

NEO SC シリーズ 新大形電磁接触器

古川 国幸(こがわ くにゆき)

乾 大輔(いぬい だいすけ)

笠原 廣敏(かさばら みつはる)

1 まえがき

電磁接触器は制御盤、機械装置などに多く設置され、電動機の直入れやスターデルタ始動に主に使用される。機械設備の自動化、多様化、制御の高精度化がますます進むなかで、昨今、インバータの電源回路の開閉などにも使われるようになるなど、その用途はより幅広く、電磁接触器の果たす使命は重要になってきている。したがって、電磁接触器にはさらなる運転信頼性の向上、省エネルギー化、長寿命化などが求められている。

富士電機の大形電磁接触器は1984年に運転信頼性を飛躍的に高めるスーパーマグネットを搭載した New - SC シリーズを世界に先駆けて市場に投入した。本技術は世界の主要メーカー各社がその後種々の形で技術開発、製品化の動きを進めるなどのインパクトを業界に与えるとともに、需要家における安定した設備の稼動・維持に大きく貢献できたと確信している。

また、昨今は急激な国際化の波のなかで、PL (Product Liability) 法や欧州安全規格 (EN 規格) など国内外の安全性に関する規定や、地球環境保全に関するエコロジーアセスメントに合致した商品への要求が高まってきている。

NEO SC シリーズ 新大形電磁接触器・開閉器 (N4 ~ N16。以下、新シリーズという) は、スーパーマグネットに最適な電磁石部を三次元有限要素法による動的解析技術を駆使して開発、またアークスペースフリーを実現した消弧機構部、外郭部への新開発のポリエステルプリミックス成形材料 (以下、BMC と称す) の適用など、最新の技術を活用して開発した。

また、本シリーズは、標準品で IEC 規格との整合を図った JIS 規格、CE マーキング、UL 規格に合致し、端子カバーなど安全性確保のためのオプションがさらに充実されており、グローバル化に十分対応可能な商品とした。図 1 にその外観を示す。以下にその特長、構造などを紹介する。

図 1 NEO SC シリーズ 新大形電磁接触器・開閉器の外観



AF98-282

2 特長

2.1 グローバルスタンダード

新シリーズは、IEC60947, EN60947, VDE0660 に適合し、UL, CSA, NK, LR, BV (一部認定取得中) などの各種規格を標準品で認定取得している。特に、従来機種では別形式で対応していた UL, CSA 規格品、EMC (Electromagnetic Compatibility) フィルタとの組合せ使用が必要だった CE マーキング対応品などは、すべて標準品での対応としている。

規格取得機種は、本特集号の別稿「NEO SC シリーズ 新中形電磁接触器」の表 1 (364 ページ) を参照いただきたい。

2.2 新スーパーマグネットによる運転信頼性の向上

電磁接触器は、需要家における実使用状態において、電源事情、電動機の始動・停止あるいは周辺機器の稼動などの要因による電圧変動にさらされる。特に電圧降下が大きいと接点のばたつき現象を生じ、接点の溶着、焼損事故に



古川 国幸

電磁開閉器の開発・設計に従事。
現在、吹上工場器具設計部課長補佐。



乾 大輔

電磁開閉器の開発・設計に従事。
現在、吹上工場器具設計部。



笠原 廣敏

電磁開閉器の開発・試験に従事。
現在、吹上工場器具設計部。

図2 新スーパーマグネットの回路構成

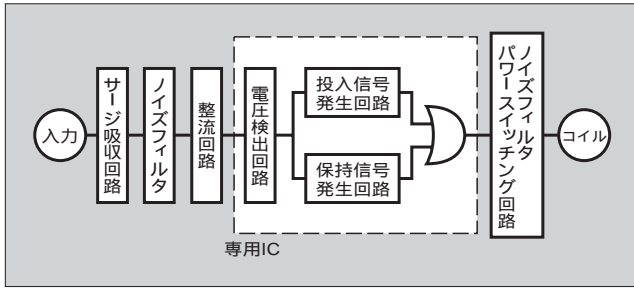
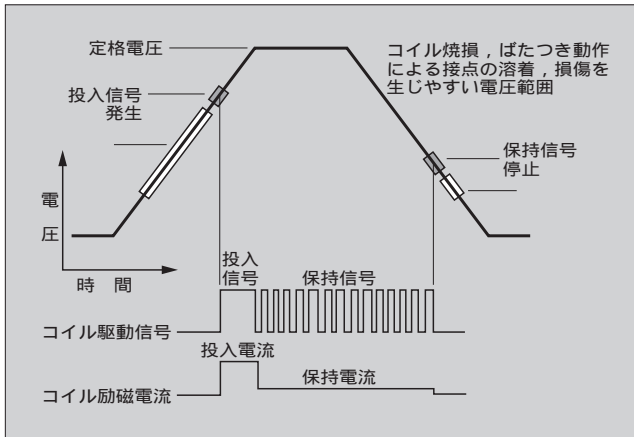


図3 スーパーマグネットの動作原理



至る場合がある。また、停電復旧時や瞬時停電時に多くの機器が一斉に再稼動したとき、電磁接触器の操作電圧が徐々に上昇したり降下したりする現象が発生する。その場合にも同様にばたつき現象を生ずる危険性がある。スーパーマグネットは、このような危険電圧領域を極力狭くし、かつ電圧検出機能を持たせることで安定した動作を実現したものである。

図2に新スーパーマグネットの回路構成を、図3にスーパーマグネットの動作原理を示す。従来形の主な特長である、コイル焼損、接点溶着や損傷防止、消費電力の大幅低減、広いコイル定格範囲、うなり防止、サージ吸収機能内蔵、に加え、新形では次のようにさらなる低消費電力化と低衝撃化を図り制御電源の小容量化、制御盤・配電盤の運転信頼性の向上など需要家にメリットある製品としている。

- 投入 VA を従来比約 60 % と大幅に低減
- 投入時衝撃を従来比約 80 % と大幅に低減

2.3 小形化と安全性の向上

(1) 小形化

電磁石の高効率化、消弧室の BMC 化、電磁開閉器用取付けベースの廃止などにより大幅に小形化を図っている。

(2) アークスペースフリー

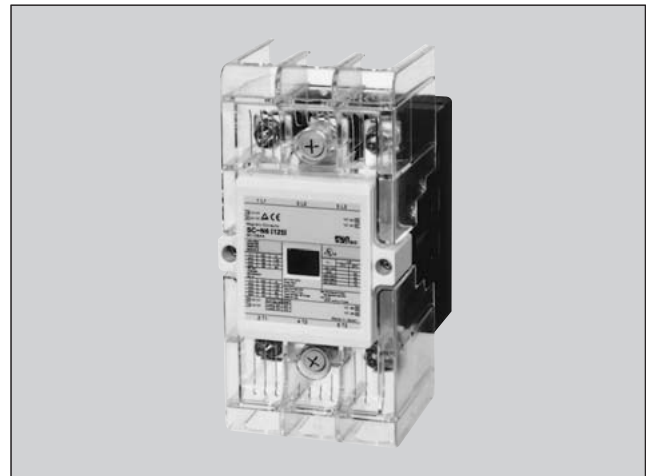
アーク冷却効果の高い新開発の BMC を採用した消弧室とグリッド形状および消弧室形状の最適化により、アークの吹出し口を従来の前面から上下方向に構造変更するとともに、アーク吹出し量を抑えることで消弧室前面のアーク

図4 相間バリヤ取付け状態図



AF99-183

図5 端子カバー取付け状態図



AF99-162

スペースフリーを実現した。これにより、実質的な奥行寸法を大幅に低減している。

(3) 相間の絶縁を強化する相間バリヤを用意

導電性の落下物や悪環境での相間短絡を防止する相間バリヤをオプションで用意している。図4にその外観を示す。

(4) 端子カバー類の充実

配線作業後、簡単に装着可能なフィンガプロテクション対応の端子カバー、および充電部保護カバーを電磁接触器・電磁開閉器全形式にオプションで用意しており、安全性の確保に柔軟に対応できる。代表形式の外観を図5に示す。

(5) 短絡強度の増強

IEC 規格では電磁接触器と短絡保護装置との保護協調について規定している。適用できる短絡電流は、規格で規定されている「r」とメーカー保証の「Iq」に区分され、さらに保護の程度により「Type1」と「Type2」に区分されている。

Type1 は周辺に影響を及ぼさない範囲で電磁接触器にダメージがあってもよく、取換えが許される。一方、Type2 は電磁接触器の軽微な溶着は許されるが、全体としてほとんどダメージがないことを要求している。

新シリーズでは相間絶縁の強化、消弧室の強度向上およ

表 1 短絡保護装置との組合せ

分類と形式				「r」適用における保護装置の組合せと形式						「Iq」適用における保護装置の組合せと形式							
電磁 開閉器	電磁 接触器	サーマルリレー		Type 1			Type 2			Type 1			Type 2				
				推定 短絡 電流 「r」 kA	富士配線用 遮断器	推定 短絡 電流 「r」 kA	富士低圧限流 ヒューズ	IEC269-1 gG and gM ヒューズ	推定 短絡 電流 「Iq」 kA	富士配線用 遮断器	推定 短絡 電流 「Iq」 kA	富士低圧限流 ヒューズ	IEC269-1 gG and gM ヒューズ				
		形式	定格 電流 A											形式	定格 電流 A	形式	定格 電流 A
		SW-N1	SC-N1	TR-N2/3 TK-N2	24-36	3	SA63B/ 60	60	3	BLA075	75	50	18	SA103RA/ 60	60	50	BLA075
SW-N2	SC-N2	TR-N2/3 TK-N2	32-42	EA103B/ 75	75		BLA075	75		50	SA103RA/ 60	60		BLA075	75		50
SW-N2S	SC-N2S	TR-N3/3 TK-N3	34-50	EA103B/ 100	100		BLA075	75		50	SA103RA/ 100	100		BLA075	75		50
SW-N3	SC-N3	TR-N3/3 TK-N3	44-68	5	EA203B/ 125	125	5	BLA100	100	80	25	SA103RA/ 100	100	50	BLA100	100	80
SW-N4	SC-N4	TR-N5/3 TK-N5	52-80		EA203B/ 150	150		BLA125	125	100		SA103RA/ 100	100		BLA125	125	100
SW-N5	SC-N5	TR-N5/3 TK-N5	85-105		EA203B/ 175	175		BLA150	150	125		H203B/ 150	150		BLA150	150	125
SW-N6	SC-N6	TR-N6/3 TK-N6	85-125	10	EA203B/ 225	225	10	BLA200	200	160	25	H203B/ 225	225	50	BLA150	150	125
SW-N7	SC-N7	TR-N7/3 TK-N7	110-160		SA403B/ 350	350		BLA200	200	160		H203B/ 225	225		BLA200	200	160

図 6 見やすい表示



び独特のガス抜き構造により短絡強度を増強して被保護性能の向上を図った。その結果、表 1 に示すような適用が可能である。

2.4 使いやすさの向上

(1) 使用周囲温度を 55 に拡大

電磁接触器が設置される環境は厳しさが増し、装置や制御盤の小形化や密集配列により許容周囲温度の拡大が求められている。新シリーズは電磁石の効率化による損失低減と通電部の強化により 55 まで適用を拡大している。

(2) 高信頼性補助接点の採用

制御回路は、プログラマブルコントローラ (PLC) など電子応用機器の普及で、低電圧・低電流化が進んでいる。また、外部環境および他機器からのじんあいによる接触障害に対する対策が求められている。新シリーズの補助接点は、内部で発生するプラスチックの摩耗粉の極小化と防

図 7 追加補助接点ユニット取付け状態図



AF99-195

じん構造の採用および高信頼性の双接点により、DC5 V 3 mA に対応可能としている。

(3) 定格前面表示

新シリーズの定格表示は、前面からすべて確認できるように、消弧室前面に集約して表示している。また銘板には、シリーズの統一性を持たせるため、オレンジラインを配している。外観を図 6 に示す。

(4) 保守点検がしやすい構造

接触子交換時のねじ脱落防止構造の採用はもとより、従来形ではできなかった前面からのコイル交換方式を採用するなど、保守点検がしやすい構造としている。

(5) 追加補助接点ユニットのワンタッチ取付け化

従来の締付ねじを廃止し、ワンタッチ取付けとしている。また、N4 から N12 までを共用化するとともに端子ねじサイズを M3.5 で統一しており、制御系の配線時の仕分けな

どを不要にしている。外観を図7に示す。

(6) 取付け寸法の統一

SC-N4 ~ N7 の電磁開閉器は、熱動形過負荷継電器（サーマルリレー）を電磁接触器に直接組み合わせる構造として

いる。そのため従来のような鉄板ベースがないため、電磁接触器と同一取付穴で取り付けられる。需要家での図面製作、穴あけ加工簡素化に寄与できると考える。

表2 新大形電磁接触器・開閉器の製作機種

機種	フレームサイズ	形式	NEO SCシリーズ											
			N4	N5	N6	N7	N8	N10	N11	N12	N14	N16		
電磁接触器	ケースカバーなし	標準形	SC-											
		可逆形	SC- RM										—	
		直流操作形	SC- /G	注	標準形が適用できる									
		スーパーマグネット形	SC- /SE		標準形が適用できる									
		機械ラッチ形 (交流・直流両用操作)	SC- /VS	注										—
		低電圧補償形	SC- /U		標準形が適用できる									
	ケースカバー付き	標準形	SC- C											—
		可逆形	SC- RMC								—	—	—	—
		低電圧補償形	SC- C/U		標準形が適用できる									
		防じん・防食形	SC- LG								—	—	—	—
電磁開閉器	ケースカバーなし	標準形	SW-										—	
		可逆形	SW- RM										—	
		直流操作形	SW- /G	注	標準形が適用できる									
		スーパーマグネット形	SW- /SE		標準形が適用できる									
		低電圧補償形	SW- /U		標準形が適用できる									
		サーマルリレー3素子付き	SW- /3H											—
		重負荷始動用	SW- /2L											—
		速動形サーマルリレー付き	SW- /3Q			—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ケースカバー付き	2Eサーマルリレー付き	SW- /2E											—
		標準形	SW- C											—
		可逆形	SW- RMC								—	—	—	—
		低電圧補償形	SW- C/U		標準形が適用できる									
		防じん・防食形	SW- LG								—	—	—	—
		サーマルリレー3素子付き	SW- C/3H											—
	2Eサーマルリレー付き	SW- C/2E											—	

注 SC-N4/SE にて製作する。

表3 新大形電磁接触器・開閉器の定格

定格	形式	電磁接触器										
		SC-N4	SC-N5	SC-N6	SC-N7	SC-N8	SC-N10	SC-N11	SC-N12	SC-N14	SC-N16	
定格容量 (kW)	三相かご形電動機 (AC-3)	200~240 V	18.5	22	30	37	45	55	75	110	150	200
		380~440 V	37	45	55	75	90	110	150	200	300	400
		500~550 V	37	55	55	75	110	132	160	225	375	400
定格使用電流 (A)	三相かご形電動機 (AC-3)	200~240 V	80	93	125	152	180	220	300	400	600	800
		380~440 V	80	90	110	150	180	220	300	400	600	800
		500~550 V	60	90	90	120	180	200	230	360	600	720
	抵抗負荷 (AC-1)	200~240 V	135	150	150	200	260	260	350	450	660	800
		380~440 V	135	150	150	200	260	260	350	450	660	800
定格通電電流 (A)		135	150	150	200	260	260	350	450	660	800	

注1 AC-3の電氣的開閉耐久性(寿命)は、N4~N11が100万回、N12~N14が50万回、N16が25万回である。

AC-1の電氣的開閉耐久性(寿命)は、N4~N14が50万回、N16が25万回である。

注2 AC-1および定格通電電流は電磁接触器に適用する。

注3 適用盤内温度は55 以下である。

③ 種類と定格

新シリーズの製作機種を表 2 に、定格を表 3 に示す。

製作機種は、新たに交流操作専用機種 (SC-N4) を標準として加え、スーパーマグネットタイプ (SC-N4/SE) を準標準として機種の充実を図っている。また、前述のオプションとの組合せで多様なニーズに対応可能な機種ぞろえとしている。

④ 構造

新シリーズは、より高効率化した直流専用電磁石と電子駆動装置で構成される新スーパーマグネット、性能を向上させた新アーク駆動方式と遮断アークの冷却効果を高めた BMC 消弧室で構成される消弧機構部および高強度モールド材料で構成されるフレームの大きく分けて三つの新要素

図 8 新旧電磁石の外観比較

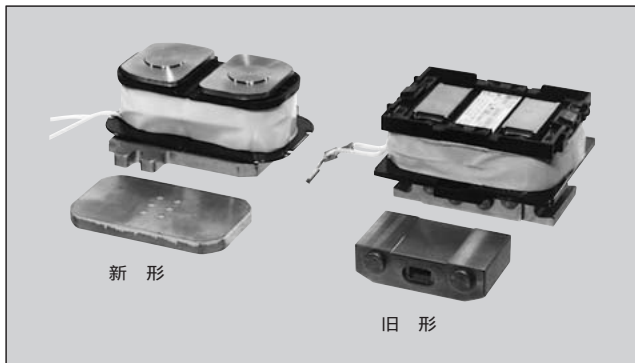
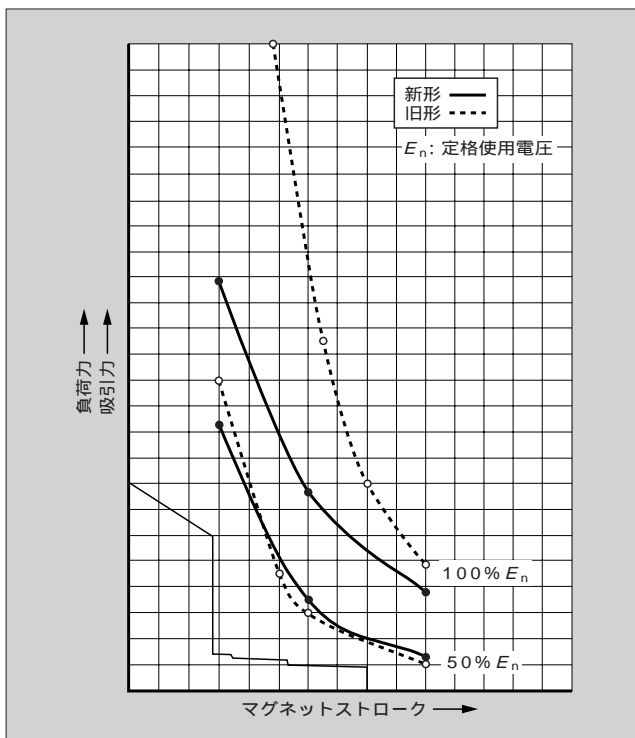


図 9 新旧電磁石の負荷力と吸引力特性の比較



で構成しており、以下にその特長を述べる。

4.1 スーパーマグネット専用電磁石

図 8 に新旧電磁石の外観を示す。従来形のケイ素鋼板を積層した交流用電磁石と電子駆動装置の組合せ方式に対し、鍛造による一体構造の鉄心と接極面にポールピースを備え

図 10 磁束密度の分布

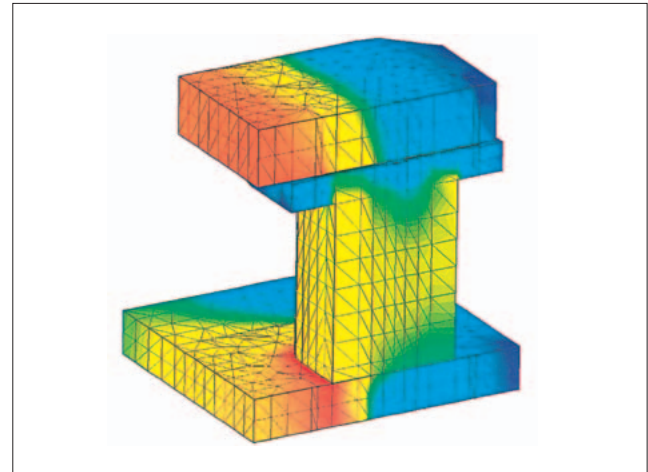


図 11 磁束の流れ

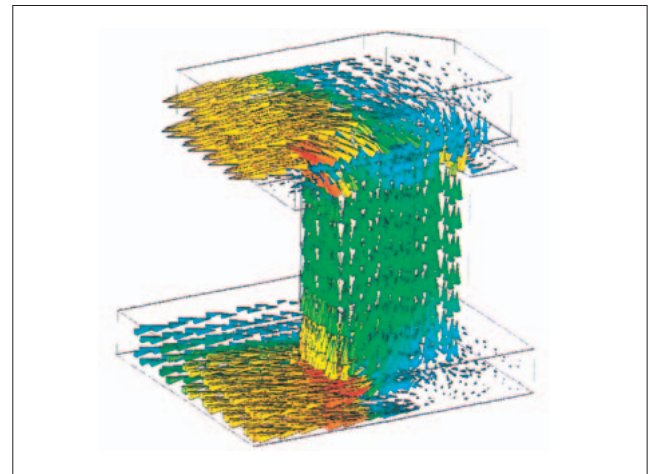


図 12 励磁電流および動作変位の解析例

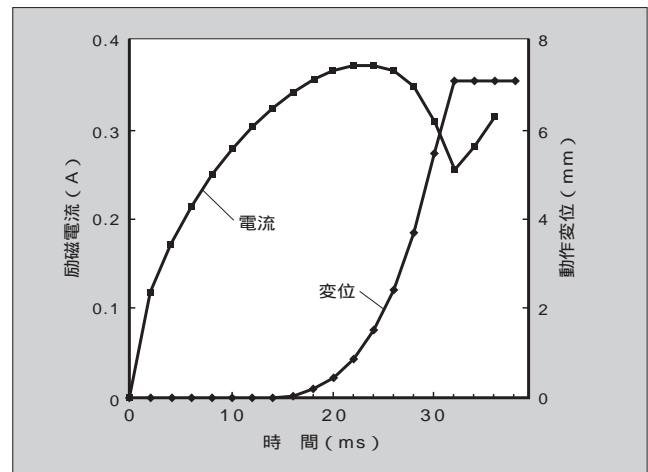
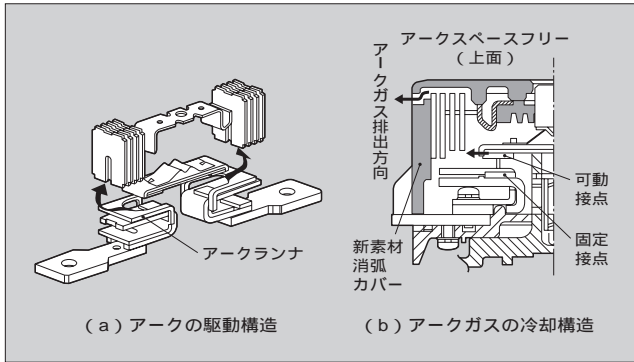


図 13 新消弧構造



たことを特長とする直流専用電磁石と電子駆動装置との組合せ構造としている。新電磁石はコイルから発生する磁束を効率よく鉄心に通すことで吸引力を大幅に増加させている。また、電磁接触器のスプリング特性と吸引力特性の関係を最適化し、電磁石に無駄な負荷を与えないようにすることで、最小の消費電力で最適な動作をする電磁石を実現している。図9に新旧の吸引力特性比較を示す。これにより、可動部の投入速度が従来比約20%減少し、取付盤への衝撃が約20%減少、投入時の衝撃音の低下、接点バウンスの減少、機械的寿命の向上を実現している。

新電磁石の開発にあたっては、社外研究機関と共同で進めてきた最新の有限要素法による三次元磁界解析技術を駆使し、電磁石の磁束分布、磁束の流れ、吸引力特性の最適化を行った。また、電磁接触器の基本動作の緒元である励磁電流、動作変位などの時間経過ごとの変化をコンピュータによりシミュレートする動的解析技術を開発し、従来実施してきた試作品による緒元の確認、およびその繰返し作業を行うことなく最適化した基本設計を可能にした。これにより非常に効率のよい電磁石を実現している。解析の一例として、磁束密度の分布、磁束の流れを図10、図11に示す。また、励磁電流、動作変位の動的解析例を図12に示す。

4.2 電子駆動装置

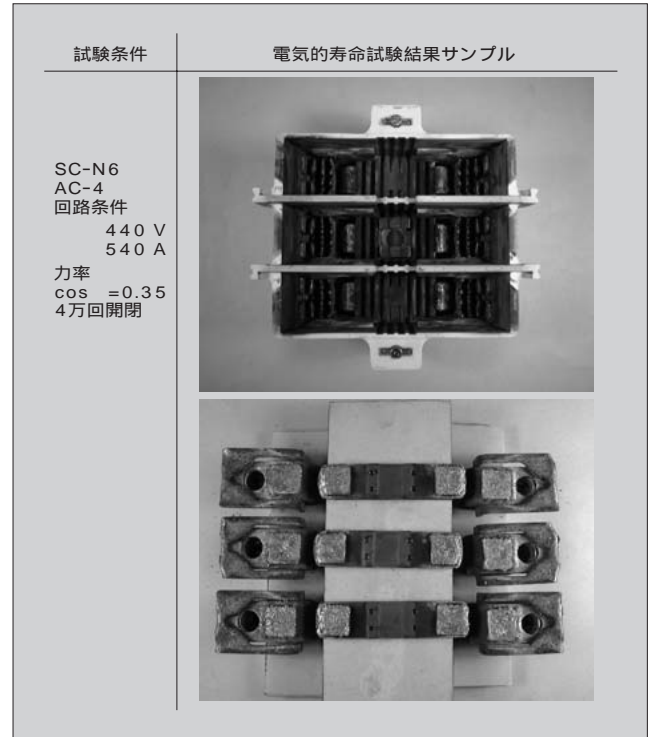
従来形は、発売後約14年が経過し、需要家における使用環境や、世界的規模での安全性の要求仕様に差が生じてきている。特に、IEC規格、CEマーキングに代表される使用材料の難燃性の向上、電撃に対する保護、EMC指令などに対応した製品の供給が重要な課題となっている。

新シリーズは従来の特長を継承しながら次に述べる新機能の付加、新材料の適用などにより、IEC60947、EN60947に標準品で対応し、さらにUL・CSA規格にも標準品で対応している。

(1) EMC対応低ノイズ回路方式

電子駆動装置は前述した機能に加え、投入動作後はコイルの電流を保持に必要なだけに低減する機能を有している。これは、電子駆動装置によりチョッパ方式とすることで実現している。また、スイッチング素子にパワーMOSFETを採用して、駆動回路の低消費電力化も図っている。EMC

図 14 電氣的寿命試験結果の例



に関してはノーマルモードコイルおよびフィルタコンデンサ(線間挿入)の容量アップにより、約300kHz以下のノーマルモードノイズを抑制するとともにソフトスイッチング機能により高周波電流のアースへの漏れを低減している。これによりCEマークなどの規格対応を標準品で可能とした。

(2) 新注型樹脂の開発

開閉時の耐振動強化などのためプリント基板ユニットは樹脂封止している。封止樹脂にはモールド材料と同様に耐熱性、耐トラッキング性、高絶縁性が要求され、かつ低弾性率が必要条件である。従来形の樹脂に比較して特に耐熱性の優れた封止樹脂を樹脂メーカーと共同で開発し、新シリーズに適用した。

この樹脂の弾性率は従来樹脂と同等であり、かつ接着性を向上させており、耐湿性にも優れている。

4.3 新消弧構造

図13に新消弧構造を示す。長年の研究と実績に裏付けされた最適なグリッド配置と、アーク駆動能力に優れた磁極板・接触子構造の基本技術をベースに、BMC消弧室、新接点材料を開発し、その組合せの最適構造化を図っている。これにより、400V以上の適用容量をアップさせながら消弧室前面へのアークの吹出しを防止しアークスペースフリーを実現している。

(1) 消弧室用モールド新材料開発

従来形の消弧室には耐熱・耐アーク性に優れたセラミックスを使用してきたが、新シリーズ(SC-N4～SC-N12)には新開発のBMCを採用している。以下に特長を紹介するが、詳細は本特集号の別稿「新形高低圧電磁接触器用絶

縁材料」を参照いただきたい。

- UL 規格取得の高難燃グレード 94V-0, 高耐アーク性, 高耐トラッキング性
- 自己消弧性による安全性の向上
- 最適構造によるアークガス処理性能の向上
- 破損しにくく取扱い性向上
- 小容量機種と色調をライトグレーに統一。盤内の質感向上に貢献

(2) 新アーク駆動構造

モールド消弧室の特長を生かすために、アークを速やかに接点面から移動させるとともに、モールド消弧室内壁を保護する新磁極板・グリッドを開発した。新しい磁極板形状は全体はコ字状で固定接点部を囲む Y 字溝を備えているのが特徴で、これによりアーク駆動力を高め、速やかにアークを接点面から磁極板に移動させるとともに Y 字溝を走らせることにより、接点消耗および消弧室内壁消耗を防止している。また、グリッド板は 690 V での遮断にも十分な枚数と配置で構成され、かつアークの冷却効果を高め

ガスの噴出を極力少なくする形状としている。この構造による電氣的寿命試験結果例を図14に示す。

(3) 新接点材料の開発

耐消耗性、耐溶着性に優れた新無公害接点材料を開発し、新アーク駆動構造と相まって従来形と同等以上の寿命を実現している。

5 あとがき

国際化の波や厳しい経済情勢のもと、それにこたえるべき製品を開発した。しかし激動の時代であり、常に市場の要求にこたえるよう努力していく所存であり、需要家各位のご指導をお願いする次第である。

参考文献

- (1) 村山功ほか：運転信頼性を高めたスーパーマグネット，富士時報，Vol.57，No.12，p.735-744 (1984)

最近登録になった富士出願

〔特 許〕

登録番号	名 称	発明者	登録番号	名 称	発明者
2140495	回路遮断器の開閉機構	尾崎正志朗 朝日 信夫 海老澤恒雄	2900656	自動販売機の扉施錠装置	阿部 順一
			2900685	短絡発電機の固定子プレスリングの固定装置	川俣 和弘
2900055	自動販売機における商品取出口の照明装置	森川 晃	2900740	板状部材用の搬送装置	曾根原達彦
2900059	自動販売機の制御装置	楨田 幸雄 田中 幸博 横山 仁司 杉野 一彦	2901020	データ通信方式	山田 隆雄
			2901393	家畜用歩行通過型体重測定装置	中村 雄有 井上 富生
2900065	プログラマブルコントローラのプログラミング装置	新居 俊夫	2902138	誤読文字修正方法	小倉 一郎 紺野 章子 松井 伸二
2900071	プログラマブルコントローラのプログラミング装置				
2900073	プログラマブルコントローラシステム	大森 重信	2902696	図形表示方式	竹中 道夫 植木 芳照
2900093	ノーリングング着信検出回路	沼上 毅昇 神崎 毅昇	2902717	プラズマエッチングによる半導体基体の加工方法	三ツ谷晴仁 後藤 友彰
2900099	オープンショーケースの除霜制御装置	石丸 恵一 中谷 智良	2902943	薄膜光電変換素子の製造装置	清藤 真次
2900625	自動販売機の電源接続装置	冠野 恭範	2902944	薄膜光電変換素子の製造装置	清藤 真次 相樂 広均 清水 均
2900653	自動販売機の商品ラック扉	伊藤 敏成			



*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。