“WS-Vシリーズ”電子式遮断器・MDUブレーカの進化

山崎晴彦*　塚本龍幸**
野村敏光*
末澤博敏*

Evolution of Circuit Breaker with Electric Trip Relay

Haruhiko Yamazaki, Toshimitsu Nomura, Hirotoshi Suezawa, Tatsuyuki Tsukamoto

要　旨

電子式遮断器は過負荷・短絡保護特性のマルチ可調整機能によって，電路の保護協調がとりやすく，またプレアラーム機能による予知予防保全が可能などの優れた機能を備えている。しかし近年では，より細かな保護特性設定や警報機能などの高機能・多機能化の要求が高まってきている。

一方，遮断器本体内に計測用VT(Voltage Transformer)・CT(Current Transformer)を内蔵し，省施工・省スペースで電路のエネルギー使用量を監視できるMDU(Measuring Display Unit)ブレーカに対しても，省エネルギー活動の活発化に伴い，更なる省スペース化，多機能化の要求が高まっている。

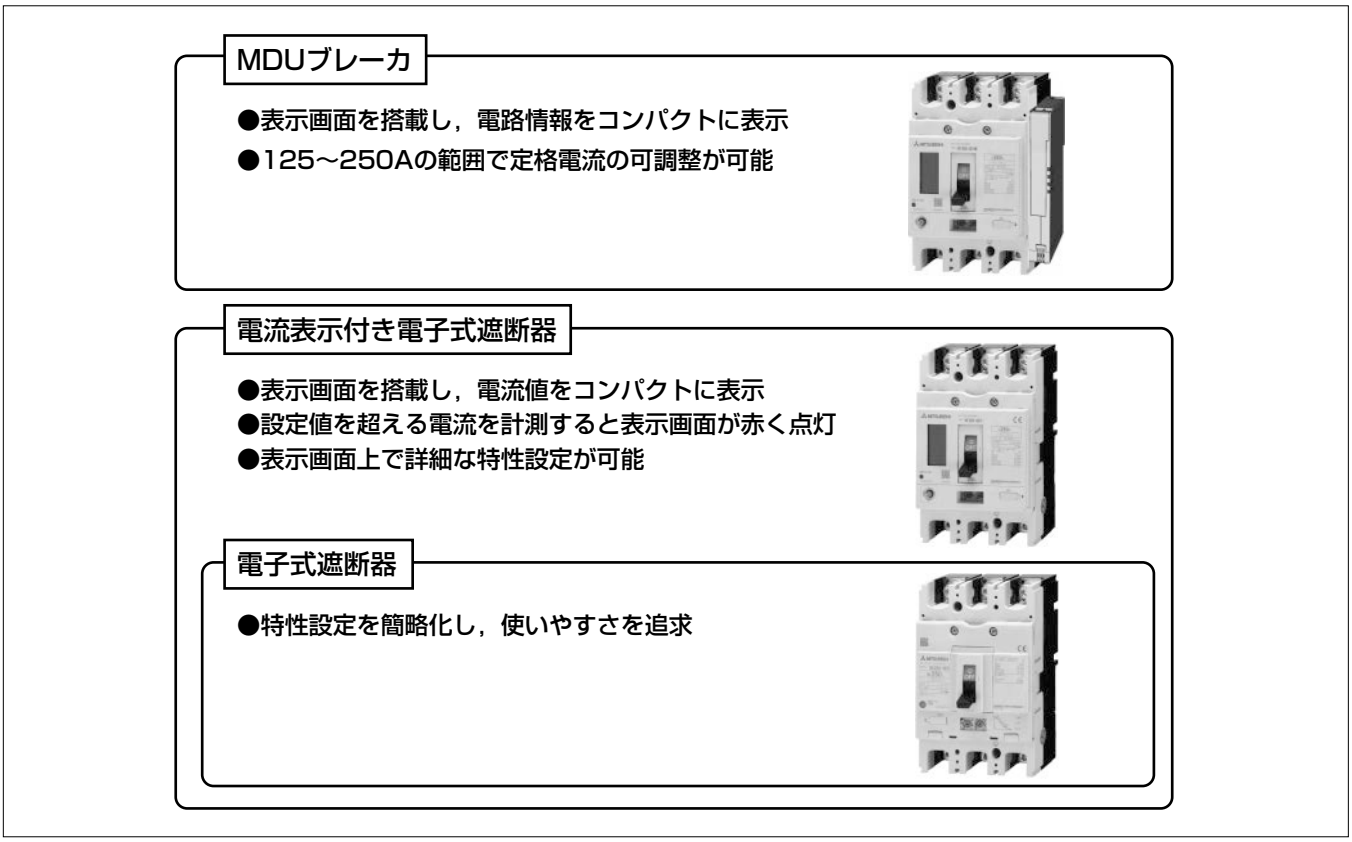
“WS-Vシリーズ”では，これらの要求にこたえ，電子式遮断器及びMDUブレーカの性能向上を図り製品化した。主な特長は次のとおりである。

(1) ダイヤルによる過負荷・短絡保護特性設定は2項目に簡素化し，使いやすさを追求。その他の特性は専用テスター及び表示器で，よりきめ細かに設定可能

(2) 名板表示面にLCD(Liquid Crystal Display)表示器を搭載，各相の負荷電流を計測・表示可能とするとともに，警報・事故発生時は表示面を赤色に点灯し，視認性を向上

(3) MDUブレーカでは，ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器・漏電アラーム遮断器の外形を統一し，省スペース性を向上

(4) MDUブレーカの計測精度を向上させ，よりきめ細かなエネルギー監視が可能



“WS-Vシリーズ”電子式遮断器・MDUブレーカ

WS-Vシリーズ電子式遮断器・MDUブレーカの特長と製品外観を示す。

*三菱電機㈱ 福山製作所　**三菱電機エンジニアリング㈱

1. まえがき

電子式遮断器は過負荷・短絡保護特性のマルチ可調整機能によって，電路の保護協調がとりやすく，またプレアラーム機能による予知予防保全が可能などの優れた機能を備えている。

しかし近年では，より細かな保護特性設定や警報機能などの高機能・多機能化の要求が高まってきている。

一方，遮断器本体内に計測用VT・CTを内蔵し，省施工・省スペースで電路のエネルギー使用量を監視できるMDUブレーカに対しても，省エネルギー活動の活発化に伴い，更なる省スペース化，多機能化の要求が高まっている。

WS-Vシリーズでは，これらの要求にこたえ，電子式遮断器及びMDUブレーカの性能向上を図り製品化した。

主な特長は次のとおりである。

(1) ダイヤルによる過負荷・短絡保護特性設定は2項目に簡素化し，使いやすさを追求。その他の特性は専用テスター及び表示器で，よりきめ細かに設定可能

(2) 名板表示面にLCD表示器を搭載，各相の負荷電流を計測・表示可能とするとともに，警報・事故発生時は表示面を赤色に点灯し，視認性を向上

(3) MDUブレーカでは，ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器・漏電アラーム遮断器の外形を統一し，省スペース性を向上

(4) MDUブレーカの計測精度を向上させ，よりきめ細かなエネルギー監視が可能

2. 過負荷・短絡保護特性

ノーヒューズ遮断器を動作方式と引き外し特性で分類したものを**表1**に示す。

熱動電磁形，完全電磁形は長限時引き外し，及び瞬時引き外しの2限特性で，その特性は通常変更できない。

一方電子式は，長限時引き外し，短限時引き外し，及び瞬時引き外しの3限特性であり，

①設定電流　　：Ir
②長限時引き外し時間：T_L
③短限時引き外し電流：Is
④短限時引き外し時間：Ts
⑤瞬時引き外し電流　：Ii
⑥プレアラーム電流　：Ip

の6項目の特性が変更可能である。

表1．動作方式ー引き外し特性有無比較

特性＼動作方式	熱動電磁形	完全電磁形	電子式
長限時引き外し	○	○	○
短限時引き外し	×	×	○
瞬時引き外し	○	○	○

これらの引き外し特性の比較を**図1**に示す。

電子式遮断器は各特性が変更できることによって，次のような特長を持っている。

(1) 設定電流可調整機能によって，設備増設時の負荷増加へ容易に対応可能（遮断器の交換が不要）

(2) 上位の保護機器の特性，及び下位の負荷特性（特に発電機の始動突入電流，変圧器の励磁突入電流）との協調が容易にとれ，連続給電性の確保が可能

(3) プレアラーム（事前警報）機能による負荷状況把握が可能であり，遮断器が動作する前に停電回避処理を施すことが可能

しかし近年，設備のインテリジェント化に伴い負荷の特性も多様化し，より細かな保護協調特性を得たいという多機能化の要求が高まっている。

一方では，設定電流が変更できる利便性は認めつつも，設定項目が多く使いにくいとの簡素化を求める声も挙がっている。

これらの相反する市場ニーズにこたえるため，WS-Vシリーズ電子式遮断器で搭載した機能について次に述べる。

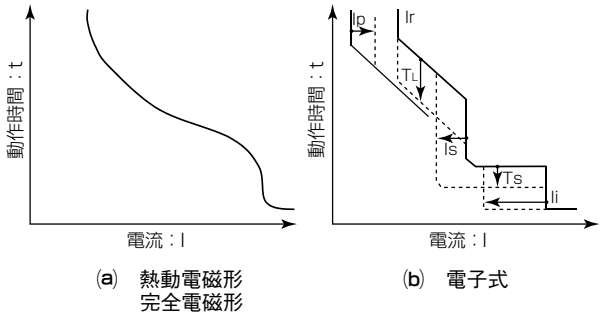
2.1 過負荷・短絡保護特性設定の簡素化

遮断器本体で設定できる項目（設定ダイヤル）を

(1) 設定電流　　：Ir
(2) 瞬時引き外し電流：Ii
　①設定電流（Ir）×14倍固定
　②定格電流（In）×2～14倍可変

の2項目に簡素化し，使いやすさを向上させた。

WS-Vシリーズ電子式遮断器の外観と特性設定部を**図2**に示す。



(a) 熱動電磁形
完全電磁形

(b) 電子式

図1．過負荷・短絡保護特性曲線

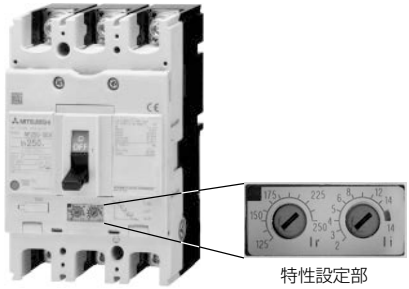


図2．WS-Vシリーズ電子式遮断器

2.2　引き外し特性設定の機能向上

(1)　設定電流(Ir)の約160%以下の領域における，I^6t特性追加によって(I^2t特性も選択可能)，4限特性を実現，UPS(無停電電源装置)充電時の一時的な過負荷による誤動作防止に対応

(2)　発電機保護用の長限時引き外し時間，12s(at 200%)に対応

などの機能向上を図り，特性設定の自由度を広げた。

I^6t特性追加による保護協調拡大の例を**図3**に示す。これらの特性は，専用テスター又は表示器から設定可能である。

3.　計測・表示機能

設備の予知予防保全のため，負荷電流が設定値以上になると警報を発生するプレアラーム機能は従来搭載しているが，

(1)　設定値に対する余裕度を把握したい。

(2)　省エネルギー活動のため，負荷電流を計測・表示させたい。

という市場ニーズがあり，負荷電流表示機能(オプション)に対応した。

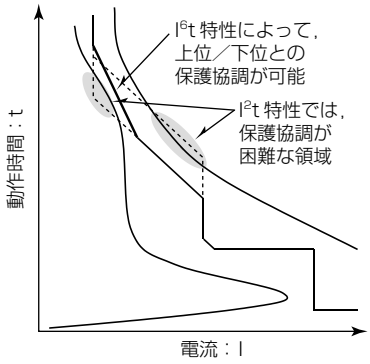


図3．I^6t 特性による保護協調例

(a)　通常計測時　　(b)　警報発生時

図4．WS-Vシリーズ電流表示付き電子式遮断器

3.1　名板面表示機能

遮断器を盤に設置した場合，操作部及び形名・定格電流等が表示された名板面が見えるよう，表板に穴あけ加工をして取り付ける方法が一般的である。

このため，必要以上に穴あけ加工をしなくても計測値・警報状態が見えるよう，LCD表示器を名板面に搭載，省施工・省スペースで負荷電流の計測・表示を可能とした(**図4**)。

3.2　表示視認性向上

遮断器は電気室内の盤など，比較的暗所に設置されるのが一般的である。このため，LCDのバックライトLED(Light Emitting Diode)を白色とし見やすさを追求した。

また，各種警報発生時にはLCD全面を赤色表示とし，視認性を高めた。

4.　新形MDUブレーカ

MDUブレーカは，遮断器本体内に計測用CT・VTを内蔵し，負荷電流・線間電圧・電力・電力量等の各種電気量を計測・表示でき，

①省スペース・省施工

②高機能化・多機能化

③トータルコストメリットを追求

を3大特長として好評を博しているが，省エネルギー活動の活発化や計測点数の増加などによって，

①更なる省スペース化

②計測精度の向上

の市場ニーズがあり，これらにこたえるため性能向上を図った。

4.1　小形・高精度CTの開発

“WSシリーズ”のMDUブレーカの過負荷・短絡保護は熱動電磁式(250Aフレーム以下)で，負荷電流の計測には専用の計測用CTを搭載していた。

このため，過負荷・短絡電流検出と，負荷電流計測の両方が可能な小形・高精度のCTを開発し，両者を統一し，省スペース化を実現した。

過負荷・短絡保護検出は，次の点を考慮する必要がある。

(1)　飽和領域(最大定格電流の十数倍までセンサとして機能する必要があるため)の出力波形歪(ひず)み

(2)　他の相に流れる大電流による磁界の影響

これらを効率的に行うため，今回新たに波形解析手法を開発した。CTの動作原理と支配方程式を**図5**に示す。

この支配方程式(磁気回路，電気回路)の連成解析手法を確立し，外形寸法及び鉄心材料などをパラメータとして出力波形，出力特性のCAE(Computer Aided Engineering)解析を行うことで最適化を図り，高精度CTを実現した。解析波形の一例を**図6**に示す。

この小形・高精度CTによる効果について次に述べる。

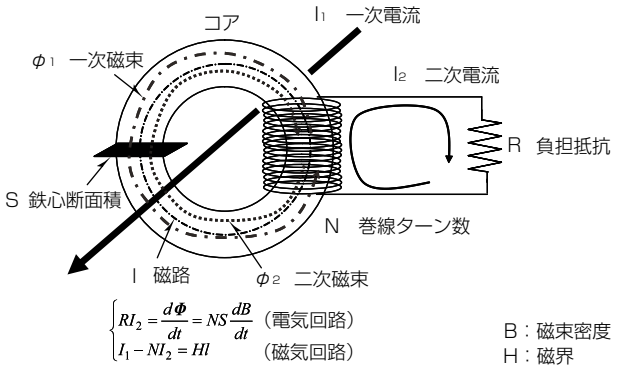


図５．CT動作原理図と支配方程式

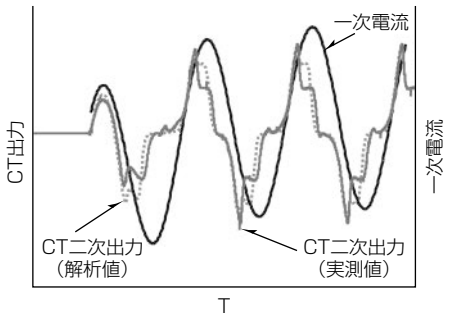


図６．3相・定格電流×20倍通電時CT二次出力

4.1.1　ノーヒューズ／漏電／漏電アラーム遮断器の同一外形化

漏電遮断器・漏電アラーム遮断器は，漏洩(ろうえい)電流検出のため零相変流器(Zero-phase Current Transformer：ZCT)が必要であり，計測用CTの収納スペースの都合上，WSシリーズのMDUブレーカでは，ノーヒューズ遮断器と，漏電遮断器・漏電アラーム遮断器は外形を異にしていた。これを小形・高精度CTによって，内部のスペースを確保し，ノーヒューズ遮断器・漏電遮断器・漏電アラーム遮断器の同一外形寸法化を実現した(**図７**)。

漏電遮断器・漏電アラーム遮断器では体積を30%削減でき，省スペース化が図れるとともに，取付け寸法統一によって盤設計も容易となり，トータルコストメリットも追求できた。

4.1.2　計測精度の向上

小形・高精度CTによって，WS-VシリーズのMDUブレーカでは**表２**に示すような精度向上を実現した。

4.2　表示部のコンパクト化

WS-VシリーズのMDUブレーカでは，電流表示機能付き電子式遮断器と同じく，LCDによる名板面表示機能を搭載した(表示・通信部を別置きにしたパネル取付けにも対応可能)。

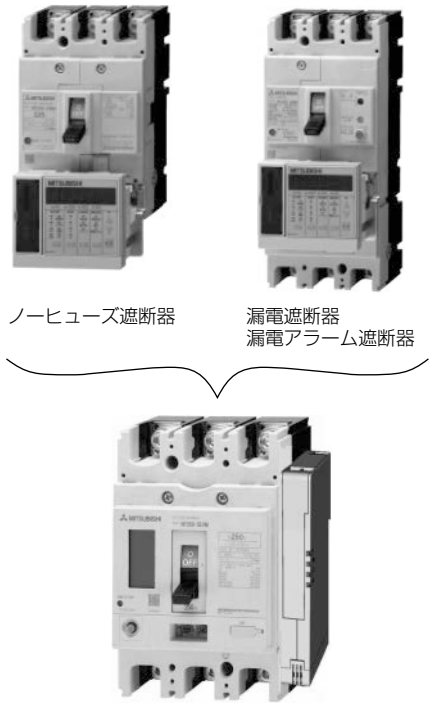


図７．WS-VシリーズMDUブレーカ

表２．計測・警報機能比較

		WS-V	W&WS
計測機能	負荷電流	±1.0%	±2.5%
	線間電圧	±1.0%	±2.5%
	電力	±1.5%	±2.5%
	無効電力	±2.5%	なし
	電力量	±2.0%	±2.5%
	無効電力量	±2.5%	なし
	周波数	±2.5%	なし

これによって，WSシリーズのMDUブレーカでは遮断器本体上に搭載されていた計測表示ユニットが不要となり，省スペース化を実現，また表板の穴あけ加工も容易となり，省施工化も実現している。

また，複数の計測項目を同時に表示可能とし(１相，２相，３相電流値の一括表示など)，表示項目の切替え頻度の省力化も図っている。

5. む　す　び

WS-Vシリーズ電子式遮断器・MDUブレーカの特長について述べた。今後ともユーザーニーズに対応した製品開発に取り組んでいく所存である。