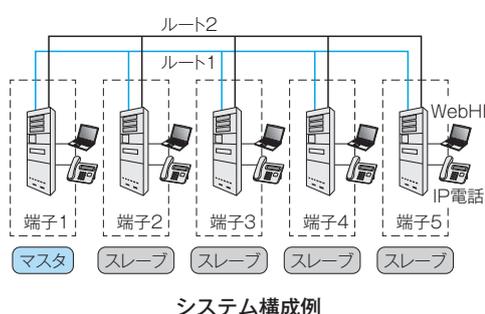


IP (Internet Protocol) 技術を適用したPCM (Pulse Code Modulation) リレー技術

川島弘成 Hiroshige Kawashima
露木和生 Kazuo Tsuyuki
石井 隆 Takashi Ishii

キーワード IP-PCMリレー, 時刻同期, ネットワーク

概要



ICT (Information and Communication Technology) 化の進展による通信の大容量化・高速化・高信頼化を背景に、IP (Internet Protocol) 技術を適用した保護リレーシステムが開発・導入されている。

サンプリング同期制御には、IEEE 1588規格で定義されたPTP (Precision Time Protocol) に対応する同期制御ユニットを実装し、通信ネットワーク機器の遅延時間を補正する。

保護リレーユニットは、その同期制御ユニットが生成した同期信号を取り込むことで各端子のサンプリング同期制御を実現する。

伝送路は二重化しており、片系ルートに断線などの障害が生じていてもデータは欠落しないため、動作が遅延することなく保護できる。

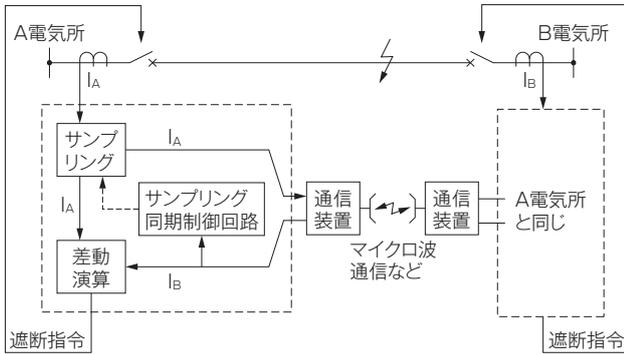
1 まえがき

電力会社の66kV以上の送電網に使用される送電線保護リレーシステムには、信頼性が求められる一方で、電力設備コストの削減が求められている。従来の信頼性が最も高いPCM (Pulse Code Modulation) 電流差動リレー方式による送電線保護リレーシステムでは、電気所間通信に保護リレー専用の通信設備が必要で、システム全体が高コスト化する問題がある。

このような問題の解決に向けて、電気所間通信に汎用的なIP (Internet Protocol) 技術を適用し、電力設備のIP-PCMリレーを開発した。本稿では、IP技術を適用したPCM電流差動リレー（以下、IP-PCMリレー）のシステム構成及び特長を紹介する。

2 PCM電流差動リレー

第1図にPCM電流差動リレー⁽¹⁾の構成を示す。電流差動リレーは、保護対象設備に流入する電流と流出する電流の差（差電流）を監視し、保護対象設備における事故発生の有無を判定する方式である⁽¹⁾。内部事故時のみ差電流が発生することを応用したもので、保護対象設備・区間の全端子の電流測定などが必要である。また、この演算を行うには、全端子で同時に電流をサンプリングし、各端子に全端子の電流情報が集まっていることが必要である。この同時性が失われると、測定時刻の違いから見かけ上の差電流が発生して保護リレーが不正動作する可能性があるため、電流情報の同時性や電気量データを送受信する伝送路の信頼性が保護リレー性能に大きな影響を与える。



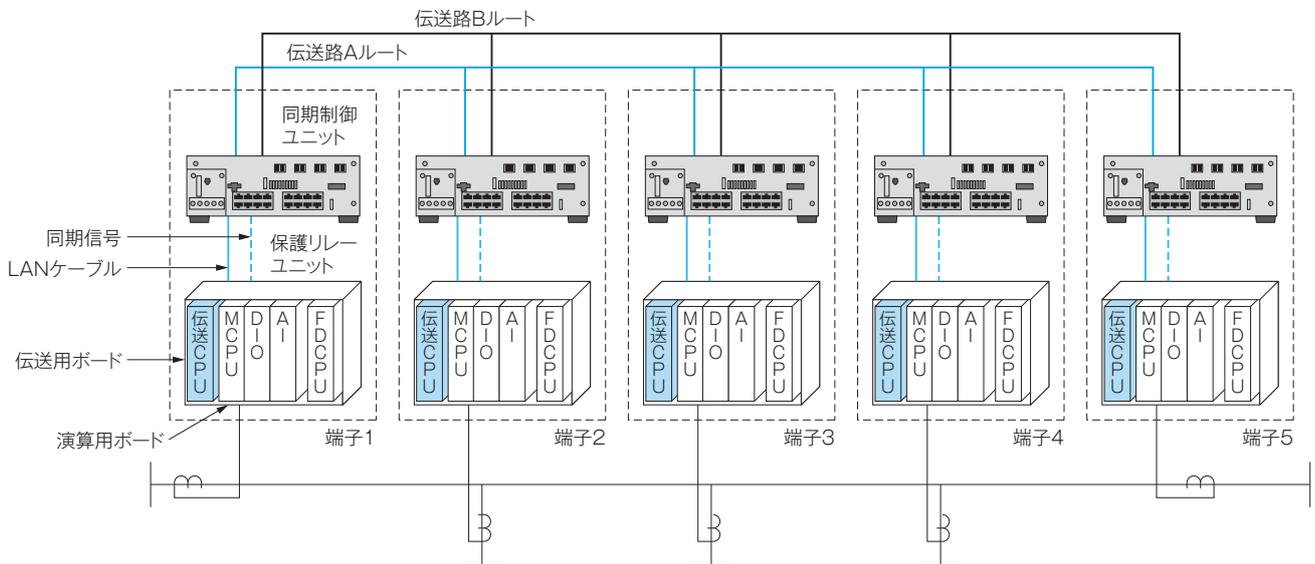
第 1 図 PCM 電流差動リレー構成

PCM 電流差動リレーの構成を示す。

第 1 表 伝送フォーマット例

IP-PCMリレーで使用する電流量データの伝送フォーマット例を示す。

内容	サイズ (byte)
宛先 MAC アドレス (Media Access Control address)	6
送信元 MAC アドレス	6
VLAN タグ	4
Ether タイプ	2
IP ヘッダ	20
UDP (User Datagram Protocol) ヘッダ	8
電流量データ	28
機器情報	16
制御情報	8
User CRC (Cyclic Redundancy Check)	2
FCS (Frame Check Sequence)	4



第 2 図 システム構成例

5 端子で構成した IP-PCM リレーのシステム構成例を示す。各端子は A・B ルートで構築され、1 ルートの断線でも保護を継続できる。保護リレーユニットは、同期制御ユニットから同期信号を受け取ることで、各端子間で同期をとっている。

3 IP-PCM リレーのシステム構成

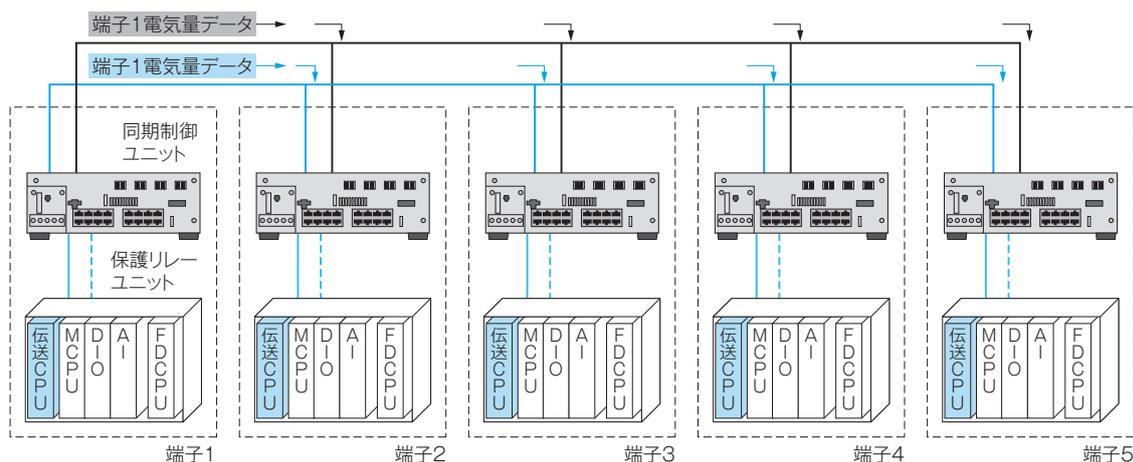
第 2 図に IP-PCM リレーのシステム構成例を示す。保護リレーユニットは、演算用ボード・伝送用ボード・同期制御ユニットで構成され、各装置を相互に接続することで IP-PCM リレーシステムを構築する。各保護リレーユニット間は、IP 通信でデータを伝送する。このシステムでは、最大端子数として 8 端子までを想定している。

第 1 表に伝送フォーマット例を示す。送信端で

は、電気角 30° ごとに演算用ボードで取得した電流情報や装置情報などの電流量データを伝送フォーマットの形で伝送用ボードに渡す。伝送用ボードでは各種ヘッダ情報を付加し、他端子にブロードキャストで送信する。

受信端では、自端を除く他端子から受信した電流量データを伝送用ボードで受信し、データを編集後、演算用ボードに渡してリレー演算処理を行う。

第 3 図にデータの流れを示す。



第3図 データの流れ

IP-PCMリレーの電流量データの流れを示す。端子1～5の各端子は、自端子の電流量情報や機器情報などを格納した電流量データをブロードキャストで送信するとともに、自端子を除く端子から送信された電流量データを受信する。各端子では、全端子分の電流量データがそろそろリレー演算を行う。

4 IP-PCMリレーの特長と検証結果

4.1 時刻同期制御

IP-PCMリレーは、IEEE 1588による時刻同期制御⁽²⁾と、既存のPCM電流差動リレーのサンプリング同期方式をIP通信方式に置き換えた時刻同期制御を行える。そのため、様々なネットワーク構成の要求に対して、時刻同期制御を実現できる。ただし、IEEE 1588による時刻同期制御は、ネットワークを構成する機器などによってサポートできない場合がある。

4.2 ネットワークの冗長化

IP-PCMリレーでは、伝送路の区間不良が発生しても、保護機能を継続できるように以下を行っている。

- (1) ネットワークの二重化 伝送路の信頼性を高めるために、VLAN (Virtual LAN) によってネットワークを二重化し、電流量データの連続性を確保した。
- (2) 迂回機能 リング構成のネットワークの場合は、伝送路で不良が発生しても、迂回機能によって数百ms以内でネットワークを再構築できる。

4.3 検証結果関連

今回開発したIP-PCMリレーを用いて、サンプリ

ング同期制御を検証した。IP-PCMリレーは5端子構成とし、各端子の同期誤差を測定した。IP-PCMリレーの端子1をグランドマスタ、端子2～5をスレーブとした状態で試験し、通常運用時で $2.20\mu\text{s}$ 以下という高い同期精度を実現できることを確認した。

5 むすび

IP技術を適用したIP-PCMリレーシステム及び検証結果を紹介した。電力系統保護制御技術が伝送技術の進歩と密接に関係してきたことで、近年では、Ethernetをベースとする通信ネットワーク技術を利用したリレーシステムを容易に構築できる。

当社は、通信ネットワーク技術を活用し、高信頼・高機能で安価な保護リレーの開発に取り組んでいく所存である。

- ・Ethernetは、富士ゼロックス株の登録商標である。
- ・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《参考文献》

- (1) 「電気共同研究第71巻 第1号 新しい通信技術による保護リレーシステムの設計合理化」, 電気共同研究会
- (2) 峰尾ほか: 「PPR-15-019 IEEE 1588によるサンプリング同期制御を適用したPCM電流差動リレーの技術評価報告」, 電気学会保護リレーシステム研究会, 2015

《執筆者紹介》



川島 弘成
Hiroshige Kawashima

製品技術研究所
保護・制御装置のソフトウェア開発に従事



露木 和生
Kazuo Tsuyuki

製品技術研究所
保護・制御装置のソフトウェア開発に従事



石井 隆
Takashi Ishii

製品技術研究所
保護・制御装置のハードウェア開発に従事
