新グローバル電動機制御方式

永廣　　勇（ながひろ　いさむ）

1　まえがき

現在，グローバル市場の時代に突入したことによって，電動機制御分野の環境に大きな変化が起きている。それらの変化の中で，特に顧客の設備設計や機器購入に対して影響の大きい変化として次のものがある。

① JIS と IEC 規格の整合が進んでいること
② 顧客設備のグローバル統一仕様化
③ 設備メンテナンスの簡易化要求の強まり

電磁開閉器や電動機保護兼用配線用遮断器などに代表される富士電機の電動機制御機器は，常に市場要求や技術動向を先取りした特長ある商品シリーズを生み出し，提供することによって，わが国のこの分野の技術発展に貢献してきた。

本稿では，①～③の変化に触れながら，グローバル化に対応した新商品であるマニュアルモータスタータ（MMS）やコンビネーションスタータ（MMS と電磁接触器とを組み合わせたもの）を適用した，新しい電動機制御方式について紹介する。

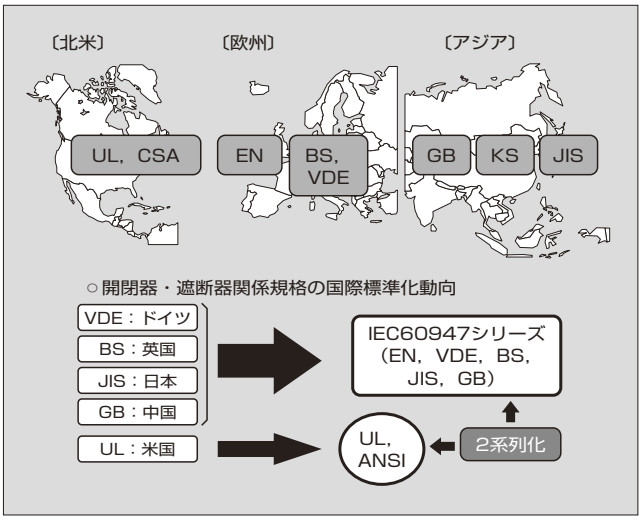
2　規格の統合と電動機制御方式の変化

近年，電気設備に使用されるコンポーネントに関して，各国個別規格は IEC 規格との整合が行われてきた。これはわが国でも同様であり，電磁開閉器や電動機保護兼用配線用遮断器についても IEC60947 シリーズと整合した JIS C 8201 シリーズが制定された。この変化の影響は，工業用機械設備だけではなく，船舶用の電気設備にも波及し，例えば，NK（財団法人日本海事協会）などの船舶規格でも遮断器に対する要求性能として，従来の JIS C 8370 ではなく JIS C 8201-2-1 を満足させることが規定事項になっている。上述のように，各国個別規格の IEC 規格との整合は，日本だけではなく，世界共通の動向である（**図 1**）。これは欧州地域だけではなく，われわれに身近なアジア地域でも同じであり，例えば，中国の GB 規格や韓国の電気用品安全管理法も IEC60947 シリーズとの整合を図っている。したがって，**図 1** に示すように米国の UL 規格を除けば，主要な国々における規格は IEC 化されており，世界は，IEC 規格と UL 規格の二つの系列に統合整理されたことになる。

前述の JIS と IEC 規格の整合によって，**図 2** に示すように電動機制御方式が変化してきている。例えば，Safety of machinery − Electrical equipment of machines（機械類の安全性－機械の電気装置）に関して規定している IEC60204-1 が JIS B 9960 として制定されたことにより，電動機回路の電源接続点に過電流保護器の設置が規定された。これは，電気設備技術基準第 65 条「電動機の過負荷保護」の基本要求事項に合致するものであり，これにより，従来の電動機制御方式（**図 2** の A 方式）のように過電流保護器が電動機回路ごとに設置されていない方式から，電動機回路ごとに過電流保護器を設置する B 方式や C 方式が要求される。

この新しい電動機制御方式において，MMS やコンビネーションスタータを適用すると「省スペース」「省配線」「高いレベルの短絡保護協調」を実現する非常に効率のよい電動機制御方式になる。以下，MMS の特長や構造につ

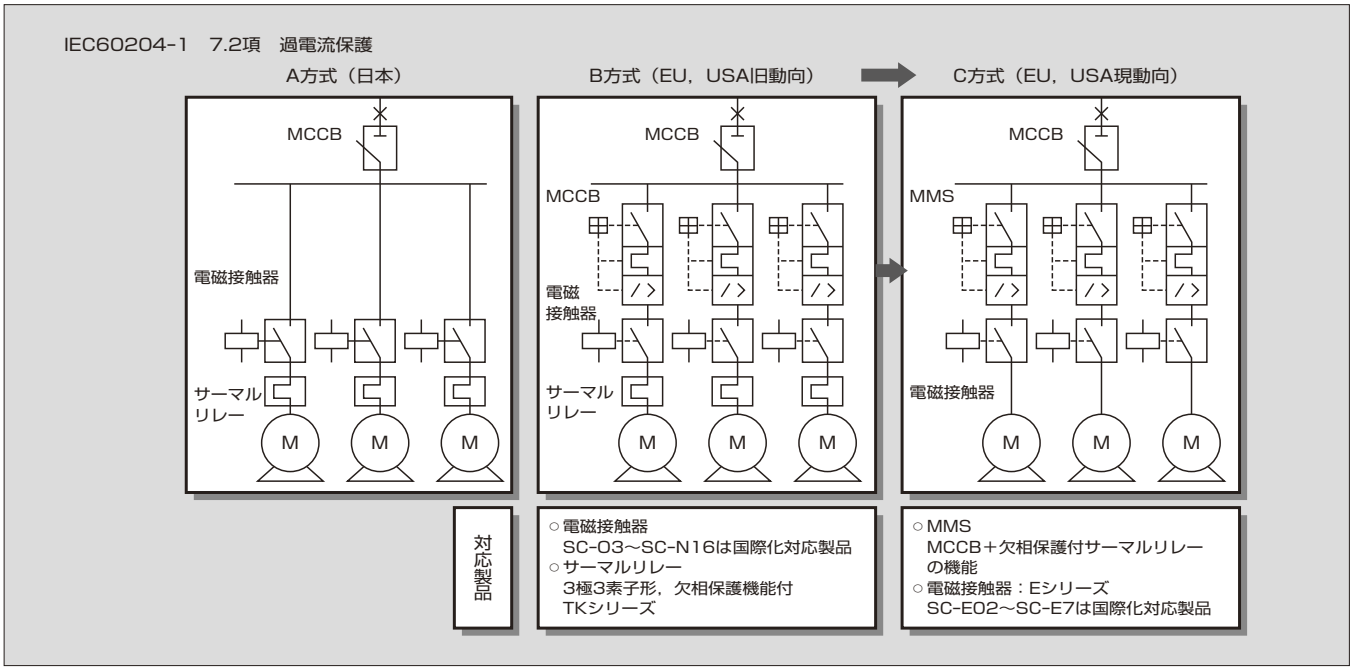
図 1　低圧開閉器の規格動向（IEC 規格と UL 規格の 2 系列化）



永廣　　勇

MMS，コンビネーションスタータの開発業務に従事。現在，富士電機機器制御株式会社器具事業部技術・開発生産センター開発部主任。

図 2　電動機の制御方式の変化と対応製品



いて述べる。

3　MMS およびコンビネーションスタータの特長

MMS は，回路遮断器の短絡保護機能とサーマルリレーの過負荷・欠相保護機能を一つの機器にコンパクトにまとめたものである（**図 3**）。MMS の主な仕様を**表 1** に示す。

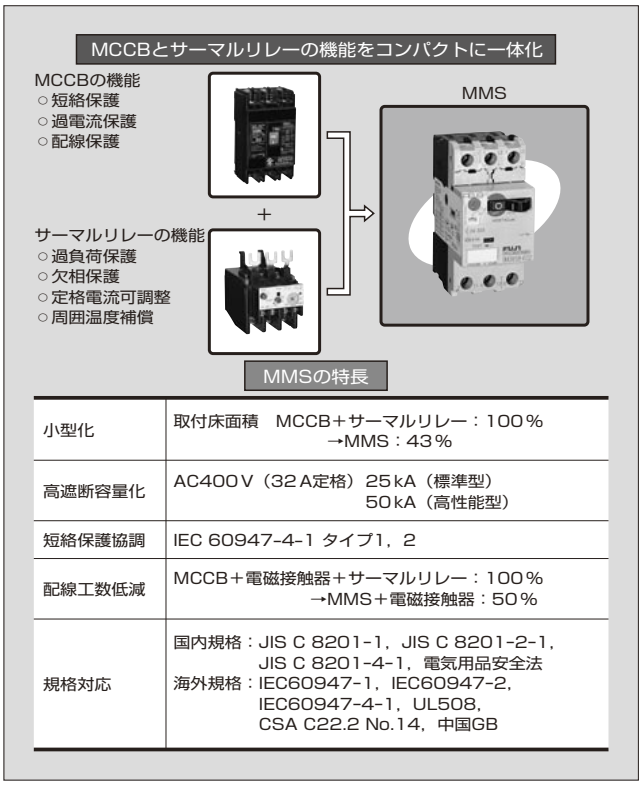
開閉器としての性能は，AC3 級（15 kW AC230 V，30 kW AC400 V）に適合しているため，電動機回路の直入れ開閉が可能である。また，高頻度の開閉や遠隔操作による制御が要求される回路への適用には，電磁接触器と組み合わせてコンビネーションスタータを構成することによって容易に行える。**図 4** にコンビネーションスタータの外観を示す。コンビネーションスタータは，電動機回路の短絡保護・過負荷保護・開閉のすべてを満足しているため，IEC60204-1 や JIS B 9960 で規定されている電動機回路保護の要求に対して，適用が容易にできることになる。

MMS およびコンビネーションスタータの一番大きな特長は，短絡電流遮断における限流性能が非常に優れていることである。この限流性能によって，例えば BM3RH 形で，AC230 V 100 kA，AC415 V 50 kA の短絡電流を遮断することができる。以下，MMS の遮断部の構造について述べる。

4　遮断部の構造と限流特性

図 5 に MMS の構造例を示す。MMS は，長年培ってきた電磁接触器と電動機保護兼用配線用遮断器（MCCB）の開閉・遮断技術を融合した 2 接点開極機構（ダブルブレーク）を採用している。この 2 接点開極機構は，短絡電流アークを効率よく駆動できる構造を採用しており，開閉に

図 3　MMS の機成と特長



小型化	取付床面積　MCCB＋サーマルリレー：100％ →MMS：43％
高遮断容量化	AC400 V（32 A定格）25 kA（標準型） 50 kA（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	MCCB＋電磁接触器＋サーマルリレー：100％ →MMS＋電磁接触器：50％
規格対応	国内規格：JIS C 8201-1，JIS C 8201-2-1，JIS C 8201-4-1，電気用品安全法 海外規格：IEC60947-1，IEC60947-2，IEC60947-4-1，UL508，CSA C22.2 No.14，中国GB

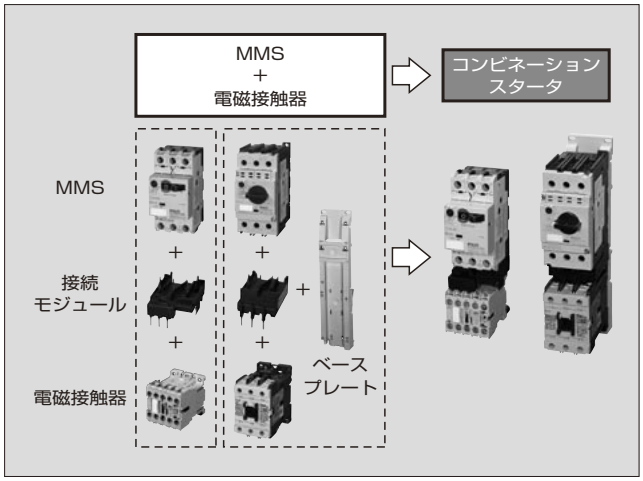
おける接点消耗や通過電流時間積（I^2t）を低減できる最適な方法である。次に MMS の遮断原理について説明する。

短絡電流が流れた場合，MMS の可動接触子には，固定接触子と可動接触子の平行部分に流れる異方向の電流により電磁反発力が作用する。この電磁反発力によって開極動作を始めた可動接触子は，転流板に設置された磁気ヨークの磁力によりさらに加速され，瞬時に開極位置に移動する。可動接触子が開極した後，固定接触子で発生した磁界

表1　MMSの仕様

フレーム（A）		32								63			
基本形式		BM3RSB（標準型） BM3RSR（標準型）				BM3RHB（高性能型） BM3RHR（高性能型）				BM3VHB（高性能型）			
極　数		3				3				3			
操作ハンドルのタイプ		ロッカー				回転ハンドル				回転ハンドル			
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	Cat.A				Cat.A				Cat.A			
	IEC60947-4-1, JIS C 8201-4-1	AC-3				AC-3				AC-3			
UL規格カテゴリー	UL508,UL508E	グループインスタレーション適合				グループインスタレーション適合				グループインスタレーション適合			
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（mm）	W×H×D	45×90×68				45×90×79				55×110×96			

図4　コンビネーションスタータの外観



とアークの自己電流によって，駆動力（ローレンツ力）が作用し，アークは，転流板へ転流する。このアークは，グリッドの中へ駆動され，短時間で消弧される。

上述のアークを駆動・消弧する過程では，十分な開極距離を安定的に保つことが重要である。MMS では，短絡電流を検出する瞬時引外しコイルの可動鉄心の動作を直接，可動接触子に伝える直動方式の構成としている。この直動方式では，短絡電流の検出と開極を同時に行うことができ，電流が増大する前に開極を開始する。しかも，電流が流れている間，可動鉄心が瞬時引外しコイルに吸引されて固定されるため，直動方式は可動接触子を開極位置で固定できる。この特長ある構成によって，遮断が完了するまで開極距離を安定的に保つことができる。

上述の遮断構造により，現在の MCCB に比較して，優れた限流性能により全遮断時間を大幅に低減できる。**図6** に遮断オシログラムでの比較を示す。**図6** は，400 V/50 kA 回路における MMS と MCCB の遮断電流波形を比較したものである。MMS の遮断完了時間はわずか 3 ms であり，MCCB の 10 ms と比較して大幅に短いことが分

図5　MMSの構造例

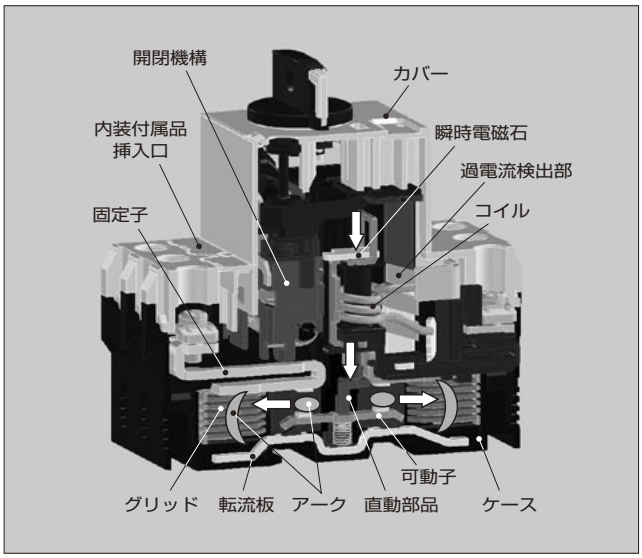
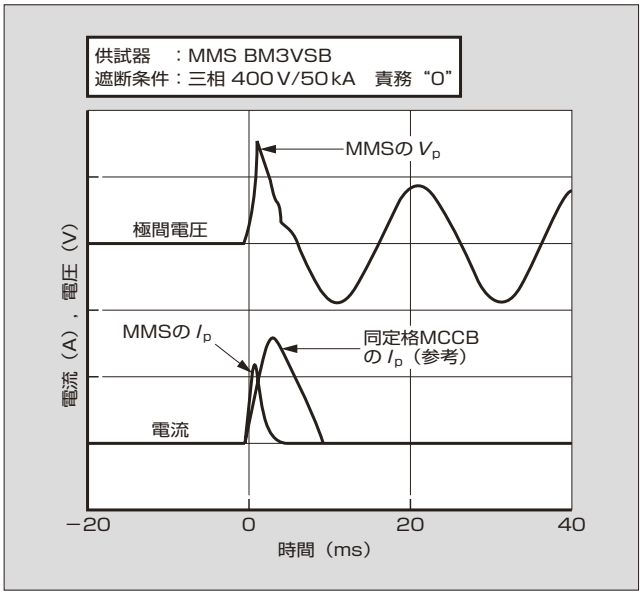


図6　MMSとMCCBの遮断オシログラムの比較



かる。また，遮断電流ピーク（I_p）については，約12kAであり，MCCBの75％程度に限流している。

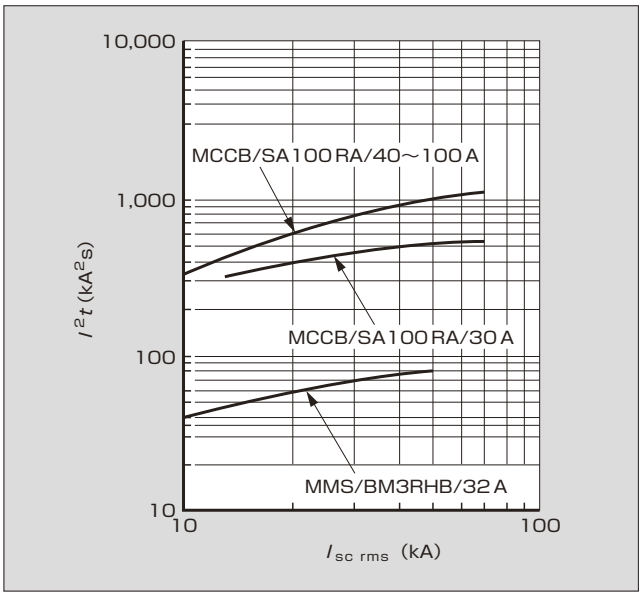
遮断時間が短く，遮断通過電流が小さいと，遮断時の通過エネルギー（I^2t）も小さくなる。I^2tが小さいということは，MMSの負荷側に設置された電磁接触器などに対する熱負荷が小さいことになる。**図7**に富士電機のMMSとMCCBの遮断時のI^2tの比較を示す。**図7**から，MCCBと比較してMMSのI^2tは1/5以下であり，非常に小さいことが分かる。

以上により，モータコントロールセンタのような短絡容量の大きな回路にコンビネーションスタータとして適用することが可能になる。

5　MMSと電磁接触器の短絡保護協調

グローバル市場の時代に入って，国内顧客の工場設備が

図7　遮断I^2t（MCCBとの比較）



世界各地に設置される結果，設備メンテナンスの簡易化要求が強まってきている。このため，万一，短絡事故が発生したとしても，製造設備の停止時間をできるだけ短くするために，復旧が迅速に行える電気設備が必要となっている。電動機制御方法において，上記ニーズを満足させるために，短絡保護器と電磁接触器間の短絡保護協調の等級としてIEC60947-4-1のタイプ2保護協調を満たすことが重要である。

IEC60947-4-1では，ヒューズやMCCBなどの短絡保護機器と電磁接触器との協調について，保護レベルによりタイプ1とタイプ2に分類している。タイプ1は，短絡遮断後の点検時に電磁接触器の部分的あるいは全体の交換を必要とするレベルで，電磁接触器の損傷（接点溶着）を認めている。タイプ2は，点検時に電磁接触器を交換することなく，引き続き使用できなければならないレベルで，電磁接触器の接点の回復可能な軽い溶着を除くいかなる損傷も認めない組合せである。

富士電機のコンビネーションスタータは，400V 18.5kWまでタイプ2に対応したシリーズである。**表2**に機種一覧を示す。

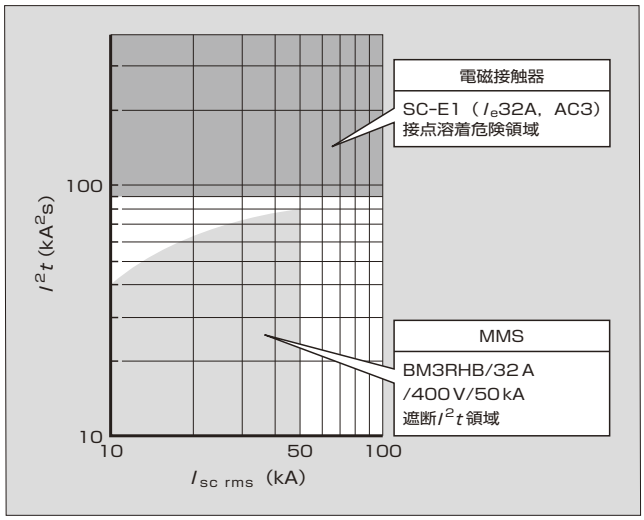
従来のMCCBでは，短絡電流が流れたときのI^2tが比較的大きいため，タイプ2の組合せを構成することは困難であったが，I^2tが非常に小さいMMSを使ったコンビネーションスタータでは，短絡電流50kA（400V）の回路でも短絡保護協調が可能である。**図8**に400V 50kAにおけるMMSのI^2tと電磁接触器の接点溶着限界点との対比を示す。MMSのI^2tは80kA²sであり，電磁接触器の限界である90kA²sに対して小さい値になっている。この性能は，4章で説明した富士電機独自の遮断技術を適用した結果である。これにより，グローバル市場での設備メンテナンス性の向上に貢献できる。

タイプ2の要求は，従来のJISやJEMにはない要求であったが，IEC規格と統合した新JIS C 8021-4-1では，

表2　コンビネーションスタータの機種一覧

AC400V	BM3R + SC-M	BM3R + SC-E02～E05	BM3R + SC-E1	BM3V + SC-E1,E2,E2S
外　観				
容量＋タイプ1 全負荷電流	0.06～4kW 0.23～9A	0.06～11kW 0.23～22A	15kW 30A	18.5～22kW 37～48A
容量＋タイプ2 全負荷電流	0.06～1.1kW 0.23～2.5A	0.06～7.5kW 0.23～16A	11kW 22A	15～18.5kW 30～37A

図8　MMSのI^2t性能と電磁接触器の耐溶着危険性能の関係



明確に規定されている。したがって，今後，タイプ2要求の適用が高まることが予測され，富士電機のコンビネーションスタータは，時代のニーズを先取りしたシリーズといえる。

6　コンビネーションスタータによる合理化例

図9にコンビネーションスタータシステムを示す。このシステムは，電源入力端子ブロック，ブスバー，接続モジュールなど，配線工数を大幅に削減するための各種配線部材で構成している。具体的な効果を**図10**に示す。**図10**は，AC400V 2.2kWの電動機8回路（うち可逆1回路）で構成された回路である。ここにコンビネーションスタータを適用すると，取付床面積で52％，配線工数で90％削減することができる。以上から，このシステムが電動機回路構成の合理化に非常に有効なものであることが分かる。

図9　コンビネーションスタータシステム

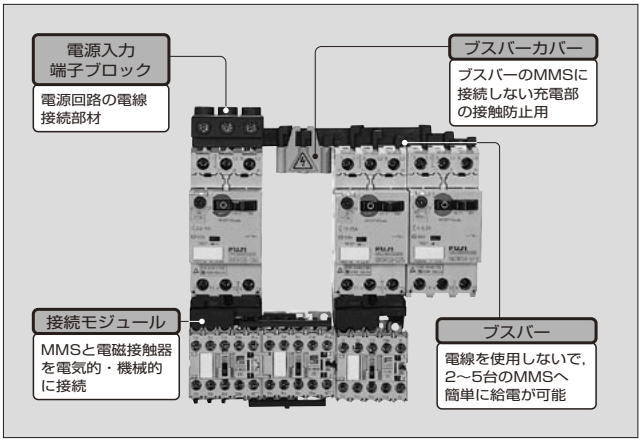
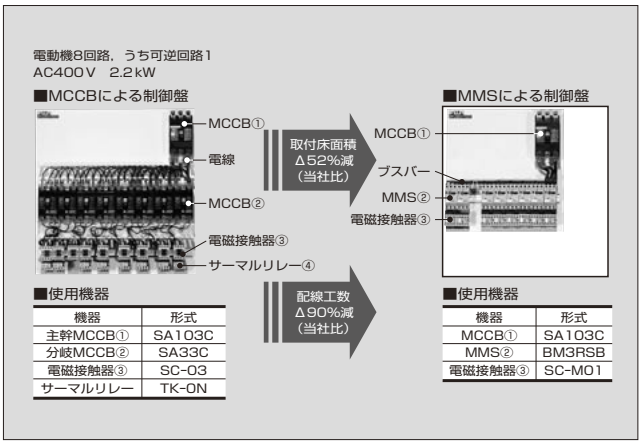


図10　MMSを使用した合理化例（試算）



7　北米設備への適用

MMSは，UL規格では，電磁接触器やサーマルリレー，押しボタンスイッチなどと同じ工業用制御装置（UL508）に該当する機器で，マニュアルモータコントローラに分類される。北米では米国電気工事基準（NFPA70）で規定されているように，分岐回路の先頭に必ずヒューズや回路遮断器（UL489）のような短絡保護器の設置が義務づけられている。なお，この短絡保護器との保護協調や電線の長さ，太さなどの特定の条件を満足し，さらに制御装置（UL508）がグループインスタレーションの認証を取得している条件で，上位の回路遮断器（UL489）の負荷側から複数回路のMMSおよび負荷を接続することが可能となる。**図11**に回路例を示す。

図11において，回路AはNFPA70で規定している電動機回路の基本構成であり，負荷に対して1対1で回路遮断器（UL489）を接続したものである。これに対して，回路Bおよび回路Cは，グループインスタレーション認証機器で構成した場合である。回路Cは，MMSを適用した場合であり，MMSはグループインスタレーション認証取得かつ過負荷保護機能が搭載されているため，サーマルリレーを省略でき，コスト削減および省スペース化に有効で

図 11　北米における電動機制御回路例

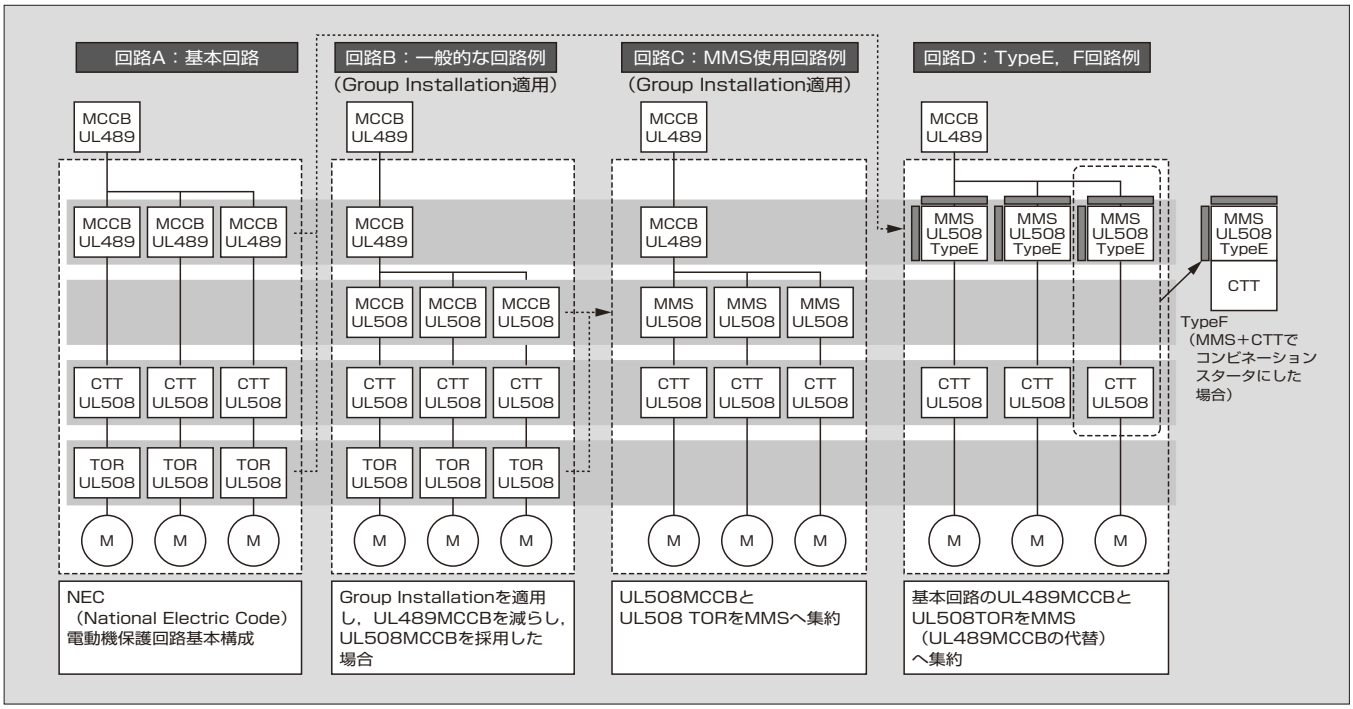


図 12　UL508 タイプ E の MMS の外観

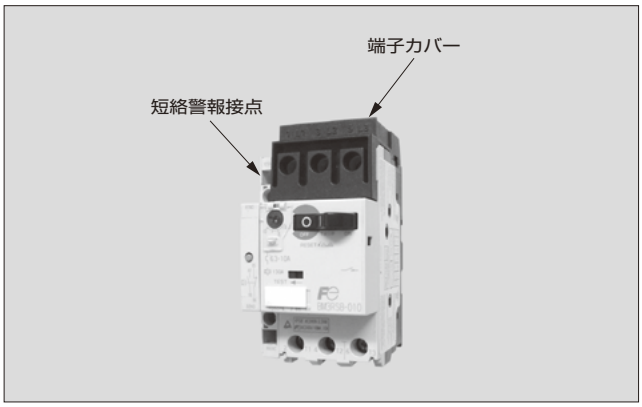
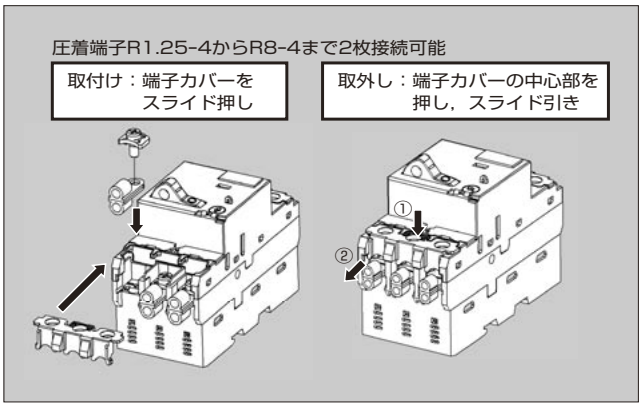


図 13　MMS と丸形圧着端子の取付け



あることは6章で述べた。

グループインスタレーションには，通常のものと Suitable for tap conductor protection（タップ導体保護）の二つの分類がある。通常のグループインスタレーションでは，分岐回路電線導体断面積を幹線の 1/3（配線長 7.6 m 以内）にまでしかできないが，タップ導体保護の認証を受けた場合，分岐回路電線導体断面積を 1/10（配線長 3 m 以内）にまで小さくすることが可能である。これは，電源側の回路遮断器（UL489）が同じ定格の場合，より多数の負荷を接続できるため，さらに，効率よく回路が構成できる。このタップ導体保護の認証を取得するためには，厳しい短絡遮断試験条件をクリアする必要があるが，MMS は，前述の高い限流遮断性能により，タップ導体保護認証を取得している。

北米の電動機分岐回路において，MMS を回路遮断器（UL489）の代わりに短絡保護器として使用できる特別な条件がある。それは，富士電機の MMS やコンビネーションスタータのように UL508 のタイプ E やタイプ F の機器認定を受けた場合である。回路 D は，タイプ E やタイプ F の機器を適用した構成を示す。UL508 タイプ E の MMS を用いた場合，分岐回路に設置された回路遮断器 UL489 が省略できるため，さらに効率のよい回路が構成できる。

図12に UL508 タイプ E の MMS の外観を示す。タイプ E は，回路遮断器（UL489）規格の絶縁距離やトリップ表示の明確化要求に対応するため，標準の MMS に端子カバー，および短絡警報接点を装着する構成としている。タイプ E のメリットは，①保護機器数を最少にできること。②グループインスタレーション適用のような，電線の長さや太さ，短絡保護協調などの複雑な適用のための計算を必要とせず，電動機の馬力で MMS を選定すればよいことである。

MMS をグループインスタレーションやタイプ E として適用することにより，IEC 規格と UL 規格の違いで別の機器を選定する必要がなくなる。すなわち，MMS やコンビネーションスタータは，IEC 規格，UL 規格両方に対応で

きる真のグローバル製品といえ，制御盤のグローバル共通化に大きく貢献するものである。

8　グローバル製品とローカルニーズの対応

7章までに述べたように，MMSやコンビネーションスタータは，グローバル化に対応した製品である。ただし，グローバル製品であっても，個別要求（特別な構造など）に応えていくことが重要である。これに対応するため，国内固有の配線方式に対応した，丸形圧着端子形MMSやコンビネーションスタータもシリーズ化している。

このシリーズ（BM3R□R）は，400 V 15 kWまで対応したものであり，特長は，端子カバーの取扱い性向上を考えてスライド方式にした点である（図13）。本シリーズのように，今後もローカルニーズへ対応していきたいと考えている。

9　あとがき

設備のグローバル化に伴う電動機制御分野に関する環境の変化と，MMSやコンビネーションスタータのような，環境変化に対して適切に対応した電動機制御機器について紹介した。今後も，蓄積してきた技術と経験をベースにグローバルユーザーにとって顧客価値に合致した商品を提供する所存であり，引き続き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。