

# 配電用変電所向け 新型デジタルリレー

宮城 嵩\*  
Takashi Miyagi  
内海康晴\*  
Yasuharu Utsumi  
森 浩紀†  
Hironori Mori

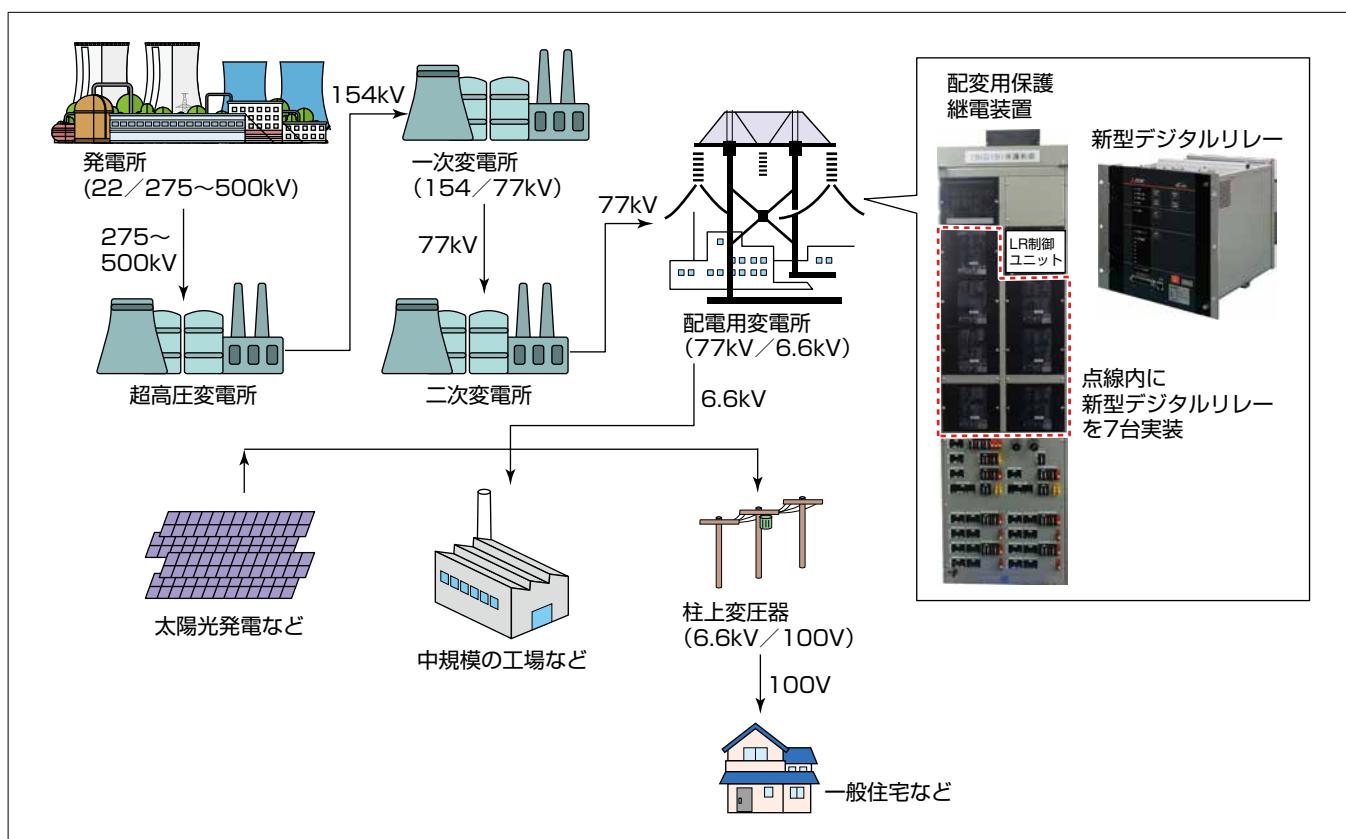
小澤辰哉‡  
Tatsuya Ozawa  
對馬宏介‡  
Kosuke Tsushima

New Digital Relay for Distribution Substation

## 要 旨

一般家庭に電力を供給する6.6kV系統は、配電用変電所（以下“配変”という。）から供給される。近年、この6.6kV系統で再生可能エネルギーの連系が増加し、バンク逆潮流に対する保護など、配変に設置されるデジタルリレーに対して、新たな機能が要求されている。また、デジタルリレーの開発に当たって、特定のユーザー向け製品に特化せず、プラットフォームをより汎用化することによって、幅広い要求に対して、短期間で効率的に開発する環境の整備が必要である。これらの背景を踏まえて、新型デジタルリレーとして、“MELPRO-CHARGE2 Type-S”（以下“新機種”という。）を開発し、2020年3月に中部電力パワーグリッド(株)の配変向け初号機を製品化した。製品化に当たって、

中部電力パワーグリッド(株)の標準仕様に準拠した上で、機能集約による設備のスリム化、遠隔整定機能の実装や系統故障発生時の事故波形記録時間の拡張による運用保守性の改善、基板交換を可能にすることで製品の製品保守時の停電回数削減に貢献した。さらに国内電力会社でのデジタル保護リレー規格（以下“B-402”という。）の最新版（平成28年5月改定版）に準拠することによって、信頼性の確保を図った。現在、新機種のプラットフォームを用いた機種拡充の成果として、過電流保護継電装置や距離保護継電装置などの中部電力パワーグリッド(株)の一次変電所及び二次変電所向け保護継電装置への適用を終えた。今後、適用範囲をより一層拡張するための提案を進めていく。



## 電力システムの概略図及び新型デジタルリレーの配変用保護継電装置への実装例

発電所で作られた電力は、各変電所を介して負荷へ供給される。変電所は、変圧器で系統電圧を降圧する場所である。発電機の出力電圧は22kVであるが、電気抵抗によるロスを勘案し、275~500kVに昇圧して送り出す。そして、各変電所で降圧し、工場や住宅に電力を供給する。各変電所には変圧器のほか保護リレーや遮断器などがあり、保護リレーが系統事故を検出すると、遮断器へ開放指令を送って、事故点を電力系統から切り離す。

## 1. ま え が き <sup>(1)(2)</sup>

国内電力会社向けのデジタルリレーでは、図1に示すとおり、“MELPRO-CHARGEシリーズ”及び“MELPRO-CHARGE2シリーズ”を展開している。これらのシリーズは、主に超高压変電所、一次変電所及び二次変電所向け保護継電装置を構成するType-I/Ⅲと、配変用保護継電装置を構成するType-Sに大別される。今回、MELPRO-CHARGE Type-S(以下“現行機種”という。)の後継として、新機種を開発した。開発に当たっては、再生可能エネルギーの連系に伴うバンク逆潮流の保護に関する対策の追加及びユーザーニーズである設備スリム化のための機能集約、現地作業省力化のための遠隔保守の改善や系統事故発生時の事故波形記録時間の拡張を行った。また、新機種の開発に当たって、環境負荷低減への取組みや開発合理化のためのプラットフォーム共通化を実現した。

現在、中部電力パワーグリッド(株)の配変に採用され、一次変電所及び二次変電所向け保護継電装置にも機種展開して運用中である。

## 2. 新機種の特長<sup>(3)</sup>

### 2.1 バンク逆潮流に対する保護機能の実装

逆潮流とは、需要家の再生可能エネルギー発電量の増加に伴って、発電設備で発生した余剰電力を電力会社の電力系統に逆流させることを指し、バンク逆潮流とは、変電所の負荷を超えて、バンク一次側の負荷へ供給するために生じる逆方向の潮流を指す。バンク逆潮流中の地絡事故では、再生可能エネルギーの連系が解列されず、事故が継続するケースがある。そこで、中部電力パワーグリッド(株)の配変向けの新機種では、従来、別装置に実装されていた地絡事故を検出する地絡過電圧要素(以下“64要素”という。)及び逆潮流を検出する不足電力要素(以下“91要素”という。)を追加することで、バンク逆潮流中の地絡事故を検出し、保

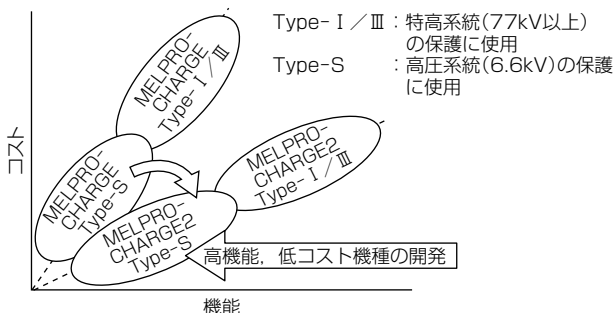


図1. MELPRO-CHARGE及びMELPRO-CHARGE2のラインアップ<sup>(1)(2)</sup>

護継電装置1面で適切な保護を可能にした。図2にその保護の考え方を示す。

### 2.2 機能集約によるスリム化

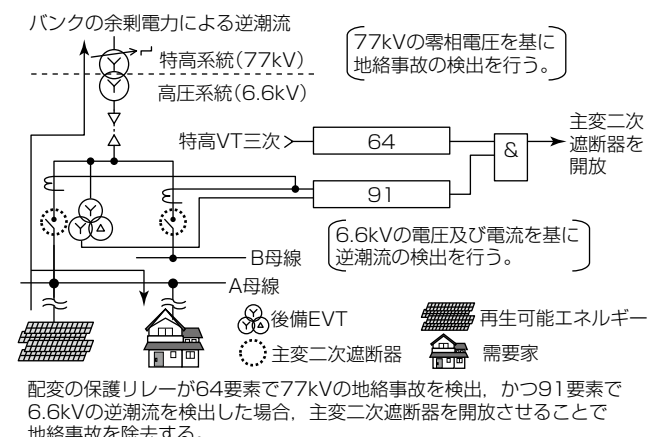
中部電力パワーグリッド(株)の配変では、現行機種を適用した場合、1バンク当たり最大で12台の保護リレーユニットで構成されていた。新機種では、運用を考慮して機能集約を図ることによって、7台のユニットで構成することを可能にした。また、適用する変電所の形態では、集約された機能の一部だけを使用するケースもあり、パソコンHI(Human Interface)(以下“PC-HI”という。)からの設定で容易に単独使用することを可能にした。例えば、配電線・配電線(SC(Static Capacitor))ユニットであれば、配電線の2回線一括保護又は配電線の1回線単独保護のどちらかを選択可能である。図3に配変の代表的な系統と保護リレーの構成、表1にその保護対象と機能集約の考え方について示す。

### 2.3 遠隔整定

電力会社では、現地作業省力化のため、遠隔整定機能の運用が進められている。新機種では、セキュリティ機能を向上させるため、PC-HIを接続する運用保守LANと制御を実施する制御LANをハードウェア分離するとともに、悪意を持った部外者による整定変更を防止するため、運用保守LANによってPC-HIから新整定値を設定した後、制御LANからその新整定値を有効にする操作を行う、別系統による二挙動操作を可能にした。図4にPC-HIの整定画面例を示す。なお、IDやパスワードによるログイン機能も計画している。

### 2.4 系統故障解析の機能向上

系統故障解析を容易にするため、故障発生時の波形を記録するデータセーブ機能を実装している。



配変の保護リレーが64要素で77kVの地絡事故を検出、かつ91要素で6.6kVの逆潮流を検出した場合、主変二次遮断器を開放させることで地絡事故を除去する。

VT : Voltage Transformer, EVT : Earthing VT

図2. 64要素及び91要素による逆潮流検出

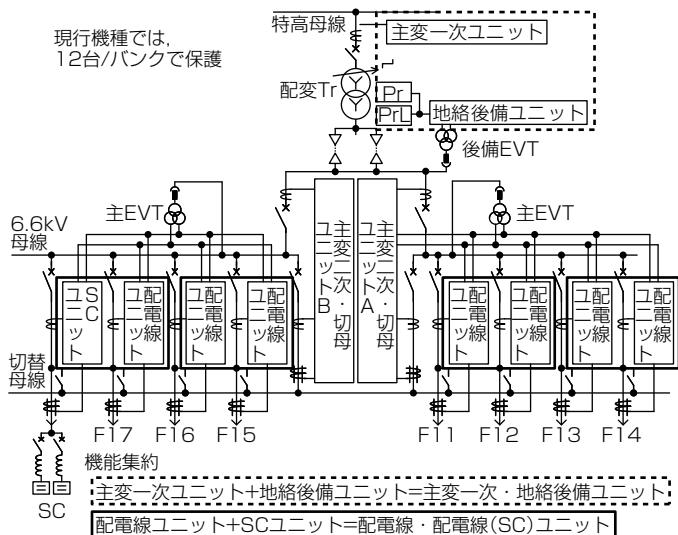


図3. 中部電力パワーグリッド(株)での配変の代表的な系統

表1. 機能集約の考え方

ユニットごとの保護対象		新機種での機能集約の考え方
現行機種(12台)	新機種(7台)	
主変一次保護	主変一次・地絡後備保護	バンク停止の運用範囲から集約した。
地絡後備保護		
A母線 主変二次・切母保護	同左	従来を踏襲
B母線 主変二次・切母保護	同左	同上
F1配電線保護	F1・F2	配電線の電流容量と独立性を考慮し、2回線単位の集約にした。
F2配電線保護	配電線保護	
F3配電線保護	F3・F4	
F4配電線保護	配電線保護	
F5配電線保護	F5・F6	
F6配電線保護	配電線保護	
F7配電線保護	F7・SC	
SC配電線保護	配電線保護	

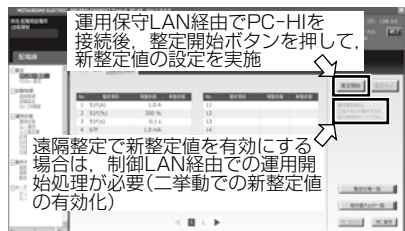


図4. PC-HIの整定画面例

新機種では、データセーブ容量を拡張し、事故検出を起点に、最大でその前後1s(60サイクル)までの記録を可能にした。配変では、地絡故障の自然消弧と需要家側との保護協調を考慮して約0.7sの確認時間を設けている場合があり、事故発生の1s前から事故が継続して遮断に至るまで一連の変遷をより詳細に知るため、1回当たりのデータセーブで2sまでの記録ができるよう改善した。なお、記録時間や記録回数は、図5に示す範囲で設定可能にした。

2.5 基板交換による障害の即日復旧

装置故障は、電力の安定供給に影響を与えるだけでなく、

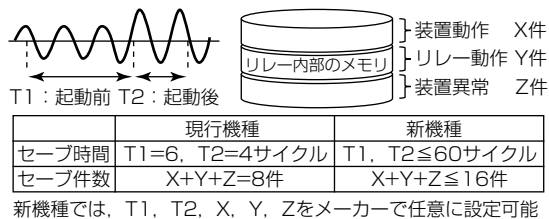


図5. 新機種のデータセーブ容量

当該装置を修理するに当たって、保護している電力系統の停電や作業員の現地への派遣など多くの労力が伴うことから、故障部位を迅速に特定し、短期間で復旧させる必要がある。現行機種では、この課題を解決するため、ユニット単位で部品と交換して仮復旧を行い、後日、修理品を差し戻す手法を採用していた。しかし、再生可能エネルギーの増加によって計画停電の調整が困難になっている状況を踏まえて、保守時の停電回数を抑制したい実状がある。新機種では、故障部位の特定を容易にするため、図6に示すとおり、推定不良部位をPC-HIに表示する機能を設けて、基板単位で現地交換を実施することによって、即日復旧を可能にした。

2.6 DIOの拡張性確保

新機種では、プラットフォームの共通化を図り、DIO (Digital Input Output)の拡張性を確保した。保護リレーでは、外部条件を取り込むDIや外部信号(遮断信号など)を出力するDOが必要である。これらは、ユーザーや機種によって必要点数が異なり、汎用性が強く求められる部位である。そのため、表2に示すとおり、新機種では、DIOを任意に組み合わせることを可能にして、また、独立した処理であるメインやFD(Fault Detector)へも1点ごとに任意に割付けができるようにした。

図7に新機種での具体的な基板構成を示す。スロットNo.2~5がDIO用のスロットになっており、トリップDO基板、表示DO基板、DI基板、DIO基板の中から任意に選択することが可能である。中部電力パワーグリッド(株)の配変用保護継電装置での割付け例を併せて示す。

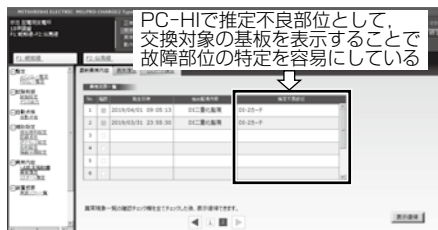


図6. PC-HIでの推定不良部位の表示例

表2. 新機種のDIOの割付け

	現行機種	新機種
DIOスロットの組合せ	固定	任意
メイン, FDへのDIOの割付け	基板単位	DIO 1点ごと

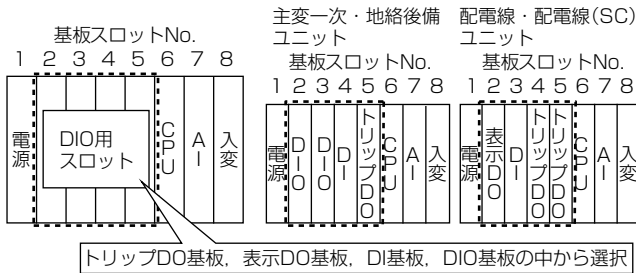


図7. 新機種の基板構成

### 3. 配変保護装置への適用

#### 3.1 装置構成例

新機種を名菱電子(株)へ供給して構成した中部電力パワーグリッド(株)向け配変用保護継電装置の外観及び構成例を図8に示す。配変用保護継電装置に適用した新機種では、機能集約によって設備のスリム化を図りつつ、保護リレーユニット単位で独立性を確保することで障害時の影響範囲を制限している。また、スリム化による部品点数削減や電源容量低減によって、環境負荷も考慮した構成を実現した。

#### 3.2 評価試験結果

B-402に基づいて、ユニット単体試験及び装置試験を実施し、全て結果良好であった。B-402では耐ノイズ試験について、JEC-2501に準拠することが定められており、認定機関の設備を使用して評価した。一例として単体試験でのイミュニティ試験項目を表3に、その試験環境例を図9に示す。

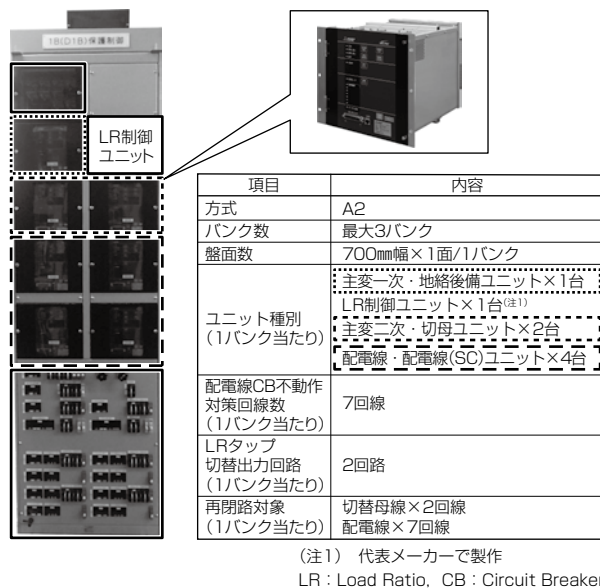


図8. 中部電力パワーグリッド(株)向け配変用保護継電装置の外観及び構成例

表3. イミュニティ試験の試験項目

試験分類	試験項目
イミュニティ試験	静電気放電イミュニティ、商用周波数イミュニティ、減衰振動波イミュニティ、電気的ファストトランジェント/バーストイミュニティ、サージイミュニティ、商用周波数磁界イミュニティ、無線周波電磁界電動妨害イミュニティ、放射無線周波数電磁界イミュニティ

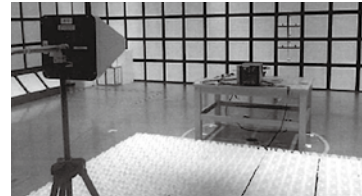


図9. 放射無線周波数電磁界イミュニティ試験の環境

表4. 中部電力パワーグリッド(株)の一次変電所及び二次変電所向け保護継電装置

過電流保護継電装置	調相一括保護継電装置	距離保護継電装置

### 4. 機種拡充

新機種のプラットフォームを用いて、保護リレーの機種拡充を図り、中部電力パワーグリッド(株)の一次変電所及び二次変電所向け保護継電装置へ適用した。表4に各装置の外観を示す。

### 5. むすび

配変用保護継電装置を構成する新機種は、再生可能エネルギーによるバンク逆潮流に対する保護を考慮しつつ、機能集約によって1台で2回線の保護を可能にすることで、設備のスリム化への寄与、保守性の改善や系統故障解析の容易性を図り、中部電力パワーグリッド(株)の配変に採用され2020年3月に実用化した。また、同社の一次変電所及び二次変電所向け保護継電装置へ適用し、過電流保護継電装置を2020年6月、調相一括保護継電装置を2020年11月、距離保護継電装置を2021年5月に実用化した。今後、更に適用先の装置及び電力会社を広げるため、提案活動を進めている。

#### 参考文献

- (1) 清水利憲, ほか: ユニットタイプ新形デジタルリレーの開発, 電気学会, 保護リレーシステム研究会, PPR-07-01 (2007)
- (2) 清水利憲, ほか: ユニットタイプ新形デジタルリレーの実用化, 電気学会, 保護リレーシステム研究会, PPR-08-01 (2008)
- (3) 宮城 嵩, ほか: 配電用変電所向け新型デジタルリレーの開発, 電気学会, 保護リレーシステム研究会, PPR-21-002 (2021)