保護制御装置更新に対応した最新技術

伊藤健司* 臼井正司*
長澤 宏* 佐藤 廣*
磯松信夫*

Recent Technology for Replacement of Protection & Control Systems

Kenji Itou, Hiroshi Nagasawa, Nobuo Isomatsu, Masaji Usui, Hiroshi Sato

要 旨

現在の保護制御装置はエレクトロニクスの進歩によって，1980年初頭から導入したデジタルリレーが大部分を占めている。三菱電機は1981年に16ビット形マイクロプロセッサを用いたデジタルリレー“MDPシリーズ”を開発し，1989年には業界初の32ビットデジタルリレー“M32シリーズ”を開発，その後，1995年からはヒューマンマシンインタフェースを高度化した第二世代デジタルリレー“M32EGシリーズ”を市場投入した。現在は第二世代デジタルリレーを高度化させた“MELPRO-CHARGE（以下“MELPRO-C”という。）シリーズ”を中心に製品化している[(1)]。1980年代後半の変電所設備の拡大時期に設置した保護制御装置は，20年を経過し更新時期を迎えつつある。一方，その後の設備投資の抑制時期を迎え，年間設置台数は最盛期の50%以下にまで減少し，今後見込まれる更新台数もこれに連動した形になることが予想されるが，更新需要の変動はユーザー，及びメーカー双方とも人的リソース面で困難となることが予想される。その解決策の一つとして，今後納入する装置は，盤筐体（きょうたい）は可能な限り流用し，デジタル部のみを交換することが望まれている。

本稿では，このような更新需要の背景のもと，主力機種であるMELPRO-Cの装置更新に対応した技術と，今後開発を行う次世代形デジタルリレーに必要とされる技術項目について述べる。

Type Ⅲ シリーズ

Type Sシリーズ

		1980年代	1990年代	2000年代
第一世代デジタルリレー	MDPシリーズ	16ビットCPU シングルCPU ハードウェア構成部品の標準化 低負担化(VT／CT) リレー単体要素のソフトウェア化 シーケンスロジックのソフトウェア化 歪(ひずみ)波対策 常時監視，自動点検	信頼度向上	
	M32シリーズ		32ビットCPU マルチCPU ソフトウェアの共用化 ソフトウェアロジックのビジブル化(VISMAT)	
第二世代デジタルリレー	M32EGシリーズ		タッチパネル 16ビットA／D変換 高速サンプリング 頻度監視 大容量メモリ LPの主後一体 不良部位特定	パソコンHMI(専用) 遠隔運用保守
	MELPRO-CHARGEシリーズ	Type Ⅰ／Ⅱ／Ⅲシリーズ <装置形デジタルリレー>	シングルCPU FPGA パソコンHMI(汎用) 高密度化	低負担化(DC) 小型化 試験環境の高度化(SAVE-atl) 生産環境の高度化(MELPRO-SAVE)
		TypeSシリーズ <ユニット形デジタルリレー>	主な納入時期 **** 技術要素	オールインワン コンパクト アナログリレー互換 電解コンデンサレス

VT：Voltage Transformer　CT：Current Transformer　CPU：Central Processing Unit　FPGA：Field Programmable Gate Array
LP：Line Protectiom　HMI：Human Machine Interface

“MELPRO-CHARGEシリーズ”と三菱保護リレーの変遷

2000年に開発したMELPRO-CHARGEシリーズをベースに，次世代形デジタルリレーを考察する。

*系統変電システム製作所

1. まえがき

1980年代後半の変電所設備の拡大時期に設置した保護制御装置は，20年を経過し更新時期を迎えつつある。一方，その後の設備投資の抑制時期を迎え，年間設置台数は最盛期の50%以下にまで減少し，今後見込まれる更新台数もこれに連動した形になることが予想されるが，更新需要の変動はユーザー，及びメーカー双方とも人的リソース面で困難となることが予想される。その解決策の一つとして，今後納入する装置は，盤筐体は可能な限り流用し，デジタル部のみを交換することが望まれている。

MELPRO-Cシリーズには，装置形デジタルリレーとしてTypeⅠ／Ⅱ／Ⅲと，ユニット形デジタルリレーとしてTypeSのバリエーションがある。ユニット形デジタルリレーが一つの筐体の中に保護リレーとしての機能をすべてまとめているのに対して(オールインワン構造)，装置形デジタルリレーは，規模の大きさでCPU(Central Processing Unit)ユニットや入出力ユニットなど機能ごとにユニットを分割構成している。

本稿では，このような更新需要の背景のもと，主力機種であるMELPRO-Cの装置更新に対応した技術を，ユニット形デジタルリレーと装置形デジタルリレーに分類して述べる。さらに，今後開発を行う次世代形デジタルリレーに必要とされる技術項目について述べる。

2. ユニット形デジタルリレーの最新技術動向

ここでは，ミニクラッド内蔵リレー[2]と配電用保護制御装置について述べる。両者に共通するキーワードは“レトロフィット”であり，既設リレーに使用しているケースや外部配線を流用可能であることが大きな特長である。

2.1 ミニクラッド内蔵リレー

東京電力㈱向け22kVミニクラッド(固体絶縁開閉装置)内蔵リレーは，長期に及ぶ設備停止がとりにくく，アナログリレーがまだ運用されており，デジタルリレーへの更新が進んでいない。しかし，アナログリレーはすでに生産中止となっており，保守面でのリスクが年々高まっている。そこで，アナログリレーと完全互換のデジタルリレーを次のコンセプトで開発を行った。

①ハードウェア面で完全互換，ソフトウェア面は機能向上
②交換部品をなくして信頼性向上

2.1.1 完全互換

(1) 小型化

限られたスペースに実装するためには，納入当時より小型化する必要がある。特にこのリレーはデジタル化に伴いメインリレーとFD(Fault Detector)リレーの二重化構造としたために基板搭載部品の集積化，及び部品の小型化を図った。

(2) コネクタの復刻生産

ミニクラッド本体とアナログリレーのインタフェースはコネクタ接続であるが，すでに生産中止となっていたために，このコネクタを復刻生産することとした。現在，流通しているコネクタについても将来にわたって流通している保証はなく，コネクタ種類の選択が将来のユニット更新の容易性を左右する要素になると考えられる。

(3) 事前検証の容易性

作業による停電時間を最小限とするため，ミニクラッドに実装する前に，事前に単体試験を実施できる試験用治具も同時に開発した。

2.1.2 信頼性の向上(電解コンデンサレス電源の採用)

保護リレーの電源部(DC／DCコンバータ部)には，一次側の入力瞬断やリップル抑制を目的に電解コンデンサを使用している。電解コンデンサは，静電容量が大きく，エネルギー蓄積能力，平滑性に優れており，かつ小型であるが，リップル電流を吸収する際に内部で発生するモジュール熱の影響，及びその周囲温度によって内部の電解液が徐々に蒸発し，それに伴って静電容量が低下するという性質を持っている。そのため，一定期間後には予防保全としての電源のオーバーホールが必要となる。今回，電源を交換しやすいカートリッジ形とするとともに電解コンデンサを使用せず，フィルムコンデンサを用いたカートリッジも開発し，保護リレーの更新周期までの寿命品をなくすことでメンテナンスフリーとした。

図1にユニット交換手順を示す。

2.2 配電用保護制御装置

配電用保護制御装置[3]のサイズ互換を検討する場合でも**2.1.1項**で述べた小型化がキーワードとなる。アナログリレーのようにハードウェアを主にして構成する場合には，その部品サイズに影響され，種々の形状のリレーが存在した。しかし，デジタルリレーでは，主要要素がソフトウェアで構成されるため，ハードウェアの小型化と標準化が図れる。交換対象となるリレーより，更新するリレーが小型

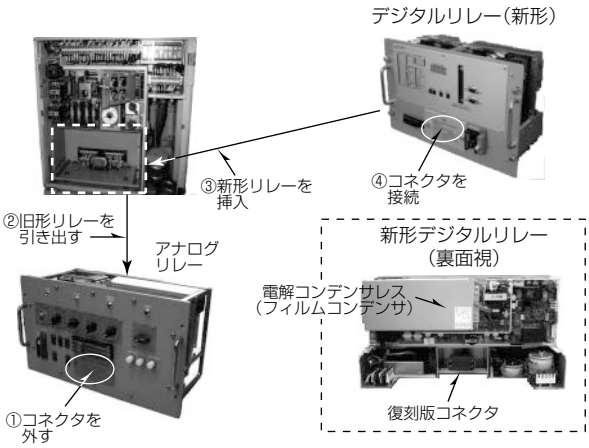

図1．ユニット交換手順

化されれば，既設の保護ユニットケース内に内部配線を実施するスペースを確保することが可能となる。**図 2** にMELPRO-C(TypeS)を用いたユニット内結線による互換リレー概要図を示す。

3. 装置形デジタルリレーの最新技術動向

MELPRO-Cは2000年に標準機種であるType ⅠとⅡを開発し，2002年には上位グレードであるType Ⅲを開発した。**図 3** にハードウェア規模と機能の相関図を示す。

次に，装置更新を考慮したハードウェア構成を含む次世代形デジタルリレーのコンセプトについて述べる。

3.1 ハードウェアの互換性確保

デジタルリレー装置を構成するユニットとして，リレー演算を行う“CPUユニット”，演算結果からトリップなどを行う“入出力ユニット”，DC110Vからリレー演算に必要な電圧に変換する“電源ユニット”，VT(Voltage Transformer)／CT(Current Transformer)からの入力をCPUに入力するための“入力変換ユニット”，及び接点引き出しなどの“補助リレーユニット”がある。CPUユニットと入出力ユニットはエレクトロニクス技術の進歩によって飛躍的に発展しており改廃サイクルが短い。一方，その他のユニットはMDPシリーズから大きく変化しておらず，電子化VT／CTなどの出現まで同一のハードウェアが適用可能である。CPUユニットはソフトウェアが実装されており，ハードウェアの相違によって，特にバスインタフェース部分など互換性を保つことが困難であるが，入出力ユニットはソフトウェアが実装されておらず，CPUユニットとのインタフェースの互換性を保つことで基板ごとの交換が可能となる。デジタルリレーの結線のうち入出力ユニットに大部分が集中していることから，入出力ユニットの基板単位での互換を行うことでユニット更新が簡易なものとなる。**図 4** に装置形リレーのユニット交換概念図を示す。

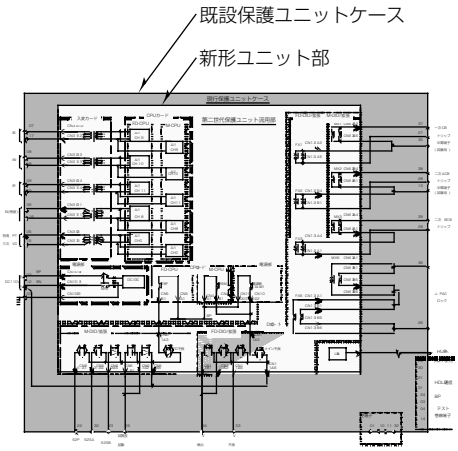

図 2．ユニット内結線による互換リレー概要図

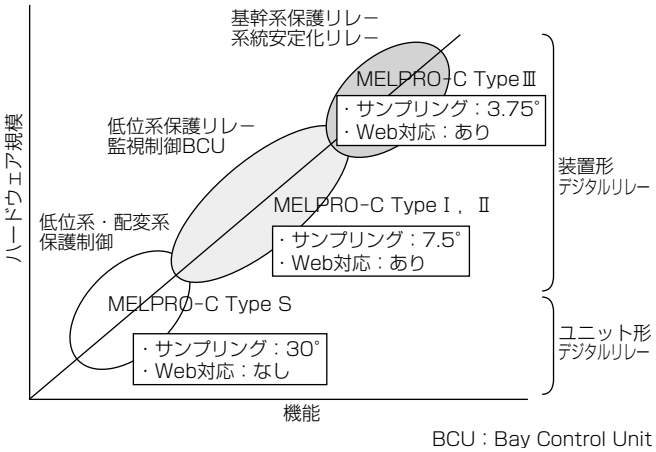

図 3．ハードウェア規模と機能の相関図

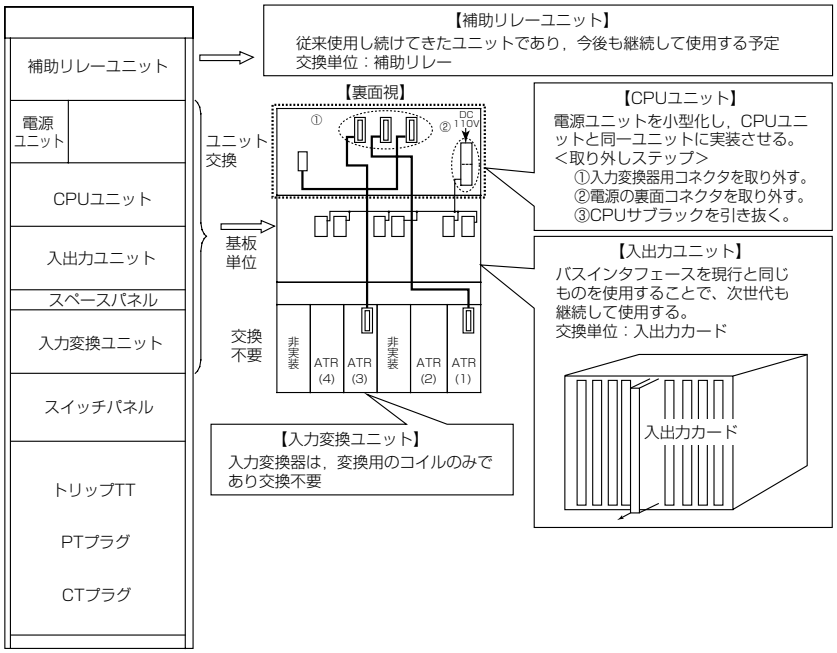

図 4．装置形リレーのユニット交換概念図

3.2　ソフトウェアの互換性確保

第一世代デジタルリレーから第二世代デジタルリレーへ切り替わったときに，送電線保護では主保護と後備保護を一体化させるなど機能向上を行った。保護リレーの独立性を考慮した場合，今後大きな機能統合はないものと考える。そのため，次世代形デジタルリレーを開発する場合，MELPRO-Cのアプリケーションの互換性を持たせることで，ソフトウェア信頼性向上を図ることができる。さらに，ソフトウェア生産環境であるMELPRO-SAVE[4]も踏襲することで，環境変化に伴うヒューマンエラーの防止となる。

3.3　PCMキャリアリレーの異機種対向可能

PCM(Pulse Code Modulation)信号を相手電気所へ送信するPCMキャリアリレーは，基幹系統の送電線保護リレーとして一般的に採用されている保護方式である。これまで機種開発を行った際には，ハードウェア，及び伝制御方式の相違によって互換性を持っておらず，異機種間の対向は困難であった。そのため，送電線の間に端子増設があった場合には，既設リレーと同じ機種で納入する，又は既設リレーもリプレイスするかどちらかであり，前者はメーカーの負担が大きく，後者はユーザーの負担が大きかった。そこで，次世代形デジタルリレーは，MELPRO-Cと対向可能な方式とすることで，メーカー／ユーザー双方の負担を軽減させる(**図5**)。

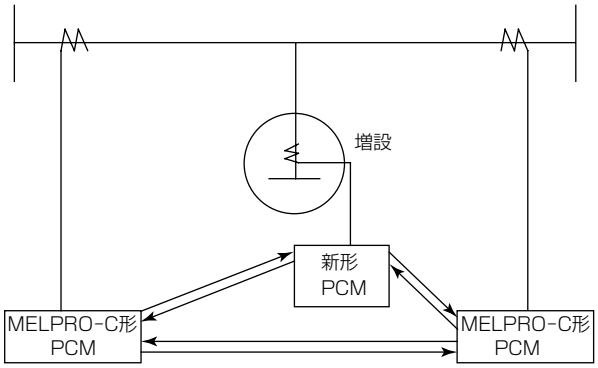

図5．PCMキャリアリレーの異機種互換

3.4　その他の次世代形デジタルリレーへの検討

ヒューマンマシンインタフェース(HMI)については，MELPRO-Cと同等機能を踏襲する。なお，HMI画面では，TypeSで採用した表形式やプルダウン形式での整定画面など，1画面での情報量を密にして操作性を向上させた方式を検討する(**図6**)。

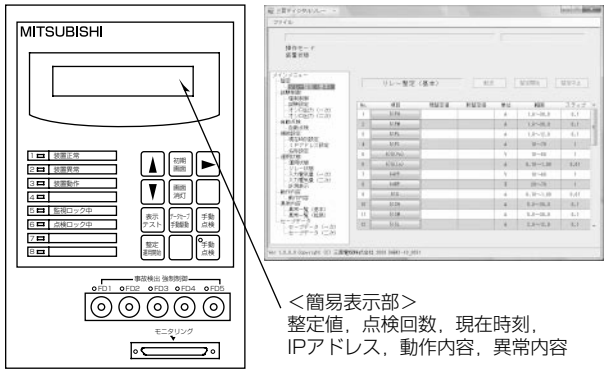

図6．簡易表示パネルとHMI画面例

4. む　す　び

盤筐体部分だけを残して，技術進歩の大きなデジタル部のみを更新することが望まれていることから，当社の最新保護制御技術によるユニット更新について述べた。しかし，装置形デジタルリレーでは，その入出力点数の多さから，変更後の試験時間短縮など技術的な課題はまだ多く残されているものと考える。MELPRO-Cは2000年の開発から9年経過しており，今後ユニット更新技術を更に深めた検討を加え，次世代形デジタルリレーを開発していく予定である。

参 考 文 献

(1)　佐藤　廣，ほか：新形デジタルリレー(MELPRO-CHARGE)の開発，平成12年電気学会保護リレーシステム研究会PSR-00-11(2000)

(2)　大河原健治，ほか：アナログリレー互換の22kVミニクラッド用リレーの開発，平成20年電気学会保護リレーシステム研究会PPR-08-21(2008)

(3)　林　秀幸，ほか：ユニットタイプ新形デジタルリレーの実用化，平成20年電気学会保護リレーシステム研究会PPR-08-21(2008)

(4)　高野富裕，ほか：MELPRO-CHARGEのソフトウェア生産環境MELPRO-SAVE，三菱電機技報，**75**，No.3，237～239(2001)