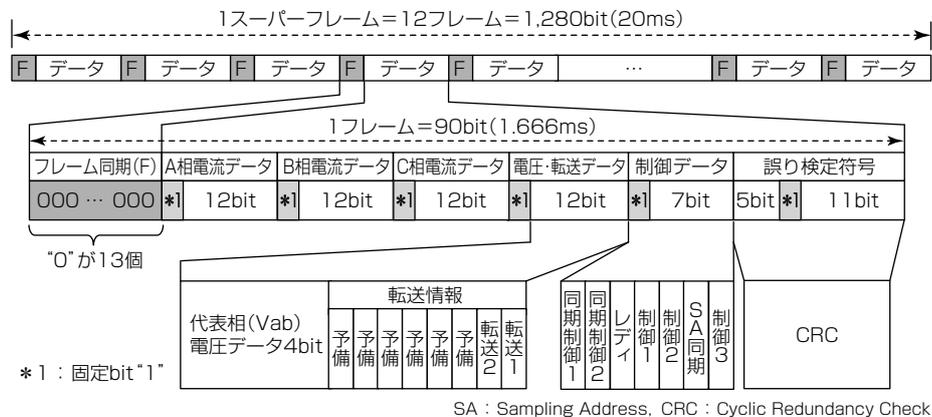


図4. 従来システムの54kbps伝送フォーマット

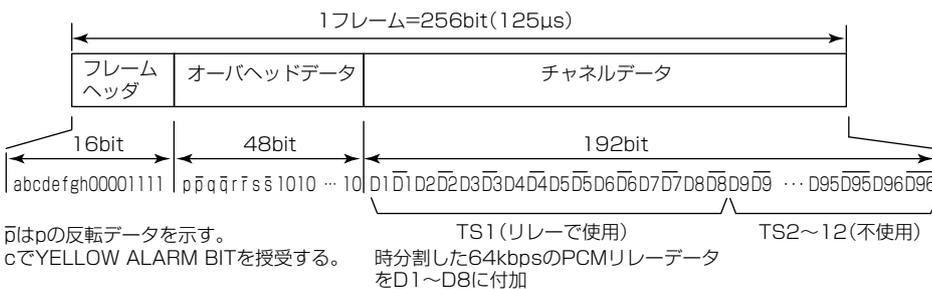


図5. IEEE C37.94の2Mbps伝送フォーマット

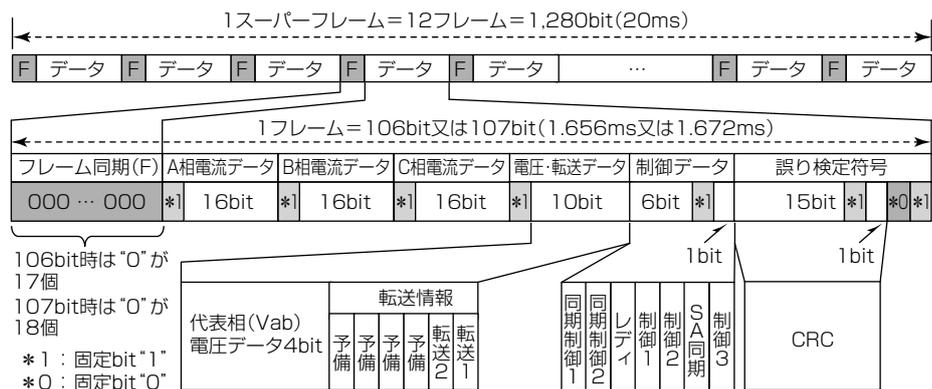


図6. IEEE C37.94の64kbps伝送フォーマット

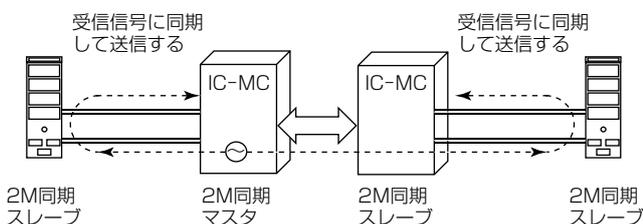


図7. 2Mbps信号の同期

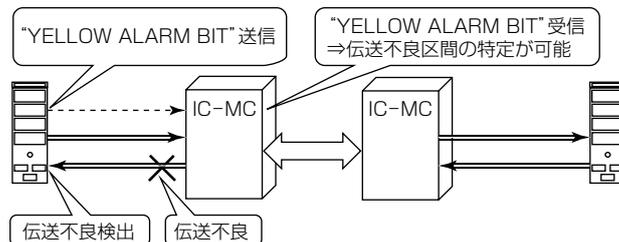
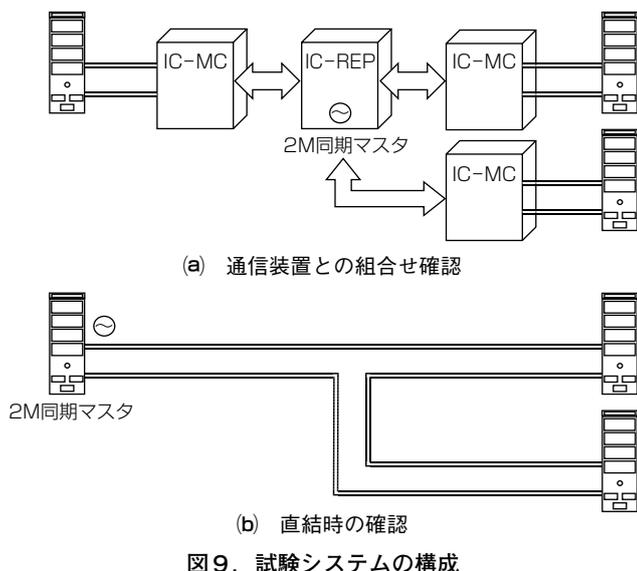


図8. “YELLOW ALARM BIT”機能



“YELLOW ALARM BIT”を受信することによって、当該区間に伝送不良があることが特定可能になる。なお、“YELLOW ALARM BIT”は2Mbpsのフレームヘッダ部でデータ授受される。

先に述べたとおり、今回システムでは、演算処理周期と1フレーム当たりのビット数に端数が生じた状態でサンプリング同期制御を実施する必要がある。また、IEEE C37.94では、2.2.2項のとおり、通信装置に2M同期マスタを設置し、スレーブの装置では、マスタからの信号(2M)に同期して、データ返送する必要がある。このため、従来システムで実施しているビット長を調整するサンプリング同期方法は、ジッタ性能の制約から適用できない。このため、この装置では、2Mbpsのビット長を変更せずに、64kbpsのビット数を106bit又は107bitに変更可変させることによって、サンプリング同期制御を実施している。また、同期誤差対策として、サンプリング同期制御の平準化を実施している。

### 3. 検証結果

#### 3.1 サンプリング同期制御試験

今回開発したPCMリレーを用い、サンプリング同期制御の確認試験を実施した。試験システムの構成を図9に示す。PCMリレーは3端子構成とし、通信装置IC-MC及び情報中継多重装置IC-REP(IC-REP:IEEE C37.94 REpeater)との接続時の確認、及びPCMリレー装置直結時の確認を実施した。なお、通信装置との組合せ時には、IC-REPを2M同期マスタに設定して試験を実施した。また、PCMリレー装置直結時には、PCMリレーの1端子を2M同期マスタに設定して試験を実施し、サンプリング同期性能の目標値である20 $\mu$ s以下を満足することを確認した。



図10. MELPRO-CHARGE2シリーズ

#### 3.2 通信装置との組合せ試験

サンプリング同期制御の確認試験と同じ構成(図9)で、通信装置との組合せ時の応動を確認した。従来システムと同様の伝送不良検出時の応動確認及び“YELLOW ALARM BIT”等の今回システム特有の応動が所望の性能を満足することを確認し、良好な結果を得た。

#### 3.3 総合動作試験

電力システムを模擬したリアルタイムシミュレータを用いて総合的な試験を実施した。試験システムの構成は図9の構成を適用した。また、伝送不良模擬装置を用い、任意の伝送不良発生時の検証を実施した。検証の結果、所望の性能を満足することを確認し、良好な結果を得た。

## 4. むすび

国際通信規格IEEE C37.94を適用した送電線保護リレーシステム及び検証結果について述べた。このシステムを適用することによって、システム全体のコスト低減が可能となる。なお、このシステムは、国内電力会社向け保護リレー装置MELPRO-CHARGE2シリーズ(図10)を適用して製作しており、東京電力パワーグリッド(株)に2017年4月に納入し、稼働中である。

### 参考文献

- (1) 匹田猛雄, ほか: 新型デジタルリレー“MELPRO-CHARGE2”, 三菱電機技報, 86, No.9, 16~19 (2012)
- (2) 電気学会: 保護リレーにおける通信利用技術の現状と高度化, 電気学会技術報告, No.1276 (2013)