

# 電磁開閉器の技術動向と NEO SC シリーズの開発

田畑 進 (たはた すむむ)

加藤 信次郎 (かとう しんじろう)

石川 雅英 (いしかわ まさひで)

## 1 まえがき

近年、生産システムは、FA (Factory Automation)、FMS (Flexible Manufacturing System) などで代表される、コンピュータを駆使した高速、大規模なシステムに大きく変貌を遂げてきた。電磁開閉器などの各種開閉制御機器は、自動化システムを構成するプログラマブルコントローラ (PLC)、インバータなどの電子応用機器や操作機器、検出機器とともに、これらの変化に対応するため、インテリジェント化、高精度化など新しい技術とともに進歩してきた。

制御システムにおいて、負荷機器の開閉制御を行う電磁開閉器は、すでに確立されている電磁石、接点、消弧などの主要な要素技術が最新の電子技術や材料技術、あるいは高度化した分析・解析技術と相まって、機能的、性能的により高い次元の商品に生まれ変わってきたといえる。

一方、貿易不均衡の是正、規制緩和の促進など国内外からの強い要望を受けて、IEC 規格と JIS の統合化や、需要家各位の製品輸出の増大と海外進出に伴う国際標準適合への要求が高まっている。

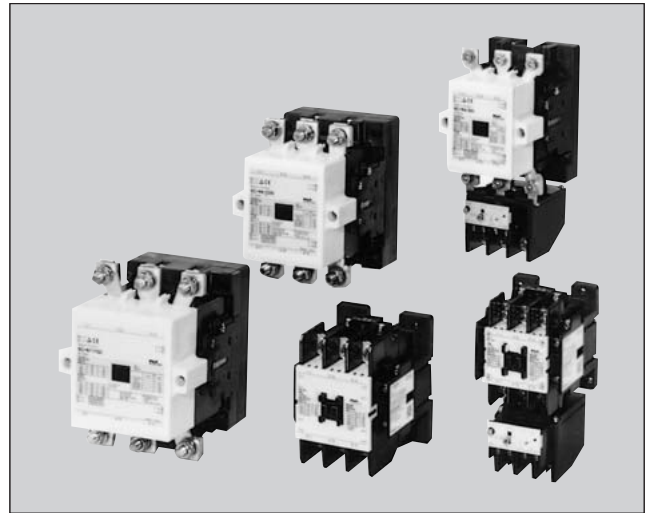
さらに、地球環境保護意識の高まりで対環境負荷低減が強く求められ、省エネルギー、エコロジーに配慮した物作りに対応するための技術課題も生まれている。

このように、市場の変化は新たなニーズを生み、ニーズ適合に向けての新しい技術開発を進展させている。

このようななか、富士電機は常にその時々々の市場ニーズを取り入れて、技術面・性能面の向上だけでなく、使用面での開発改良を重ね、たゆまぬ進歩を続けて今日の地位を築いてきた。その結果、富士電機の電磁開閉器は需要家各位の好評を得て、1954年 (昭和29年) の発売以来1998年10月までに累計生産台数 2 億台を突破することができた。

本特集号においては、2 億台生産までの歩みにおける技術開発の歴史を振り返りながら、昨今の電磁開閉器を取り巻く技術動向の紹介と富士電機が最近開発した関連の商品について、その開発の狙い、ならびに商品の特長について概要を述べる。

図 1 新形電磁開閉器 NEO SC シリーズ



AF98-282

図 1 に今回開発した新形の電磁開閉器 NEO SC シリーズの外観を、図 2 に電磁開閉器生産累計 2 億台の歩みを示す。また、表 1 に富士電機の代表的な電磁開閉器の機種構成と今回開発した NEO SC シリーズの位置づけを示す。

## 2 富士電機開閉器の開発の歩み

富士電機は電磁開閉器のトップメーカーとして、ざん新な技術開発を織り込んだ、時代時代の要求を先取りした商品を提供し、電磁開閉器の歴史を創 (つく) り出してきたと自負している。図 2 から、電磁開閉器の技術開発の歩みを三つの時代に大別できる。

第一世代は1954年に RC3931-1 形電磁開閉器を開発してから、長寿命電磁開閉器 SRC シリーズを開発した1965年 (昭和40年) までの時代である。

RC3931-1 形電磁開閉器は、プランジャ形電磁石と二点切り方式の接点部をモールドケース内に収納した画期的な構造の商品であった。従来のクラッパ形電磁石と一点切り接点方式の構造を一新するもので、現在の電磁開閉器の基本構造を生み出した商品でもある。



田畑 進

高圧遮断器、低圧遮断器などの汎用電気機器の開発、設計に従事。現在、吹上工場器具設計部長。



加藤 信次郎

電磁開閉器、制御リレー、制御器具の開発試験、設計に従事。現在、吹上工場器具設計部課長。



石川 雅英

低圧回路遮断器、制御リレー、電磁開閉器などの汎用電気機器の開発企画、設計に従事。現在、機器・制御カンパニー機器事業部器具開発部主席。

図2 富士電磁開閉器生産累計 2 億台の歩み

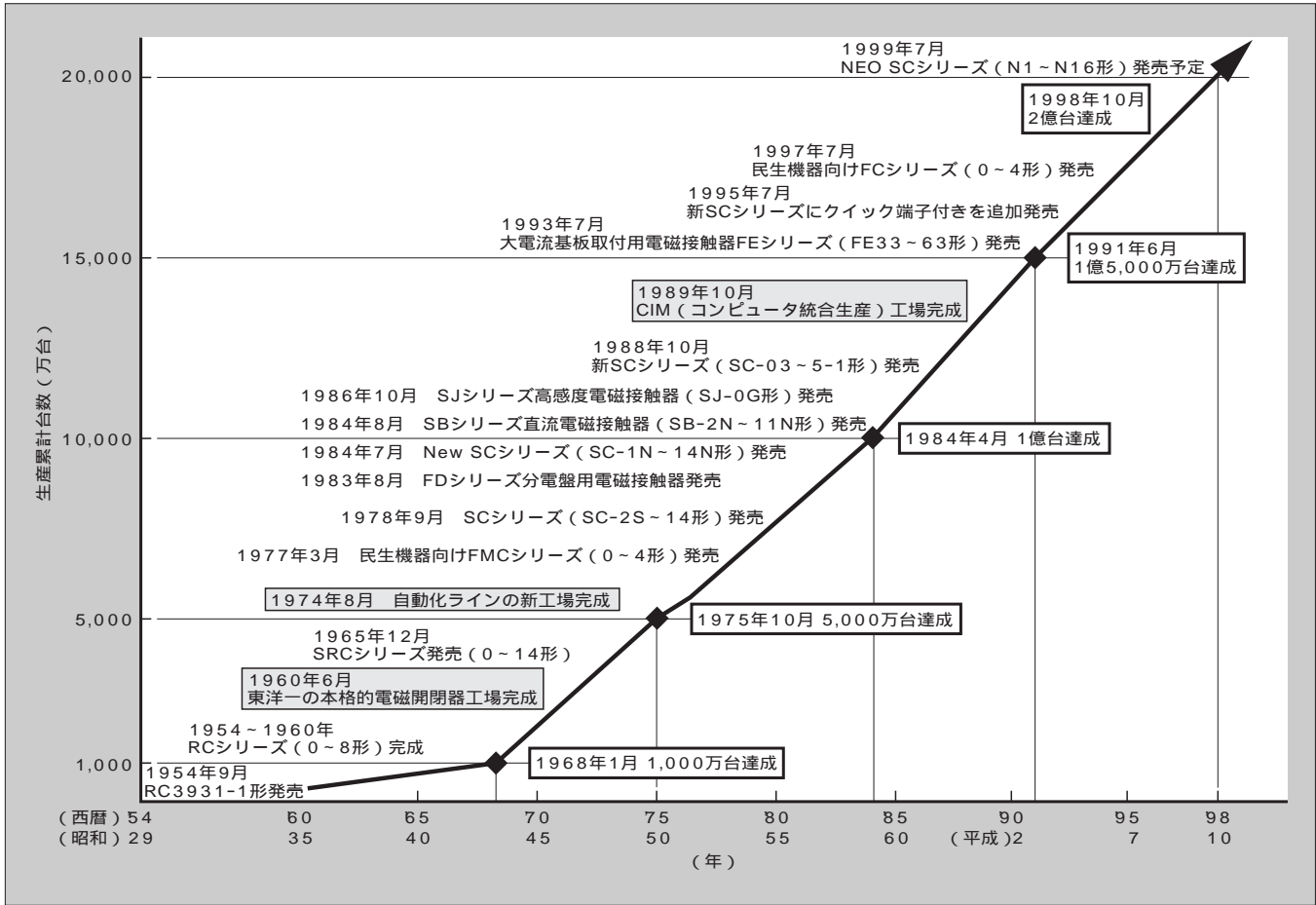


表1 富士電磁開閉器の代表的な機種構成

電動機容量 (kW) AC 200 V AC-3	2.2 ~ 4	5.5 ~ 15	18.5 ~ 110	150 ~ 200
定格使用電流 (A)	6 ~ 19	26 ~ 65	80 ~ 400	600 ~ 800
専用形 FC シリーズ	新 FC-0 ~ FC-4 IEC, UL/CSA			
	業務用民生用途 (特にエアコンディショナ用に最適) 電氣的寿命25万回シリーズ オプションユニットなし			
標準形 SC シリーズ	小容量 SC-03 ~ SC-5-1 IEC, UL/CSA	中容量 新 SC-N1 ~ SC-N3, SC-N4 ~ N12 IEC, UL/CSA	大容量 新 SC-N14, SC-N16 IEC, UL/CSA	
サーマルリレー TR, TK シリーズ	TR-0N, TR-5-1N, TK-0N, TK-5-1N IEC, UL/CSA	新 TR-N2, TR-N3, TR-N4 ~ N12, TK-N2, TK-N3, TK-N4 ~ N12 IEC, UL/CSA	新 TR-N14, TK-N14 IEC, UL/CSA	
	高機能形一般工業用途 電氣的寿命200 ~ 100万回シリーズ (SC-03 ~ SC-N11) オプションユニット各種装備, レール取付け機能, Positively Driven Contact (安全開離機能接点) スーパーマグネット装備 (SC-N5以上標準装備, SC-N1 ~ N4オプション装備)			

その後、市場のニーズは、産業界の自動化の進展に伴い、電磁開閉器の長寿命化を求めるようになった。SRCシリーズはこの要求にこたえた、長寿命で接点性能の大幅な向上を図った商品で、機械的寿命が500万回から1,000万回以上、電氣的寿命が50万回から100万回以上と、当時のJIS

で規定されていた性能を示す、最高の指標レベル A 級 1 号 1 種 (俗にエー・ワン・ワンと呼んでいた) を実現した。第二世代は小形化と運転信頼性の向上を狙った、昭和50年代のSCシリーズとNew SCシリーズ開発までの時代である。

当時、小形機種に比べ中・大形機種はまだ小形化が遅れていたが、富士電機は電磁石と開閉接点部の配置に着目し、小形化を図った SC シリーズを開発した。SC シリーズでは、従来のリンク機構を介して平面に配置していた電磁石と開閉接点部を、直接結合する上下配置とし、小形化を達成した。この構造では電磁石の開閉操作時の衝撃吸収が大きな技術課題となったが、この課題は固定・可動鉄心の軽量化と質量比の最適化設計を行い、U 字形固定鉄心と I 字形可動鉄心を組み合わせた、UI マグネットダブルコイル方式の開発で解決した。

また、この時代の市場要求は、工場設備の稼働時間の増大から稼働率の向上とともに機械設備の信頼性向上が望まれるようになったことである。この結果、電磁開閉器にも運転信頼性向上とメンテナンスフリーの思想が強く求められるようになった。

市場における故障の実態を調査した結果、電磁開閉器の不具合は電磁石部の不完全な動作に起因する接点部の損傷が多くを占めていることが判明した。

スーパーマグネットを搭載した New SC シリーズは、この課題解決のために生まれた電磁開閉器である。このスーパーマグネットは電磁石操作回路に操作電圧検出回路を備え、電子回路と一体となった電磁石駆動方式を特長としている。この駆動方式の特長は、操作回路の電圧降下に伴う電磁開閉器のばたつき動作など電磁石部と接点部に絡む不具合をなくすることができ、電磁開閉器の故障のミニマム化を達成したものである。

第三世代は1988年（昭和63年）に CIM（Computer Integrated Manufacturing）工場での自動化生産を可能とした小形新 SC シリーズのモデルチェンジを実施したときから今回の中・大形 NEO SC シリーズの開発に至るフレキシブル化、電子化対応、国際化対応の時代である。

この世代の技術動向と技術開発の詳細は次章以降に詳述するが、今回の新シリーズの開発で、富士電機の電磁開閉器は小容量から中・大容量に至るシリーズ全体としての、商品系列・仕様の最先鋭化を完了したことになる。

### ③ 電磁開閉器の技術動向と富士電機の対応

#### 3.1 市場動向

一般的な制御システムは、大別して、マンマシンインタフェースの機能を担う操作・表示機器、装置の状態を演算・制御部へフィードバックする検出機器、演算の結果を受けて機械・装置の負荷を駆動する出力機器があげられる。

電磁開閉器は、出力機器の一つであり、一般に誘導電動機の始動・停止を行う機器である。しかし、近年では制御システムの重要な構成部品として、PLC やインバータなど電子応用装置の使用回路やコンデンサ負荷開閉など幅広い分野で使用されている。

日本における電磁開閉器の生産高は、1990年度の年間生産台数約 1,900 万台、金額にして約 400 億円をピークに、近年の経済状況悪化の影響を受け落ち込んではいないが、

1997年度においても、台数約 1,700 万台、金額約 330 億円と、開閉制御機器のなかでは依然大きな市場を占めている。

このなかで注目すべきことは、海外輸出品の増加で、全生産金額に占める輸出比率は、1990年度の約 10 % が、1997年度には約 16 % と大きくなっていることである。これは国内需要の冷え込みによる輸出比率の高まり以上に、機械・装置メーカーなど需要家の海外への進出が大きな要因と考えられる。機械装置に組み込まれた間接輸出品を加えれば、さらに多くの電磁開閉器が海外市場で使用されているといえよう。

#### 3.2 電磁開閉器の技術動向と富士電機の対応

開閉制御機器の技術動向を論じるうえで、昨今の市場動向から国際性に富んだ商品開発と環境性を考慮した商品開発が重要である。

国際性に富んだ商品としては、WTO（世界貿易機関）の TBT 協定（貿易の技術的な障害に関する協定）締結により、日本・米国・欧州など主要工業先進国で運用されている各国規格が IEC 規格に整合することを義務づけられ、少なくとも IEC 規格に適合していることが求められる。

また、環境性を考慮した商品とは、気候変動枠組み条約第 3 回締約国会議（地球温暖化防止京都会議）で課せられた温暖化ガス削減のための規制強化策を受けて、企業規模で積極的に取り組んでいる環境保全や省エネルギーに貢献できる商品を指す。地球環境保護の観点から物作りのための生産活動が大きく変化しており、この動きに合致する商品開発が望まれている。

富士電機では開閉制御機器を取り巻く種々のニーズを、上述した国際性、環境性への適合に加え、重厚長大ならぬ「柔考超代」の造語で表現した四つのキーワードに要約できると考えている。これは、フレキシブル（「柔」軟であること）、インテリジェント（思「考」を備えたものであること）、ハイパフォーマンス（「超」高性能であること）、インタフェース（相手との整合がとれ、「代」用が可能なこと）の四つの市場ニーズを表している。商品開発の基本的な理念として、このニーズに適合させることが重要であると考えている。

電磁開閉器の技術動向として、具体的な課題は、仕様・機能のフレキシブル化、小形・軽量、省エネルギーなどの高性能化、電子化機器とのインタフェース対応、使いやすさの追求などの実用性能向上、IEC 規格など国際規格への完全な適合、環境性への取組み、があげられる。

##### (1) 仕様・機能のフレキシブル化

電磁開閉器の発達・普及につれて、需要家の機械装置・システムのなかで個々の使用目的に最適で、かつ機械装置の仕様変更に対応できる供給体制が求められてきている。これは、電磁開閉器の性能や機能が多様化した特殊仕様品を短納期で供給するという二律背反の要求にこたえることである。この傾向は、小容量電磁開閉器だけでなく大形機種などシリーズ全体での要求となっている。

表2 電磁開閉器に求められる性能向上と主要技術課題

				電磁開閉器の主要素と技術課題					
				電磁石	高効率電磁石の設計				
					負荷との整合が取れた吸引力				
				接点	バウンスの極少化				
					耐溶着性, 耐消耗性向上				
消弧室	高速アーク駆動								
	消弧カバーのモールド化								
新素材開発	磁界解析	運動解析	国際規格に標準品で適合する電磁開閉器	IEC適合 UL/CSA認証	小形化	軽量化	省エネルギー化	長寿命化	電磁開閉器に求められる性能向上
	コンピュータ解析による最適化設計技術								
ISO14001認証取得 環境マネジメントシステムにのっとり継続的な改善 製品開発アセスメント基準に従った新商品開発									

この課題解決には多品種・少量生産を可能とする電磁接触器生産ラインの構築が必要であり、それを容易に可能とする電磁接触器の構造設計との融合が重要である。同時に需要家先での仕様変更を可能とする構造開発が必須（ひつす）となる。

新形電磁開閉器は、電磁接触器本体の接点部、コイル部、電磁石部をユニット化する構造と、オプション品である補助接点、機械ラッチ、機械的インタロックなどを本体完成品に後から付加する革新的製品構造の採用で課題解決を図った。

(2) 高性能化への取組み

表2は、電磁開閉器に求められる高性能化の要求とこの要求性能を満足するために必要な主要技術課題の関連を示している。過去の電磁開閉器の開発・改良の歴史のなかでも「小形化、軽量化、省エネルギー化、長寿命化」は、大きな課題としてとらえられて高性能化が図られてきた。

昭和30年代から50年代にかけて、電磁開閉器の性能競争の争点は、接点性能と長寿命化にあった。その結果、定格電流の10倍以上の過電流開閉能力、1,200回/時以上の開閉頻度、機械的寿命1,000万回以上、電気的寿命100～200万回以上の性能を富士電機が業界に先駆けて実現した。この性能が、世界的な最高レベルの一つの基準として現在に至っている。

今日の性能向上は、この高度な性能を維持したうえでさらに「小形化、軽量化、省エネルギー化、長寿命化」をめざすもので、長年培われてきた電磁石設計、遮断部・消弧室設計などの主要素技術と最新のコンピュータ解析技術の著しい進歩が一体となって可能となった。磁界解析、構造解析、運動解析など、コンピュータシミュレーションによって最適化設計が可能となり、主回路電線を接続する端子部の大きさで外形寸法が決まるまでに小形化が進んできた。

特に NEO SC シリーズの開発では電磁力の過渡特性を考慮した電磁接触器のバウンスシミュレーション解析ソフトウェアを開発した。電磁気-機構の連成シミュレーション

技術を確認し、接点部と鉄心部を含めた運動解析で接点バウンスの極少化を図った理想的な構造設計が可能となった。

(3) 電子化機器とのインターフェース対応

制御システムと開閉制御機器は、マイクロコンピュータ技術をキーテクノロジーとして、市場ニーズの多様化にこたえて大きく様変わりをしている。電子応用機器は、マイクロプロセッサ、ICなどの進歩により、高機能化、高信頼性化が図られている。電磁開閉器に代表されるメカニカルな接点を保有する開閉制御機器は、PLCなどの電子応用機器とのインターフェース仕様の整合、例えば電磁開閉器の補助接点の低電圧・電流レベルでの高い接触信頼性が重要となっている。

今回の中・大形電磁開閉器の開発では、小容量電磁開閉器で達成した構造設計と生産技術をさらに追求して、シリーズ全体の補助接点の接触信頼性を5V、3mAまで適用可能なものとした。

(4) 国際化への対応

開閉制御機器に関する IEC 規格としては、IEC60947シリーズが存在する。また、電磁開閉器関連に関しては、IEC60947-1「通則」、IEC60947-4-1「電気機械式接触器及びモータスタータ」などが制定されている。IEC規格「通則」は、絶縁設計に対する絶縁距離の基準値の考え方として、機器の使用環境の汚染度と配電系統の位置から決まる過電圧カテゴリーで決定するインパルス耐電圧の概念を取り込んでいる。また、機器を操作する部分の温度上昇規定が定められるなど、従来の JIS とは大きく異なる安全思想が盛り込まれている。また、電磁開閉器の個別規格には短絡保護装置との保護協調の規定、サーマルリレーのトリップクラスの規定、3極3素子のみの規格化などが織り込まれた。

国内規格の国際規格への整合化の動きのなかで開閉制御機器の IEC 規格整合化も強力に推し進められ、1998年度には通則である JIS C 8201-1 が制定・発行の運びとなり、電磁開閉器の個別規格 JIS C 8201-4-1 も1999年には発行の予定である。新たに制定された JIS は、日本国内特有の配線事情や環境条件が異なることによる付加規定が存在する以外は原則として IEC 規格と同一である。

富士電機は、従来から IEC 規格に適合した電磁開閉器を供給してきたが、今回さらに標準品で UL/CSA 認証を受けているシリーズを開発した。

(5) 環境性への取組み

地球温暖化防止京都会議後、企業規模の温暖化ガス削減に向けたエコロジーへの気運が高まり、省エネルギー化、省資源化、リサイクル促進など環境保全に対する積極的な取組みが物作りの生産活動を大きく変化させようとしている。

富士電機は、早くから環境保全への積極的な取組みを推進してきた。その結果、1998年6月に国内全生産拠点で ISO14001 の認証取得を完了し、ISO14001 に基づく環境マネジメントシステムにのっとり継続的な環境保全対応活

表 3 新形電磁開閉器 NEO SC シリーズの形式と定格

シリーズ	電磁開閉器形式	電磁接触器形式	補助接点構成(標準)	定格容量 (kW)			定格通電電流 (A)	組合せサーマルリレー	
				三相ご形電動機 (AC-3)				形式	ヒータ定格電流 (A)
				220 V	440 V	550 V			
小容量	SW-03	SC-03	1a または 1b	2.2	2.7	2.7	20	TR-0N	0.1 ~ 13
	SW-0	SC-0	1a または 1b	2.7	4	5.5	20		
	SW-05	SC-05	2a, 1a1b または 2b	2.7	4	5.5	20		
	SW-4-0	SC-4-0	1a または 1b	3.7	5.5	7	25	TR-5-1N	0.1 ~ 18
	SW-4-1	SC-4-1	1a または 1b	4	7.5	9	32		
	SW-5-1	SC-5-1	2a, 1a1b または 2b	4	7.5	9	32		
中・大容量	SW-N1	SC-N1	2a2b	5.5	11	11	50	TR-N2	4 ~ 36
	SW-N2	SC-N2	2a2b	7.5	15	15	60		
	SW-N2S	SC-N2S	2a2b	11	22	22	80	TR-N3	7 ~ 95
	SW-N3	SC-N3	2a2b	15	30	37	100		
	SW-N4	SC-N4	2a2b	18.5	37	37	135	TR-N5	18 ~ 95
	SW-N5	SC-N5	2a2b	22	45	55	150		
	SW-N6	SC-N6	2a2b	30	55	55	150	TR-N6	45 ~ 125
	SW-N7	SC-N7	2a2b	37	75	75	200	TR-N7	45 ~ 160
	SW-N8	SC-N8	2a2b	45	90	110	260	TR-N8	65 ~ 185
	SW-N10	SC-N10	2a2b	55	110	132	260	TR-N10	85 ~ 240
	SW-N11	SC-N11	2a2b	75	150	160	350	TR-N12	110 ~ 450
	SW-N12	SC-N12	2a2b	110	200	225	450		
	SW-N14	SC-N14	2a2b	150	300	375	660	TR-N14	240 ~ 600
	—	SC-N16	2a2b	200	400	400	800	—	—

動の改善を推進している。

電磁開閉器も ISO14001 を取得した事業所で生産されており、新形 NEO SC シリーズ電磁開閉器の開発においては、「製品開発アセスメント基準」に従った新商品開発を行っている。

この製品開発アセスメント基準に従い、コイルの消費電力の大幅削減や小形軽量化を図り、需要家各位の環境保全への取組みに最大限にこたえられる商品になったと確信している。また、新生産ラインは、アイドリングストップなど、省エネルギーに配慮し、ハンドリング用口ポットや搬送コンベヤなどを他設備との共用化、転用を可能とする標準化を推し進めるなど、高効率稼働のうえ、ライフサイクルアセスメントによる対環境性を十分に考慮している。

4 新中・大形電磁開閉器 NEO SC シリーズの開発

4.1 開発の狙い

富士電機は2章で述べた技術開発・改良を通して、常に時代の要求にあった商品改良を進め、需要家の高い支持を得て今日に至っている。この間、高度成長期、オイルショック、銀価格の高騰、安定成長期、バブル崩壊による経済悪化時期を通して、小形化、高性能化、省銀設計、省エネルギー化そして使いやすさの向上など市場ニーズを先取りした商品改良を進め、産業界の設備の合理化・自動化に貢献し、業界をリードしてきた。

特に 3.7 kW 以下の小形新 SC シリーズは小形化、電子化・システム化対応、国際化対応に優れ、現在でも世界のトップ商品として需要家各位の高い評価を得ている。

中・大形機種も市場要求にこたえて種々の改良を加えてきたが、3章で述べたように電磁開閉器のニーズが多様化・高度化しているため、フレキシブルな小形機種の設計思想を取り込み、昨今の新たな市場要求である国際標準化、さらなる安全性の確保、環境性を考えた省エネルギー、エコロジー設計のため基本構造の見直しを行い、今回全面的なモデルチェンジを行った。

今回の開発は、これまで蓄積してきた設計・開発技術、適用技術、生産技術をベースに、市場ニーズにこたえるため、次のコンセプトの達成をめざした。

- (1) 国際規格への対応
 

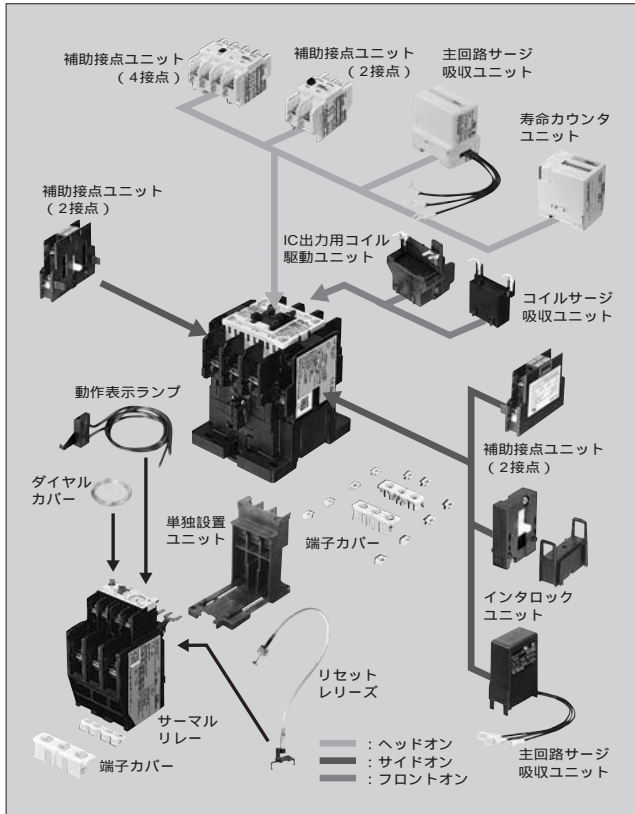
標準品で CE マーキング (IEC 規格対応), UL/CSA の国際規格および新たに制定された JIS 対応を実現する。
- (2) 安全性の確保
 

EC 指令対応のフィンガープロテクション構造, IEC 規格対応の短絡保護協調ならびにアークスペースフリーを実現する。
- (3) 使いやすさの向上
 

許容周囲温度 55℃, 各種オプションユニットの充実, レール取付け可能機種の拡大を図る。
- (4) 小形化, 省スペースの実現
 

奥行寸法, 取付床面積の縮小化を極限まで追求する。

図3 中形電磁開閉器のオプションユニット



4.2 仕様と定格

NEO SC シリーズは、AC200 V 5.5 kW 以上の中・大形電磁開閉器14機種、電磁接触器14機種、熱動形過負荷継電器（サーマルリレー）9機種で構成される。従来の3.7 kW 以下の小容量機種、SC-03 ~ SC-5-1 シリーズを加えたシリーズ全体の種類と定格を表3に示す。図3には、中形電磁開閉器のオプションユニットの構成を示す。

NEO SC シリーズの詳細ならびに関連商品であるソリッドステートコンタクタ、民生用の新形電磁接触器 FC シリーズについては、本特集号の別稿を参照いただきたい。

5 あとがき

以上、電磁開閉器の技術動向と NEO SC シリーズの開発について概要を紹介した。

新シリーズが需要家各位の施設、機械装置の自動化、合理化の進展と運転信頼性の維持に寄与できれば幸甚である。

電磁開閉器は制御システムの発展を支える重要なコンポーネントであることを十分に認識し、今後とも市場ニーズに着目し、新技術開発に力を注ぎ、積極的に商品の開発・改良に努める所存である。需要家および読者の方々のご指導・ご鞭撻（べんたつ）をお願いする。

参考文献

- (1) 龍治隆ほか：新 S シリーズ電磁開閉器・接触器，富士時報，Vol.51，No.11，p.570-582（1978）
- (2) 尾崎良二ほか：電磁開閉器の技術動向と New SC シリーズの開発，富士時報，Vol.57，No.12，p.727-734（1984）
- (3) 高松巖ほか：電磁開閉器の技術動向と新 SC シリーズの開発，富士時報，Vol.61，No.10，p.628-632（1988）

(5) 耐環境性の追求

コイル投入容量，消費電力の削減で省エネルギー達成，小形・減量化で CO<sub>2</sub> 削減を図る。

本シリーズの開発にあたっては，需要家のご意見，ご要望を広範に取り入れマーケットインの理念のもと，富士電機の総力をあげて，最新の生産体制で，最高の品質・納期・コストをお届けするもので，需要家各位のトータルコスト削減に寄与するものと確信している。





\*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。