電動機制御回路用保護器「マニュアルモータスタータ」

久保山　勝典（くぼやま　かつのり）　川田　久夫（かわた　ひさお）　浜田　佳伸（はまだ　よしのぶ）

1　まえがき

近年，配線用遮断器や電磁開閉器に代表される低圧開閉機器を取り巻く環境に大きな変化が起きている。一つは規格のグローバル化であり，もう一つは顧客のグローバル化である。

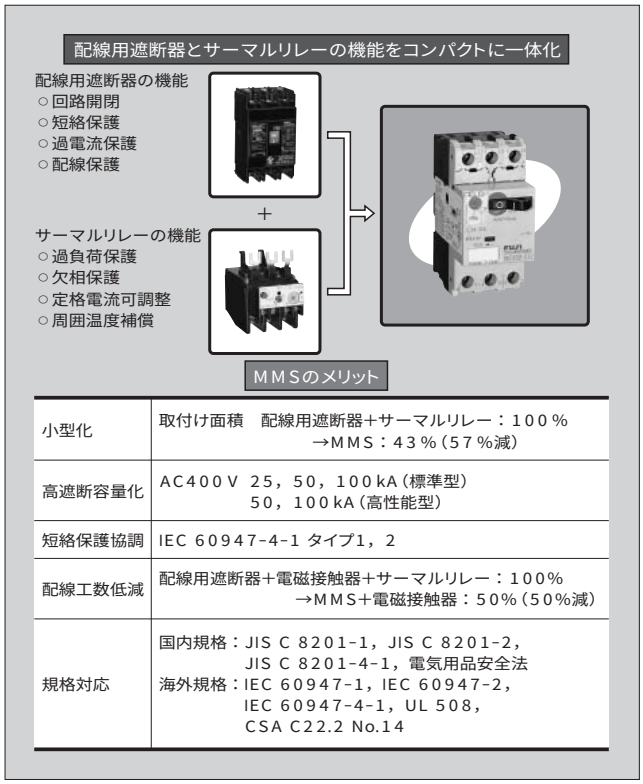
前者は，低圧開閉機器の IEC 規格が JIS 規格に導入される変化である。例えば，産業用機器が適用される電気施設や電動機制御盤の安全に関する規則を取り込んだ通則の IEC60947-1 が JIS C 8201-1 として規格化され，個別製品規格も，配線用遮断器の IEC60947-2 あるいは電磁開閉器の IEC60947-4-1 が JIS C 8201-2 および JIS C 8201-4-1 として制定された。また，電気設備技術基準へも IEC 規格が導入され，規格・規則の面から機器および電気設備のグローバル化が進行している。

一方，後者は，顧客の電気設備を国内向けと海外向けとに区別せず，統一することによるトータルコストダウンを追求したグローバル化である。安全でしかも経済的に盤内構成を実現できる低圧開閉機器が要求されると同時に，配線工数の削減や盤内の省スペースの実現も要求されている。

このような状況の中で，電動機保護回路に目を向けてみると，従来の機器の構成は，短絡保護機能の配線用遮断器と開閉機能の電磁接触器，それに過負荷保護機能のサーマルリレーを含む三つの機器で構成されていた。

本稿では，**図1**に示す配線用遮断器とサーマルリレーの機能をコンパクトに一体化した「マニュアルモータスタータ」（MMS）を紹介する。この新商品は，IEC 規格および UL 規格に合致したグローバル仕様の商品で，電動機保護の構成機器を大きく変える可能性を有している。以下に MMS の特徴や仕様，構造について，その概要を述べる。

図1　MMS の特徴



小型化	取付け面積　配線用遮断器＋サーマルリレー：100％ →MMS：43％（57％減）
高遮断容量化	AC400V 25，50，100kA（標準型） 50，100kA（高性能型）
短絡保護協調	IEC 60947-4-1 タイプ1，2
配線工数低減	配線用遮断器＋電磁接触器＋サーマルリレー：100％ →MMS＋電磁接触器：50％（50％減）
規格対応	国内規格：JIS C 8201-1，JIS C 8201-2， JIS C 8201-4-1，電気用品安全法 海外規格：IEC 60947-1，IEC 60947-2， IEC 60947-4-1，UL 508， CSA C22.2 No.14

2　MMS の狙いと特徴

2.1　電動機保護回路のグローバル化に対応

MMS は，電動機保護回路に適用されるモータブレーカであり，IEC60947-4-1 に定める使用負荷 AC-3 級に適合した，電動機回路の手動による電気的開閉が可能である。また，電動機の過負荷・欠相保護機能を備えている点が，既存のモータブレーカと大きく異なる点である。さらに，短絡遮断時の発生エネルギーを低減させる高い限流能力を有するので，従来のモータブレーカや配線用遮断器と比較して定格限界遮断容量（I_{cu}）がきわめて高い。

MMS は，電動機の高頻度開閉や遠隔開閉を行う場合は，電磁接触器と組み合わせて使用する。電磁接触器の負荷側で短絡事故が生じた場合に，上位の短絡保護器でどこまで電磁接触器の損傷を防ぐことができるかが，短絡保護器の能力を決める大きなポイントとなる。IEC 規格では，その損傷度合いにより，タイプ 1 とタイプ 2 に区分され，電磁接触器が再使用可能なレベルとしてタイプ 2 を定義してお

久保山　勝典

配線用遮断器の設計およびマニュアルモータスタータの設計・開発に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

川田　久夫

配線用遮断器，漏電遮断器，およびマニュアルモータスタータの設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

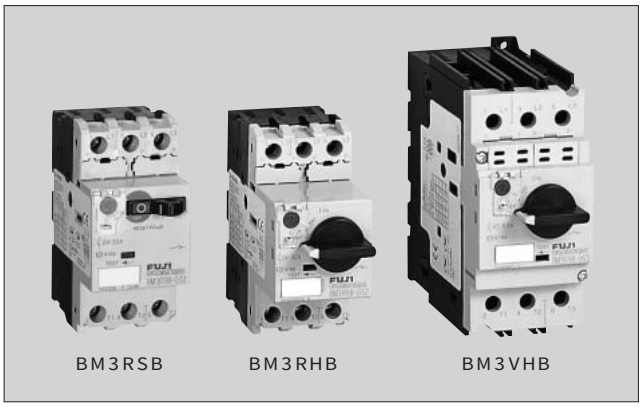
浜田　佳伸

マニュアルモータスタータの設計に従事。現在，機器・制御カンパニー器具事業部技術開発・生産センター開発部。

り，MMSは，高い限流性能によって高遮断容量領域まで電磁接触器との組合わせでタイプ2を満足できる。

MMSは，配線用遮断器とサーマルリレーの機能を小型に一体化したので，盤内取付けの床面積が当社比57％と低減し，省スペースが図れるとともに配線工数が低減できる。さらに，従来の配線用遮断器と電磁接触器は外形幅が異なっていたが，MMSは，組み合わせるSC-M，SC-Eシリーズの電磁接触器と同一幅にしたので，盤内の機器配置が合理的にできる。

図2　MMSの外観



2.2　豊富な定格

図2にMMSの外観を示す。操作部や定格電流調整部の視認性を高めるため，表面のカバーは明るい色調に統一している。**表1**にMMSの定格と仕様を示す。定格絶縁電圧690 V，定格電流32 Aフレームの BM3R型は，15定格，定格絶縁電圧1,000 V，63 Aフレームの BM3V型は，9定格を用意している。電動機容量に置き換えると32 Aフレームで AC200 V/7.5 kW，AC400 V/15 kW，63 Aフレームで AC200 V/15 kW，AC400 V/30 kWまでの広範囲の電動機回路に適用できる。遮断容量は，AC415（400）V回路25 kAの汎用品と50 kAの高遮断容量品の2シリーズをそろえている。

表1　MMSの定格と仕様

項目＼フレーム（A）		32								63			
基本型式		BM3RSB				BM3RHB				BM3VHB			
極　数		3				3				3			
操作ハンドルのタイプ		ロッカータイプ				ロータリータイプ				ロータリータイプ			
定格電流（A）		0.16～32				0.16～32				10～63			
定格絶縁電圧 U_i（V）/ インパルス耐電圧 U_{imp}（kV）		AC690/6				AC690/6				AC1,000/8			
使用カテゴリー	IEC60947-2, JIS C 8201-2	カテゴリーA				カテゴリーA				カテゴリーA			
	IEC60947-4-1, JIS C 8201-4-1	AC-3				AC-3				AC-3			
過負荷・欠相保護		有				有				有			
瞬時引外し特性		最大設定電流の13倍				最大設定電流の13倍				最大設定電流の13倍			
耐久性	機械的（回）	100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				50,000			
	電気的（回）	100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				100,000：I_n=0.16～25 A 70,000：I_n=32 A				25,000			
定格限界遮断容量 I_{cu}（kA） IEC60947-2 JIS C 8201-2	定格使用電流 I_e（A）	240 V	415 V	460 V	690 V	240 V	415 V	460 V	690 V	240 V	415 V	460 V	690 V
	1.6以下	100	100	100	100	100	100	100	100	—			
	1.6～2.5				3				8				
	2.5～4.0												
	4.0～6.3			50					6				
	6.3～10			15				50		100	100	50	6
	9～13		50	10									
	11～16		25				50	35	4		50		5
	14～20	50											
	19～25											35	
	24～32												
	28～40	—				—							
	35～50												
	45～63												
外形寸法W×H×D（mm）		45×90×68				45×90×79				55×110×96			

2.3　国際商品化

MMS は，標準品で新 JIS 規格（JIS C 8201-2，8201-4-1）と IEC 規格（IEC60947-2，60947-4-1）に適合し，UL508，パートⅢ手動電動機制御の「Group Installation」や，電動機回路における断路器としての「Suitable for Motor Disconnect」のカテゴリーを取得している。したがって，日本，欧州および北米を含む全世界の地域の制御盤内機器として適用できるため，顧客の部材標準化や在庫圧縮に大きく寄与できるグローバル商品といえる。また，カドミウムフリー接点やリサイクル性を考慮した熱可塑性樹脂の採用など，環境に優しい商品でもある。

2.4　安全性への配慮

感電などの電気災害を防止するため，端子構造は，通電状態において操作者の安全を確保する保護等級の IP20 を標準品で満足している。すなわち，操作者や保守点検者の指が端子充電部に直接触れないフィンガープロテクション構造である。また，IEC 規格が配線用遮断器に要求するアイソレーション（断路構造）にも適合している。これは，主接点が万一溶着した状態でもハンドルがオフ表示しないと同時に，ハンドルをオフロックできないフェイルセイフ構造を意味する。これを満足する MMS は，EU 機械指令の基本安全規格 EN60204-1 の「給電遮断装置」への適用が可能である。

2.5　高い操作性

MMS のハンドル構造は，ロッカータイプとロータリータイプの 2 種類としている。ロッカータイプは，オン，オフ，トリップ表示を区別し，緊急停止時，オフ操作を素早く認識できるように，IEC による「停止」を示す赤色をカバーのオフ側に表示することで，視認性を高めた。また，ロータリータイプのトリップ状態は，オンとオフの中間角度で停止する構造としている。さらに，配線用遮断器のトリップボタンと同様に，MMS 動作と付属品の接点信号のシーケンス確認用のテストトリップ機能を装備した。

2.6　全機種共通の付属品

内装および外装付属品は，MMS の全機種で共用化し，顧客でワンタッチ取付け可能とした。取付け方法も本体カバーのねじを外すことなく，外側から簡単に装着できるため，制御盤でのさまざまな仕様変更に迅速に，しかも現場で対応ができる。また顧客での省配線や工数低減を実現する豊富な配線部材も準備した。

3　構造と性能

3.1　全体の構成

主要な機能部はユニット構造とし，最適な配置で構成した。各フレーム間で基本部品を共用化した開閉機構部は，本体中心に配置し，電源側に内装付属品収納部と電源端子部を，負荷側に過電流引外しユニット（OCR 部）と負荷側端子を配置した構成とし，さらに，開閉機構部の下部に絶縁壁で仕切られた可動子と消弧部を含む遮断部を配置した。特に 32 A フレームは小型化するため各機能部の組込みはねじレスとし，さらに主要 3 点のカバー，中ケースとケースはすべてスナップフィット組立方式とした。

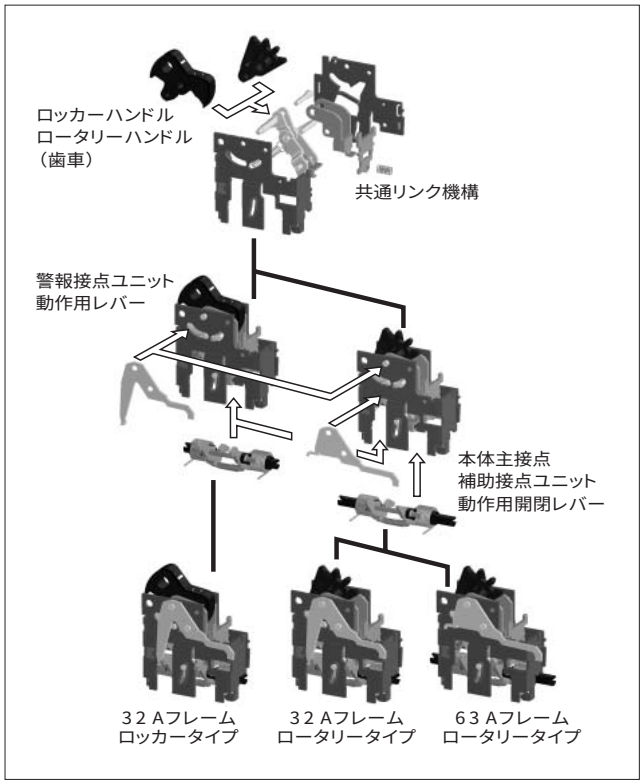
3.2　開閉機構部

図 3 に開閉機構部の内部構造およびフレーム間の組合せを示す。主要な開閉機構部品を小型化し，45 mm 幅の 32 A フレームと 55 mm 幅の 63 A フレームで同一サイズとした。さらに，骨格となるリンク機構を全シリーズで共用化し，生産性を高めた構成とした。この結果，生産ラインでハンドル操作部を交換するだけでロッカータイプとロータリータイプの開閉機構部が構成できる。また，共通開閉機構部から可動子への伝達は，フレームごとの異なる相間ピッチに対応させるため，開閉レバー方式を採用した。さらに，MMS 全シリーズで共用可能な付属品取付けを可能にするため，開閉機構部から付属品への動作伝達部品を共通リンク機構から分離した構成とした。具体的には**図 3** に示す，前述した開閉レバーおよび警報接点ユニット動作用レバーに各フレームの動作伝達機能を持たせている。

3.3　遮断部

MMS の遮断部の特徴は，短絡遮断時のエネルギー低減を目的とした各相 2 接点開極構造とした点である（**図 4** 参照）。短絡電流発生時に可動子は，固定子の平行導体部と作用する電磁反発力により跳ね上がり，さらに転流板の磁

図３　開閉機構部の構成



気ヨーク部で加速されて開閉機構部のトリップ動作を待たずに瞬時に接点が開極する。また，瞬時コイルの鉄心の動作で可動子を直接開かせる直動部品を採用することで，瞬時引外し動作時の強制開極機能と，短絡遮断時の遮断完了まで可動子の開極距離を維持する機能を持たせた。さらに，**図5**に示すように，転流板は，遮断時に発生したアークを接点上から消弧グリッドへ転移させる磁気駆動力を高め，発生したアークを素早く引き伸ばして消弧する機能を持っている。

次に実際の遮断時のアーク連続写真（**図6**）と遮断オシログラム（**図7**）を示す。400 V/50 kA の短絡電流通電開始から接点が開離し，アークが消滅するまでわずか 2.5 ms で遮断が完了していることが分かる。遮断時のアーク電圧（V_p）は，電源電圧以上の約 600V を維持しており，ピーク電流（I_p）は約 12 kA に限流し，遮断完了時間は，一般の配線用遮断器が約 10 ms かかるのに対し，約 1/4 ときわめて短い。このような遮断部構造を採用した結果，通過遮断エネルギー（I^2t）は，富士電機の配線用遮断器に対し 1/5 以下に低減され，小型かつ高遮断容量の MMS が実現できた（**図8**参照）。

IEC 規格における電磁接触器と短絡保護機器の保護協調タイプ 2 の条件は，両者を組み合わせて遮断したとき，電磁接触器の溶着があってはならないことである（軽微な溶

図4　MMS の内部構造と遮断アークの動き

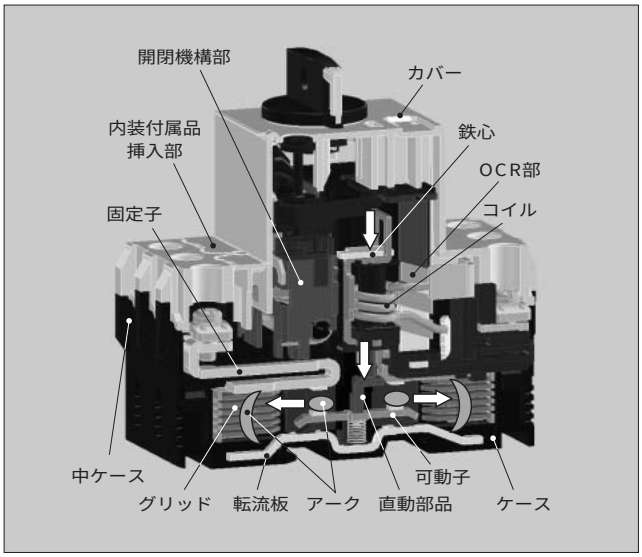


図5　遮断原理

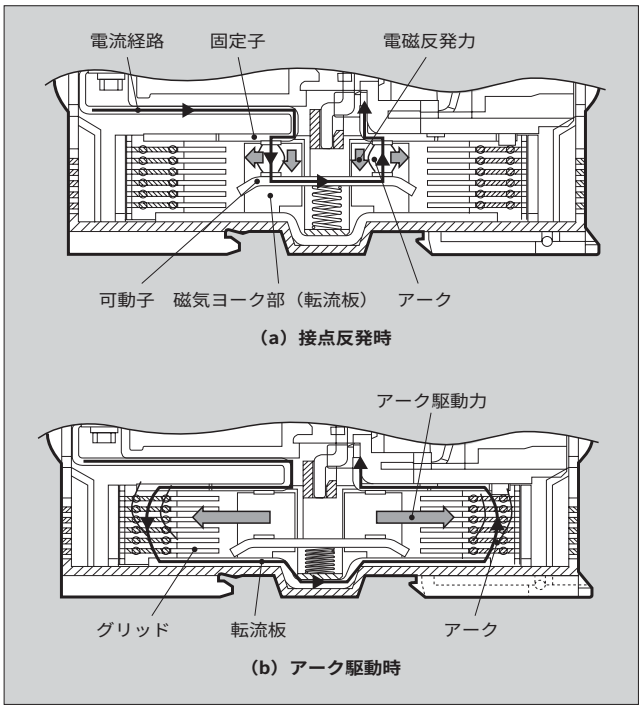


図6　アーク連続写真

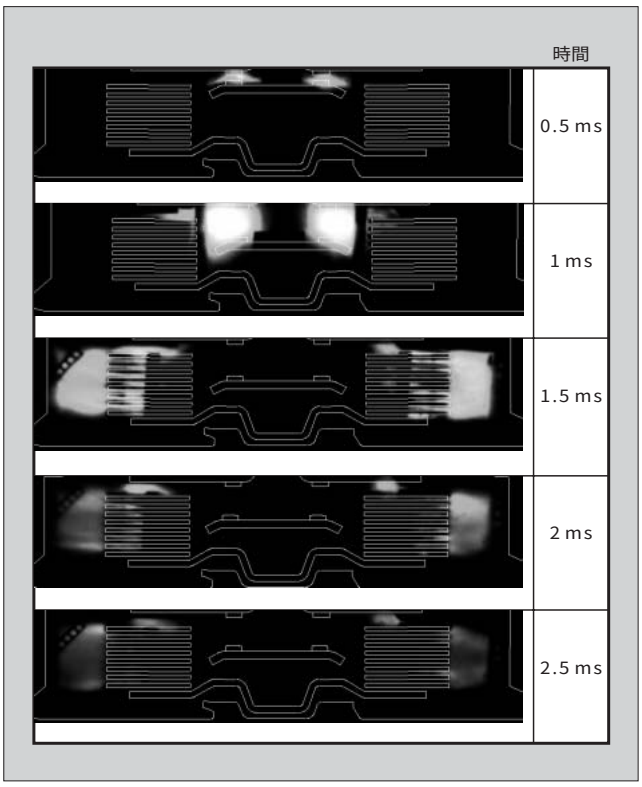


図7　遮断オシログラム

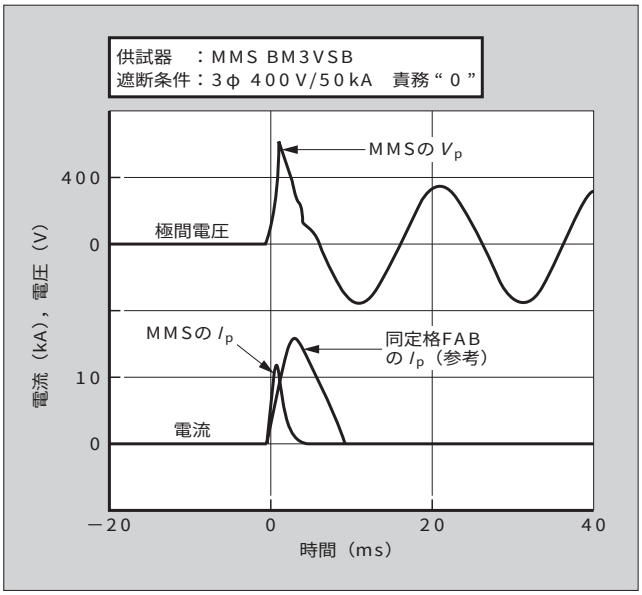


図８　遮断 I^2t（ブレーカ比較）

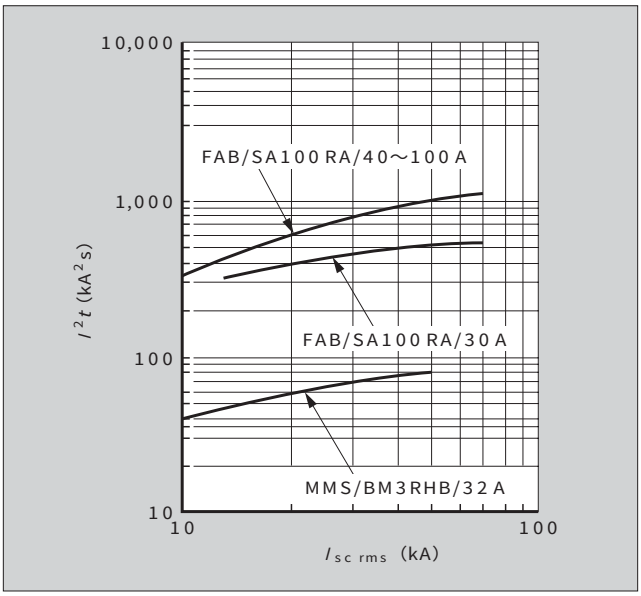
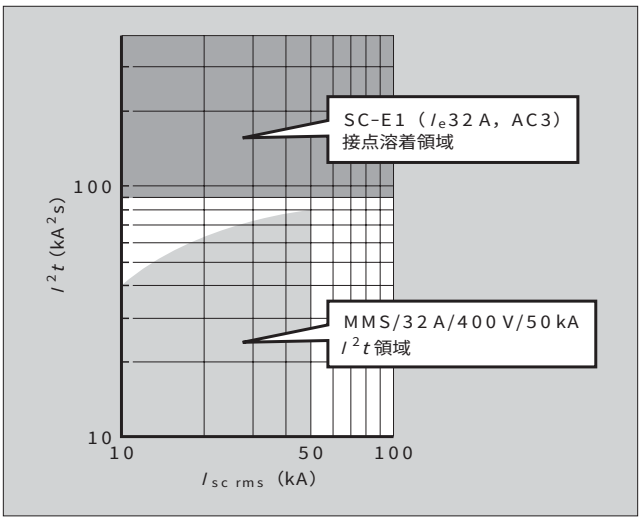


図９　電磁接触器の I^2t 溶着領域



着可）。電磁接触器の溶着を防止するには，遮断時の通過エネルギーである I^2t 値を低減させることが重要である。例えば，電磁接触器 SC-E シリーズの場合（**図９**参照），I^2t が約 90 kA^{2}s 以上の範囲で溶着が起きていることが分かる。

一方，MMS/32 A の 400 V/50 kA における I^2t は約 80 kA^{2}s 以下であることから，電磁接触器が溶着しない領域であり，MMS がタイプ 2 の条件に合致した短絡保護機器であることが分かる。MMS と富士電機の電磁接触器を組み合わせたコンビネーションスタータの詳細は本号の別稿（コンパクト一体型コンビネーションスタータ）を参照されたい。

3.4　ねじレスモールドケース

3.1 節で述べた 32 A フレームの部品組立は，ねじを使っていない。**図10**に示すように，中ケースとケースのスナップフィット部にかかる遮断時のガス圧力による応力解析や組立時の応力解析を実施し，材質，厚み，形状など最適条件を検証した。この解析により，小型・高遮断容量品（AC400 V/50 kA）でしかも生産性を高めたねじレスモールドケース構造の 32 A フレームが実現できた。

図10　遮断時のスナップフィット応力解析

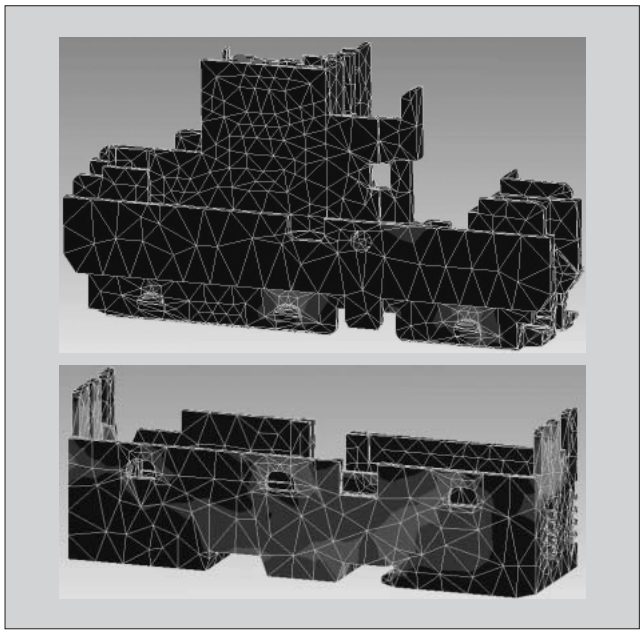


表２　引外し性能の規格要求値

分類 / 項目	配線用遮断器		サーマルリレー
	JIS C 8370	IEC60947-2	IEC60947-4-1
過負荷引外し特性	100％不動作	105％不動作	105％不動作
	125％動作	130％動作	120％動作
欠相特性	なし	なし	要求あり

3.5　過電流引外し部（OCR 部）

電動機の過負荷および欠相保護特性は IEC60947-4-1 に適合している。**表２**は，過電流引外し特性に対する各規格要求値を示し，IEC60947-4-1 は配線用遮断器との協調を考慮し，過負荷引外しの最低動作電流倍率を 120 %に制限している。さらに欧州では標準仕様の三相 3 素子型による電動機の欠相検出特性を要求している。富士電機の実績あるサーマルリレー技術を集約させた差動レバー機構の採用で，IEC の欠相機能も含めた要求性能を達成した。

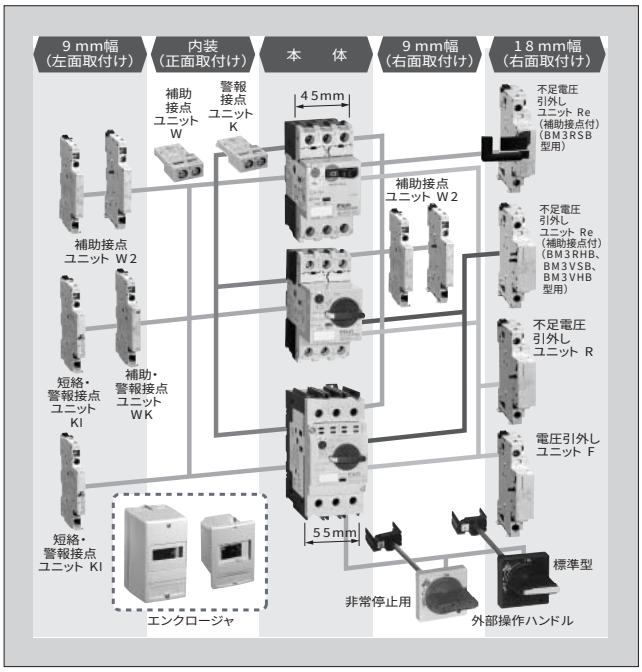
4　付属品の構造と特徴

4.1　内装・外装付属品

図11に付属品構成を示す。内装・外装付属品は，全機種に共通で顧客がワンタッチで取付けできる構造とした。

内装付属品は本体内部に取付け可能なため，制御盤の内部配線後も装着可能である。外装付属品は，MMS の左と右に同時，もしくは左または右に重ねて装着できるため，MMS 本体一つで，内装・外装あわせて最大 6 接点追加可

図11　付属品構成



能であり，制御盤内の構成変化に柔軟に対応できる。外装の補助・警報ユニットはトリップ状態を接点信号と同時に外から見える機械的表示も備え，状態の視認性を高めた。

ロッカータイプの MMS は，保護等級 IP41 と IP55 タイプのモールドの箱（エンクロージャ）を準備することで，設置場所の環境に合わせた適用ができる。

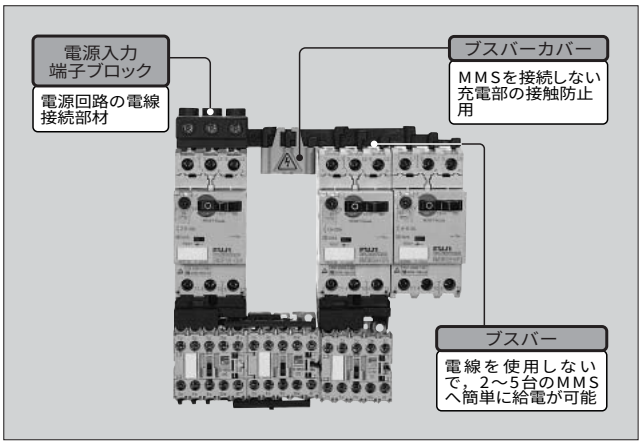
ロータリータイプの MMS は，制御盤の扉の外側から開閉操作を可能にする従来の配線用遮断器の V 形に相当する外装ハンドルを準備している。

このように MMS 本体用に内装・外装付属品を含め，制御盤の多様な要求に応える豊富な付属品をそろえている。

4.2　ブスバーシステム

図12 に示すブスバーシステムは，複数の MMS を横配列し，分岐回路を構成する場合に有効な配線部材である。

図12　ブスバーシステム



電源回路電線接続用の電源入力端子ブロック，配列した本体の電源側の渡り電線を不要にするブスバー，さらに MMS を接続しないブスバーへの接触防止に使用するブスバーカバーなど豊富に取りそろえている。この電源入力端子ブロックとブスバーも組み立てた状態で端子充電部への接触を防止する構造である。したがって，これらの配線用付属品を採用することで，安全で，しかも複雑な配線作業が簡素化され，省配線と工数削減を可能にした制御盤を構成できる。

5　あとがき

以上，富士電機の新しい電動機制御回路用保護器である MMS の特徴と性能について説明した。日本市場の制御盤に対するグローバル化要求，および顧客の制御機器に対する国際仕様要求に合致した本商品は，従来の電動機回路の機器構成に変革を与えるものであり，本体性能だけでなく，省配線まで見据えた豊富な付属品により，顧客要求を満足するものと考える。今後も低圧開閉・制御機器への要求を真摯（しんし）に受け止め，新商品開発に努力する所存であり，顧客各位のご指導をお願いする次第である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。