

ソリッドステートコンタクタ

石川 雅英(いしかわ まさひで)

田中 順造(たなか じゅんぞう)

清水 都美雄(しみず とみお)

1 まえがき

昨今の電気器具の電子化は非常な勢いで進んでおり、電磁接触器に対しても無接点化が強く求められてきている。その要求の内容は、①高頻度の開閉に耐えられる接触器 ②電氣的、機械的寿命の長い接触器 ③無保守に耐えられる接触器 ④開閉時の騒音がない接触器などである。

富士電機はこのような要求にこたえて、昭和60年1月、ソリッドステートコンタクタ(以下、SSCと略す)SSシリーズ、AC220V、20~50Aを発売した。そしてこのSSシリーズは、①制御回路に電圧検出機能を内蔵している ②交流操作が可能である ③補助接点を持っているなどの特長を有し、従来の有接点式電磁接触器の使用方法をできる限りそのまま踏襲させたことで、市場において好評を博している。

今回、このSSシリーズを更に充実させるため、大容量形SSC(AC220V 80A品)、高定格電圧形SSC(AC440V 30~50A品)、各極独立制御形SSC、オプションユニット(可逆ユニット、異常検出ユニット)を開発したので、その概要を紹介する。

図1、図2に今回開発したSSC及びオプションユニットの外観、外形を示す。

2 SSC SSシリーズの特長と構造

SSCは電磁接触器の接点に相当するパワー素子から成る主回路部と、操作電磁コイルに相当する制御部の二つのブロックで構成されている。

主回路素子を構成するパワー素子は、1相当たり2個のサイリスタチップから成り、それぞれは逆並列に接続、配置されている。サイリスタチップのピーク繰返しオフ電圧(V_{DRM})は、AC220V 80A品が700V、AC440V 30~50A品が1,600Vの定格を持ち、また、定格負荷時における1サイクルサージオン電流(I_{TSM} , 50Hz)は、SSCの定格通電電流に対し、約20倍の容量がある。

制御部は入力モジュール、点弧モジュール、スナバモジ

図1 SSC及びオプションユニットの外観

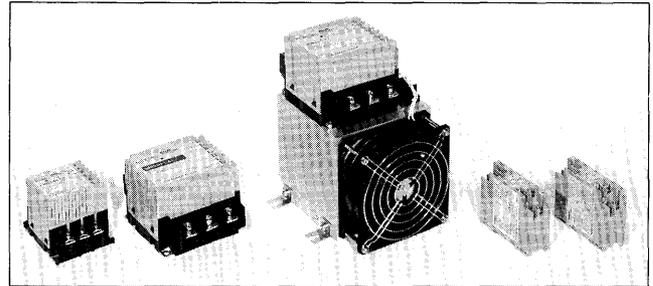
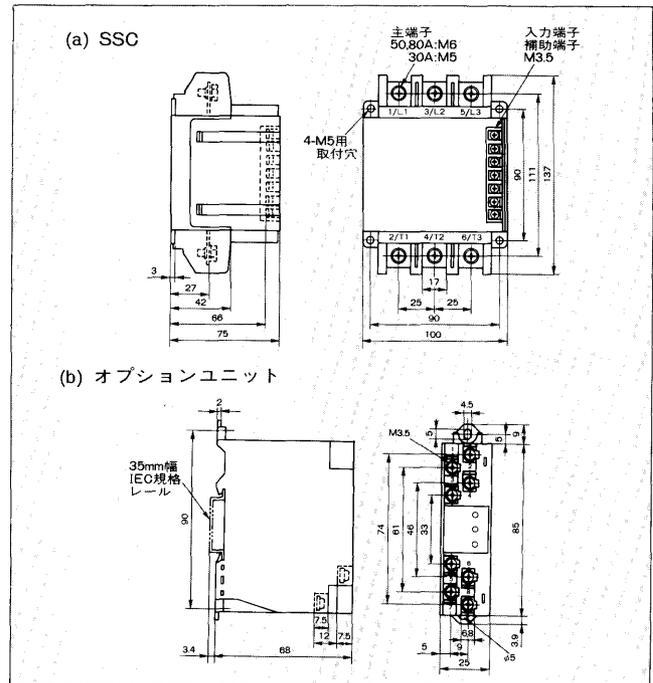


図2 SSC及びオプションユニットの外形



ュールから構成され、それぞれ3種類のプリント基板に組み込まれている。粉体塗装で絶縁した点弧モジュールは、シングルインライン形の部品にまとめ、3相分3個をスナバモジュール用プリント基板に搭載している。そして、交流操作で電圧検出回路を持つ制御回路や主回路の動きと同期する補助接点など、特長のある機能を内蔵している。



石川 雅英

昭和40年入社。低圧回路遮断器、制御リレー、電子化機器の開発・設計に従事。現在、吹上工場器具設計部課長補佐。



田中 順造

昭和46年入社。電子応用製品の開発・設計に従事。現在、吹上工場器具設計部。



清水 都美雄

昭和44年入社。制御リレー、電子化機器の開発・設計に従事。現在、吹上工場器具設計部。

図3 SSCの構造

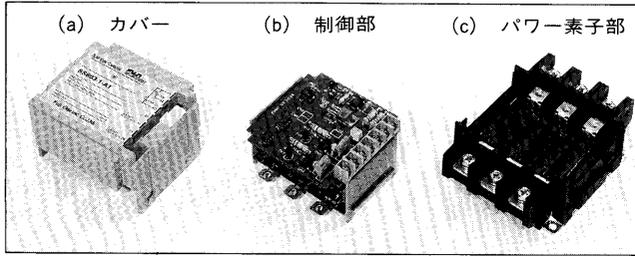


図4 ファン付冷却フィンの外観

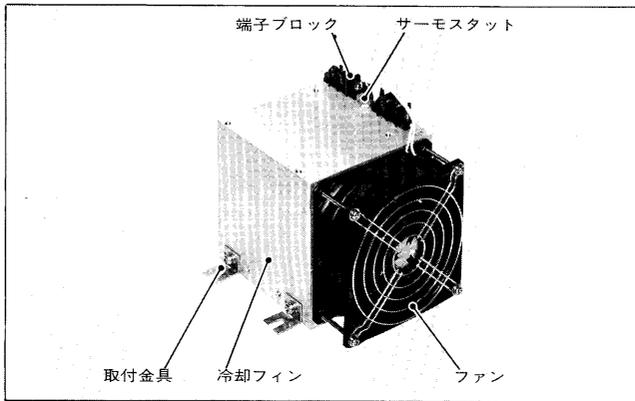


図3にSSCの構造を示す。

なお、このSSCの特長と構造は、従来のSSシリーズとほぼ同一であるので、詳細は既発表の富士時報 Vol.57, No. 12, 1984を参照して頂くこととし、本稿では今回開発した商品固有の特長と構造について説明する。

2.1 大容量形SSC

AC220V 80A品にはファン付冷却フィンを準備している。これは、このSSCに定格通電電流を流した時の発生損失が約200Wであるので、自然冷却では十分な放熱が得られず、ファンを利用した強制冷却方式の採用が必要になったためである。

また、一般にこの種の冷却用ファンの寿命は周囲温度60℃での連続運転で約3万時間であり、SSCとファンの寿命の協調を図るため、SSC焼損防止用のサーモスタットをフィンに標準装備した。ファン故障、ファン操作回路の停電などで、ファンが停止し、SSCが異常温度上昇した場合、約100℃に設定してあるサーモスタットが動作する。そして1b接点の出力を利用し、SSC操作回路を開路したり、警報回路を働かすことが可能である。更に冷却フィンの表面にファン操作回路とサーモスタット出力用の端子ブロックを取り付け、配線作業が容易に行えるようにしている。図4にファン付冷却フィンの外観を示す。

2.2 高定格電圧形SSC

AC440V 30~50A品は、1,600Vの耐電圧 (V_{DRM}) を持つパワー素子と点弧モジュールの耐電圧 (V_{DRM}) の協調を図るため、点弧モジュールにサイリスタ2段直列接続、スナバモジュールにゼットラップ2段直列接続方式を採用し

図5 SSC400V主回路構成

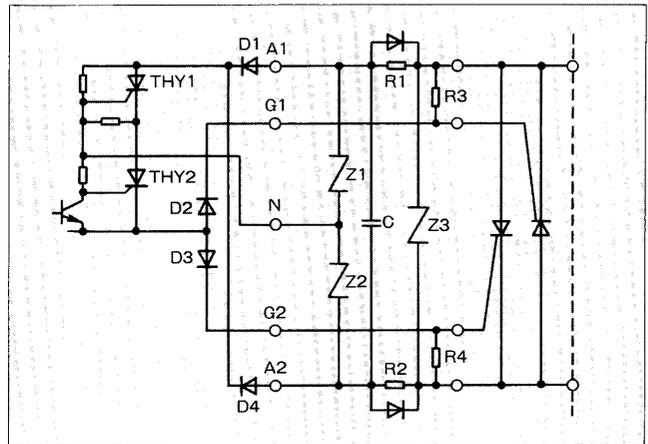
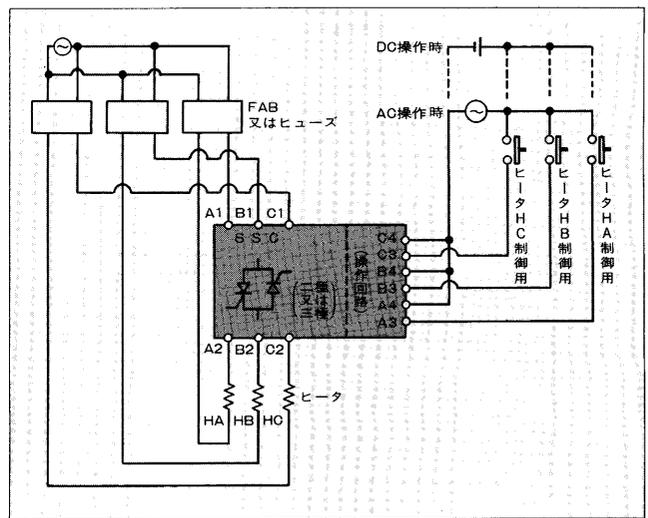


図6 単相ヒータを3個制御する場合の接続例



た。その回路構成を図5に示す。

この回路においてはパワー素子のサージ電圧保護は、ゼットラップZ3, 抵抗R1, R2及びコンデンサCで構成するスナバモジュールで行い、点弧回路は小容量サイリスタTHY1, THY2の2段直列接続でトータル1,200Vの耐電圧にするとともに、サージ電圧保護はゼットラップZ1, Z2で行うように構成されている。この構成により、主回路にサージ電圧が発生すると、パワー素子の両端はスナバモジュールで1,600Vに抑制され、その時点弧モジュール間は1,200V以下に抑制され、耐電圧協調がとれる。

一般に小容量サイリスタは耐電圧600Vが限界であり、それ以上の製品は高価で、外形寸法が大きく、SSCに内蔵することが難しかったが、本方式の採用で安価で小形化を図るとともに、耐電圧を上げることも可能となった。

なお、本SSCはAC220V 80A品と同一外形寸法である。

2.3 各極独立制御形SSC

標準形SSCと同一のベース、カバー内に2~3組のパワー素子を内蔵し、各素子を個別にオン・オフ制御可能にしたもので、単相ソリッドステートリレー(以下、SSRと略

す)を2~3個一体にまとめた機能を持っている。

SSR を多数使用する時と比べ、取付床面積を大幅に減少でき、また取付、配線作業も容易に行えるなどのメリットがある。図6に単相ヒータを3個制御する場合の接続例を示す。なお、使用する冷却フィンが標準品と同一である。

2.4 オプションユニット

2.4.1 可逆ユニット

可逆ユニットはSSC(SS□-1-A1形)2台と組み合わせ、電動機の正逆運転制御を行うもので、SSCの同時投入防止のためのインタロック回路と、正逆切換時間を100msに設定したタイマ回路を内蔵している。

図7はこの可逆ユニットを使用した場合の制御回路の接続例である。この可逆ユニットの制御端子数は正転、逆転、共通の3端子方式なので、電源入力端子を個別に持つ従来の4端子方式と比較し、配線が容易で、耐ノイズ性に優れている。

2.4.2 異常検出ユニット

異常検出ユニットは、SSCの負荷側の線間電圧を異常検出の入力電圧として監視し、主回路サイリスタチップが導通モード及び開放モードで故障した場合に出力接点を動作させ、また異常検出表示用LEDを点灯する。

異常検出の内容は、SSC操作入力オフ時は主回路サイリスタのうち、2ないし3回路が導通モードで故障したとき、SSC操作入力オン時は主回路サイリスタの一部が開放モードで故障したとき、それぞれ異常として判断する。

図8は異常検出ユニットを使用した場合の接続例であり、異常発生時は、SSCの上位に接続した電磁接触器あるいは配線用遮断器で主回路を遮断させている。

また、各々のユニットはねじ締め取付、レール取付兼用の構造となっており、レール取付装置は35mm幅のIEC規格に合致する。

図7 可逆ユニットを使用した場合の接続例

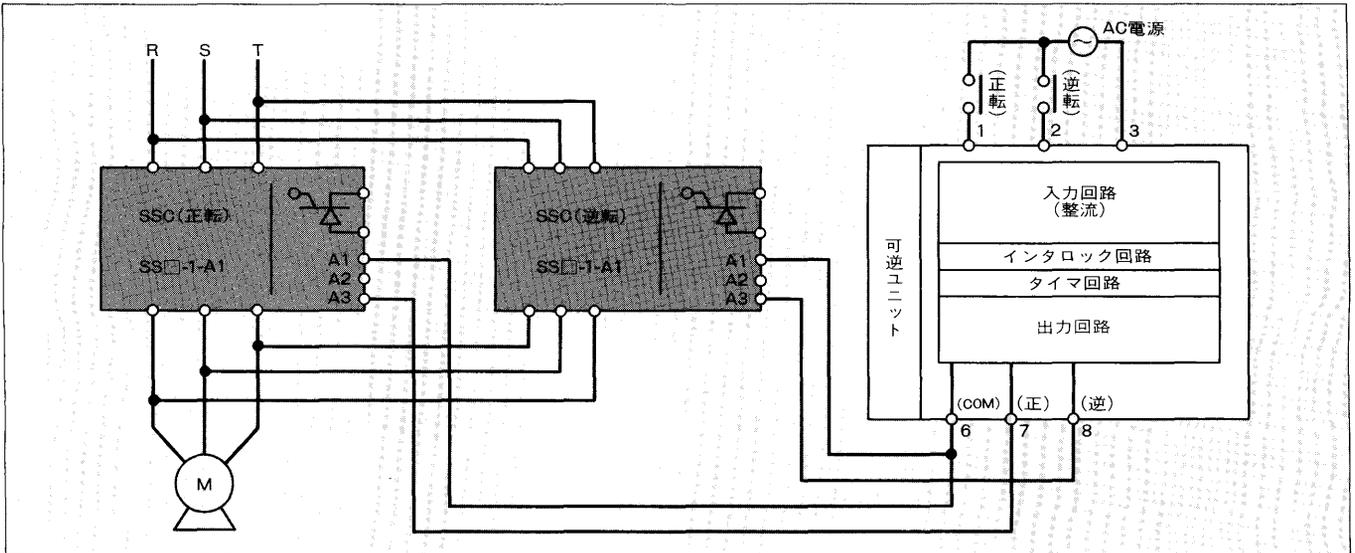
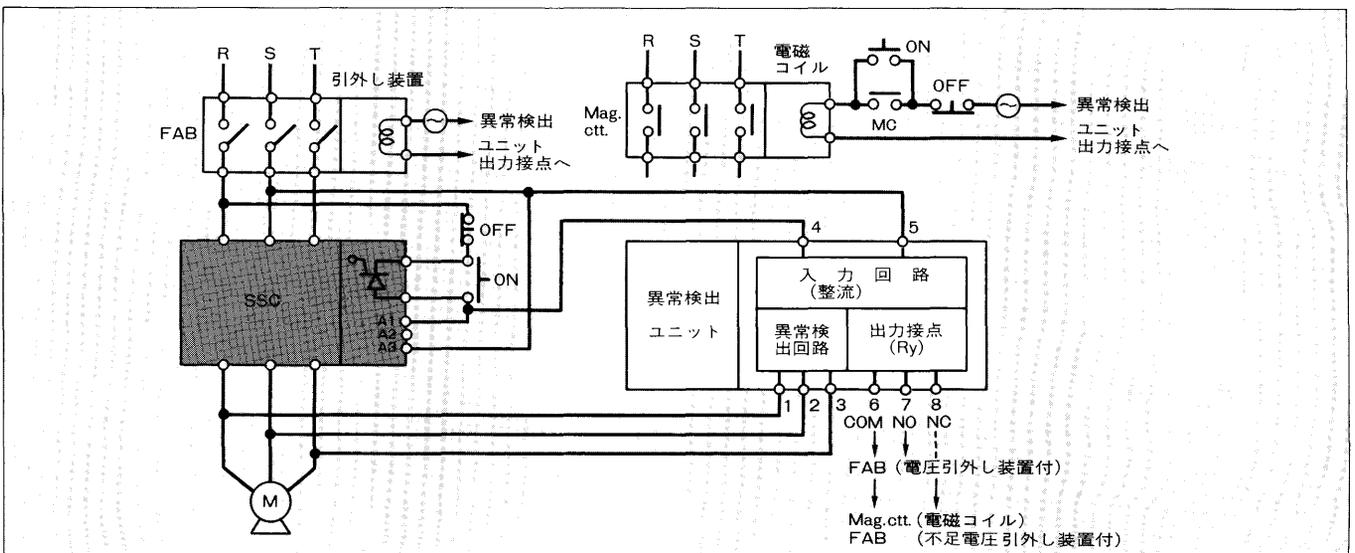


図8 異常検出ユニットを使用した場合の接続例



③ SSCの種類と定格・仕様

SS□-1形は電圧検出機能，補助接点を有し，交流操作が可能な電磁接触器の置換をねらった商品である。

SS□-3形は直流操作専用で，ケース内に単相SSRを三相分収納し，三相を一括制御できるSSCで，経済性を追求した商品である。

3.1 種類

今回，新たに開発したSSCの機種一覧を表1に示す。

表1 SSC SSシリーズ機種一覧

◎標準装備

機種	入力モジュール			点弧モジュール	スナバモジュール	パワーモジュール	補助回路モジュール	ゼロクロス	
	入力回路	整流回路	電圧検出回路					有り	無し
SS□-1 無接点点弧 電圧検出回路有り	◎ AC100/200V DC12/24V	◎	◎	◎	◎	◎ AC220V 80A AC440V 30, 50A 三相3素子 三相2素子	サイリスタ又は トランジスタ 2a 0.2A	◎	◎
SS□-3 無接点点弧 電圧検出回路無し (三相SSR相当)	◎ DC 5~30V	—	—	◎	◎	◎ AC220V 80A AC440V 30, 50A 三相3素子 三相2素子	—	◎	◎
SS□-4Z 無接点点弧 電圧検出回路無し 各極独立制御 (単相SSR 3台相当)	◎ AC 110V AC 220V	◎	—	◎	◎	◎ AC220V 20, 30, 40, 50, 80A AC440V 30, 50A 3極 2極	—	◎	—
	◎ DC 4~15V DC 8~30V	—	—	—	—				

表2 SSC SSシリーズの定格と仕様(主回路，一般)

形 式	三相2素子		SS202		SS302		SS402		SS502		SS802		SS302H		SS502H		
	三相3素子		SS203		SS303		SS403		SS503		SS803		SS303H		SS503H		
主 回 路	定 格 絶 縁 電 圧		250V										500V				
	定 格 使 用 電 圧 (Vn)		AC220V										AC440V				
	定 格 周 波 数		50 / 60Hz										50 / 60Hz				
	定 格 通 電 電 流 (In)*1		20A		30A		40A		50A		80A		30A		50A		
	適用電動機容量	定 格 容 量 *2		0.75kW		1.5kW		2.2kW		3.7kW		7.5kW		3.7kW		7.5kW	
		定 格 使 用 電 流		4.8A		8.0A		11.1A		17.4A		34A		8.7A		17.0A	
	最 小 負 荷 電 流		1A														
	閉 路 時 電 圧 降 下 (max)		1.55V (at 100% Vn)														
	開 路 時 漏 れ 電 流 (max) (at100%Vn, 60Hz)		30mA										40mA		30mA		
	非線返しサージオン電流(I _{FSM}) (50Hz, 正弦波, 1サイクル, 定格負荷状態より)		400A		500A		800A		1,000A		1,600A		600A		1,000A		
S S C 単 体 重 量		約420g										約620g		約1kg		約1kg	
適 用 冷 却 体 形 式 (アルミ冷却フィン 自冷及び強制 冷却及び重量)	三相2素子用		SX1-A9 約0.7kg		SX1-A13 約1.0kg		SX1-B12 約1.2kg		SX1-B17 約1.7kg		SX1-C12 約2.2kg		SX1-B12 約1.2kg		SX1-B17 約1.7kg		
	三相3素子用		SX1-A13 約1.0kg		SX1-B17 約1.7kg		SX1-B22 約2.1kg		SX1-B37 約2.5kg		SX1-C12 約2.2kg		SX1-B17 約1.7kg		SX1-B37 約2.5kg		
一 般	耐 電 圧		AC2,000V, 1分間 ・主回路, 操作回路, 補助回路—銅ベース間 ・主回路端子間 ・主回路, 操作回路, 補助回路相互間										AC2,500V, 1分間 ・主回路—銅ベース間 ・主回路端子間 ・主回路—操作回路, 補助回路間 AC2,000V, 1分間 ・操作回路, 補助回路相互間 ・操作回路, 補助回路 —銅ベース間				
	絶 縁 抵 抗		100MΩ以上 (500Vメガにて)														
	使 用 周 囲 温 度		-10~+60°C (40°C超過時は定格通電電流低減使用)														
	保 存 温 度		-30~+80°C														
相 対 湿 度		45~85%RH (結露無し)															

*1 アルミ冷却フィン (SX1-□形) に取り付け，周囲温度40°C以下で使用する場合の最大定格

*2 適用条件 始動電流：6×In (定格使用電流)，開閉頻度：1,200回/時，使用率：25%，始動時間：0.7秒以下

表3 SSC SSシリーズの定格と仕様(操作回路, 補助回路)

形式	SS□2-1-A1	SS□2-1-D2	SS□2-1Z-A1	SS□2-1Z-D2	SS□2-3-D3	SS□2-3Z-D3	SS□□	SS□□	SS□□	SS□□	
	SS□3-1-A1	SS□3-1-D2	SS□3-1Z-A1	SS□3-1Z-D2	SS□3-3-D3	SS□3-3Z-D3	-4Z-A3	-4Z-A4	-4Z-A4	-4Z-A5	
	SS□2H-1-A1	SS□2H-1-D2	SS□2H-1Z-A1	SS□2H-1Z-D2	SS□2H-3-D3	SS□2H-3Z-D3	SS□□H	SS□□H	SS□□H	SS□□H	
	SS□3H-1-A1	SS□3H-1-D2	SS□3H-1Z-A1	SS□3H-1Z-D2	SS□3H-3-D3	SS□3H-3Z-D3	-4Z-A3	-4Z-A4	-4Z-A4	-4Z-A5	
操作	ゼロクロス機能	無し		有り		無し	有り	有り	有り	有り	有り
	点弧方式	無接点电弧方式		無接点电弧方式		無接点电弧方式	無接点电弧方式	無接点电弧方式		無接点电弧方式	
	操作方式	交流操作	直流操作	交流操作	直流操作	直流操作	直流操作	交流操作		直流操作	
	定格絶縁電圧	250V				250V		250V			
	定格使用電圧 (Vn)	AC100~110 /200~220V (3端子, 極性無し)	DC12 / 24V (3端子, 極性有り)	AC100~110 /200~220V (3端子, 極性無し)	DC12 / 24V (3端子, 極性無し)	DC5~30V (2端子, 極性有り)	DC5~30V (2端子, 極性有り)	AC100 ~110V (2端子, 極性無し)	AC200 ~220V (2端子, 極性無し)	DC4~15V (2端子, 極性有り)	DC8~30V (2端子, 極性有り)
	定格周波数	50/60Hz	—	50/60Hz	—	—	—	50/60Hz	50/60Hz	—	—
	動作電圧	85%Vn以下		85%Vn以下		3.5V以下	3.5V以下	85%Vn以下		4V以下	8V以下
	復帰電圧	30%Vn以上		30%Vn以上		1.5V以上	1.5V以上	30%Vn以上		1.5V以上	1.5V以上
	動作時間(at 100%Vn)	30ms以下		30ms以下		5ms以下	15ms以下	30ms以下(各極)		15ms以下(各極)	
	復帰時間(at 100%Vn)	30ms以下		30ms以下		15ms以下	15ms以下	30ms以下(各極)		15ms以下(各極)	
回路	入力インピーダンス	約18kΩ(at 100V) 約35kΩ(at 200V)	約0.6kΩ(at 12V) 約1.1kΩ(at 24V)	約18kΩ(at 100V) 約35kΩ(at 200V)	約0.6kΩ(at 12V) 約1.1kΩ(at 24V)	約400Ω (at 12V)	約400Ω (at 12V)	約45kΩ	約80kΩ	約2.5kΩ (at 5V)	約4kΩ (at 24V)
	入力表示	LED(赤)				無し		LED(赤)	LED(赤)	LED(赤)	LED(赤)
補助回路	出力素子*	サイリスタ	トランジスタ	サイリスタ	トランジスタ						
	定格使用電圧(max)	AC220V	DC24V	AC220V	DC24V						
	定格使用電流(max)	抵抗負荷	0.2A	0.2A	0.2A	0.2A					
		誘導負荷	0.2A	0.2A	0.2A	0.2A					
	閉路時電圧降下(max)	3V(at 0.2A)	3V(at 0.2A)	3V(at 0.2A)	3V(at 0.2A)						
開路時漏れ電流(max)	3mA以下 (at AC220V)	1mA以下 (at DC24V)	3mA以下 (at AC220V)	1mA以下 (at DC24V)							

*1 補助回路出力素子数
 SS2□, 3□, 4□, 5□ : 1a
 SS8□ : 2a
 SS3□H, 5□H : 2a

表4 オプションユニットの定格と仕様

(a) 可逆ユニット

形名	SY-R-A3	SY-R-A4
定格操作電圧	AC100~110V 50/60Hz	AC200~220V 50/60Hz
出力電圧, 電流	約DC100V, 10mA	約DC200V, 10mA
組合せSSC	SS□-1□-A1(AC100V)	SS□-1□-A1(AC200V)
正逆切換時間	100ms	
応答時間	オフ→オン	最大20ms(SS□-1□-A1形との組合せ20+30ms)
	オン→オフ	最大20ms(SS□-1□-A1形との組合せ20+30ms)
許容電圧変動範囲	定格操作電圧の85~110%	
使用温度/湿度	-10~+60°C / 45~85%RH	
動作表示	正転出力時 F側LED(赤)点灯 逆転出力時 R側LED(赤)点灯	

(b) 異常検出ユニット

形名	SY-F-A3	SY-F-A4
定格操作電圧	AC100~110V 50/60Hz	AC200~220V 50/60Hz
定格主回路電圧	AC200~220V, 50/60Hz	
出力	接点構成	1c
	接点定格	AC220V, 1A
最小操作入力時間	20ms	
検出動作時間	100ms	
許容電圧変動範囲	操作回路・主回路共, 定格電圧の85~110%	
使用温度/湿度	-10~+60°C / 45~85%RH	
動作表示	正常時	入力時 入力 LED(赤)点灯
	異常時	2相, 3相 開放故障時 F1側 LED(赤)点灯 他の故障時 F2側 LED(赤)点灯

SS□□-4形は前述したような各極独立制御ができるSSCで、単相SSR 3個分の機能を持った商品である。

3.2 定格と性能

今回拡充したSSC SSシリーズの定格と仕様を表2, 3に、オプションユニットの定格と仕様を表4に示す。

4 適用上の留意点

SSCは電磁接触器と比較し多くの特長を持っているが、反面、半導体素子特有の性質からくる理由で、使用上あるいは適用上での制約を受ける場合がある。

前報では、⁽¹⁾周囲温度、過電流、過負荷、過電圧、漏れ電流について説明したが、本稿では、過負荷短絡保護協調、電動機負荷適用、コンデンサ負荷適用について説明する。

4.1 過負荷短絡保護協調

SSC SSシリーズを過負荷短絡保護機器とともに使用し、これらの機器と保護協調を考慮する場合は、各々の機器の動作特性とSSCの過電流耐量特性を十分に整合の上、機種を選定をしなければならない。しかし、配線用遮断器単独ではSSCの過負荷領域から短絡領域まで全領域にわたって保護することは困難であるので、半導体保護用の限流ヒューズを併用する必要がある。

表 5 抵抗負荷回路の機種選定表

定格電圧	負荷容量	SSC形式	フィン形式	オートブレーカ	ヒューズ
AC220V	20A	SS202	SX1-A9	SA32I, 33I/40 連続通電可能電流 24A 瞬時引外し電流 40A	CR2LS-30/30A×2本
		SS203	SX1-A13		CR2LS-30/30A×3本
	30A	SS302	SX1-A13	SA32I, 33I/60 連続通電可能電流 32A 瞬時引外し電流 60A	CR2LS-50/50A×2本
		SS303	SX1-B17		CR2LS-50/50A×3本
	40A	SS402	SX1-B12	SA52I, 53I/80 連続通電可能電流 50A 瞬時引外し電流 80A	CR2LS-75/75A×2本
		SS403	SX1-B22		CR2LS-75/75A×3本
	50A	SS502	SX1-B17	SA52I, 53I/80 連続通電可能電流 50A 瞬時引外し電流 80A 又は SA62I, 63I/120 連続通電可能電流 60A 瞬時引外し電流 120A	CR2LS-100/100A×2本
		SS503	SX1-B37		CR2LS-100/100A×3本
	80A	SS802	SX1-C12	SA102I, 103AI/140 連続通電可能電流 100A 瞬時引外し電流 140A	CR2L-140/140A×2本
		SS803	SX1-C12		CR2L-140/140A×3本
AC440V	30A	SS302H	SX1-B12	SA32I, 33I/60 連続通電可能電流 32A 瞬時引外し電流 60A	CR6L-50/50A×2本
		SS303H	SX1-B17		CR6L-50/50A×3本
	50A	SS502H	SX1-B17	SA52I, 53I/80 連続通電可能電流 50A 瞬時引外し電流 80A 又は SA62I, 63I/120 連続通電可能電流 60A 瞬時引外し電流 120A	CR6L-100/100A×2本
		SS503H	SX1-B37		CR6L-100/100A×3本

図 9 抵抗負荷回路の保護協調検討図

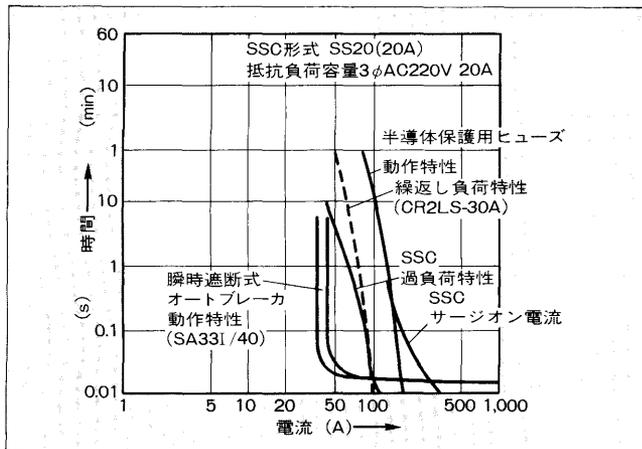
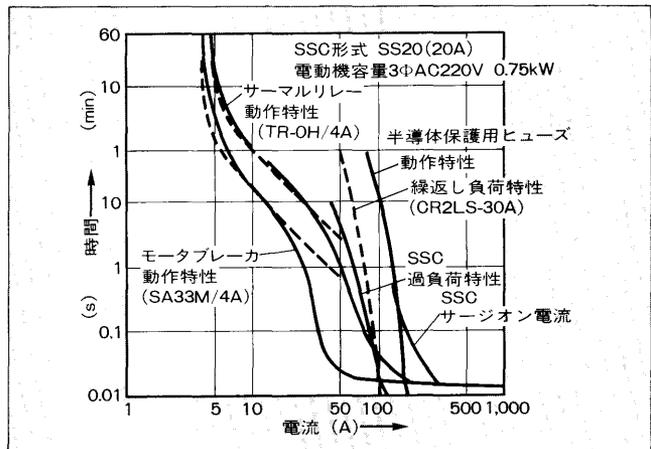


図 10 電動機負荷回路の保護協調検討図



4.1.1 抵抗負荷回路の保護協調

SSC を抵抗負荷制御用として使用する場合の機種選定を表 5 に、保護協調検討図を図 9 に示す。この組合せは次に述べる条件を満たすように選定したもので、SSC の定格電流の約 2 倍以上の電流から半導体保護用ヒューズの定格遮断容量以下の短絡電流まで SSC を保護することができる。

- (1) SSC SS シリーズの非繰返しサージオン電流の許容時間特性が、瞬時遮断式のオートブレーカの動作時間特性と半導体保護用ヒューズの動作時間特性とで囲まれた領域の上位にあること。
- (2) SSC SS シリーズの許容 I^2t が半導体保護用ヒューズの全遮断 I^2t より大きいこと。

が必要である。

4.1.2 電動機負荷回路の保護協調

SSC を電動機負荷制御用として使用する場合の機種選定を表 6 に、保護協調検討図を図 10 に示す。この組合せは過負荷領域と短絡領域で次に述べる条件を満たすように選定したもので、全領域にわたって SSC を保護することができる。このような保護協調をとりやすくするためには、0.1~1 秒付近にふくらみのある過負荷特性を持つ主回路素子が必要で、サイリスタチップ近傍のヒートシンクの構造の工夫で熱抵抗を下げ、それを可能とした。

- (1) 過負荷領域
 - (a) SSC SS シリーズの過負荷特性（過負荷時の許容通電時間特性）がモータブレーカ、又はサーマルリレー

表 6 電動機負荷回路の機種選定表

電動機容量	SSC形式	フィン形式	サーマルリレー	モータブレーカ	ヒューズ
AC220V 0.75kW	SS202	SX1-A9	TR-0H/4 又は RCa3737-1CH/4	SA33M/4 4A	CR2LS-30/30A×2本
	SS203	SX1-A13			CR2LS-30/30A×3本
AC220V 1.5kW	SS302	SX1-A13	TR-0H/8 又は RCa3737-1CH/8	SA33M/8 8A	CR2LS-50/50A×2本
	SS303	SX1-B17			CR2LS-50/50A×3本
AC220V 2.2kW	SS402	SX1-B12	TR-0H/10 又は RCa3737-1CH/10	SA33M/10 10A	CR2LS-75/75A×2本
	SS403	SX1-B22			CR2LS-75/75A×3本
AC220V 3.7kW	SS502	SX1-B17	RCa3737-1CH/16	SA33M/16 16A	CR2LS-100/100A×2本
	SS503	SX1-B37			CR2LS-100/100A×3本
AC220V 5.5kW	SS802	SX1-C12	TR-1SN/24 又は TR-3N/24	SA33M/24 24A	CR2L-140/140A×2本
	SS803	SX1-C12			CR2L-140/140A×3本
AC220V 7.5kW	SS802	SX1-C12	TR-3N/32	SA33M/32 32A	CR2L-175/175A×2本
	SS803	SX1-C12			CR2L-175/175A×3本
AC440V 1.5kW	SS302H	SX1-B12	TR-0H/4 又は RCa3737-1CH/4	SA33M/4 4A	CR6L-30/30A×2本
	SS303H	SX1-B17			CR6L-30/30A×3本
AC440V 2.2kW	SS302H	SX1-B12	TR-0H/5 又は RCa3737-1CH/5	SA33M/5 5A	CR6L-50/50A×2本
	SS303H	SX1-B17			CR6L-50/50A×3本
AC440V 3.7kW	SS302H	SX1-B12	TR-0H/8 又は RCa3737-1CH/8	SA33M/8 8A	CR6L-50/50A×2本
	SS303H	SX1-B17			CR6L-50/50A×3本
AC440V 5.5kW	SS502H	SX1-B17	RCa3737-1CH/12	SA33M/12 12A	CR6L-75/75A×2本
	SS503H	SX1-B37			CR6L-75/75A×3本
AC440V 7.5kW	SS502H	SX1-B17	RCa3737-1CH/16	SA33M/16A 16A	CR6L-100/100A×2本
	SS503H	SX1-B37			CR6L-100/100A×3本

の動作時間特性より上位にあること。また、同時に、半導体保護用ヒューズの繰返し負荷特性(不劣化特性)も同様に上位になければならない。

(2) 短絡領域

(a) SSC SS シリーズの非繰返しサージオン電流の許容時間特性が、モータブレーカの動作時間特性と半導体保護用ヒューズの動作時間特性とで囲まれた領域の上位にあること。

(b) SSC SS シリーズの許容 I^2t が半導体保護用ヒューズの全遮断 I^2t より大きいこと。

が必要である。

4.1.3 保護協調を考慮しない場合の適用

SSC と配線用遮断器を組合せ使用する場合、SSC が損傷しても良いが、二次災害へ波及しないようにして、SSC を最大定格で使用する考え方もある。表 7 はこの時の機種選定表である。

この組合せでは過負荷、短絡電流領域で、SSC の主回路素子が先に損傷してしまうおそれはあるが、許容短絡電流以下であれば二次災害への波及事故は防止できる。

4.2 電動機負荷への適用

電動機負荷の場合は、電動機の始動電流、始動時間、使用率、開閉頻度などにより、電動機適用容量が異なる。これは SSC SS シリーズの主回路素子(サイリスタチップ)

表 7 保護協調を考慮しない場合の機種選定表

定格電圧	SSC形式	オートブレーカ	許容短絡電流
AC220V	SS202	EA32, 33/20 20A	2.5kA
	SS203	SA32, 33/20 20A	5 kA
	SS302	EA32, 33/30 30A	2.5kA
	SS303	SA32, 33/30 30A	5 kA
	SS402	EA52, 53/40 40A	5 kA
	SS403		
AC220V	SS502	EA52, 53/50 50A	5 kA
	SS503	SA52, 53/50 50A	10 kA
AC220V	SS802	EA102A, 103A/100 100A	10 kA
	SS803		
AC440V	SS302H	SA32, 33/30 30A	2.5kA
	SS303H		
AC440V	SS502H	EA52, 53/50 50A	2.5kA
	SS503H		

の許容接合温度が125°Cで制限されており、前述の条件の違いにより素子の発熱が大きく変化するためである。

図11に電動機の直入れ始動の運転パターンを示す。このような場合の接合部の温度上昇は、まず運転中の発熱による平均損失と、SSC 本体と冷却フィンを含めた定常熱抵抗を求め、この時の接合部の温度上昇 θ_0 を計算する。そして、これに始動電流のパルス負荷が加わったとして、各ポイントにおける発生損失と過渡熱抵抗から計算した温度上昇 $\theta_1 \sim \theta_n$ を上乗せして、接合部の最大温度上昇 θ_{max} を求め

図11 直入れ始動の運転パターン

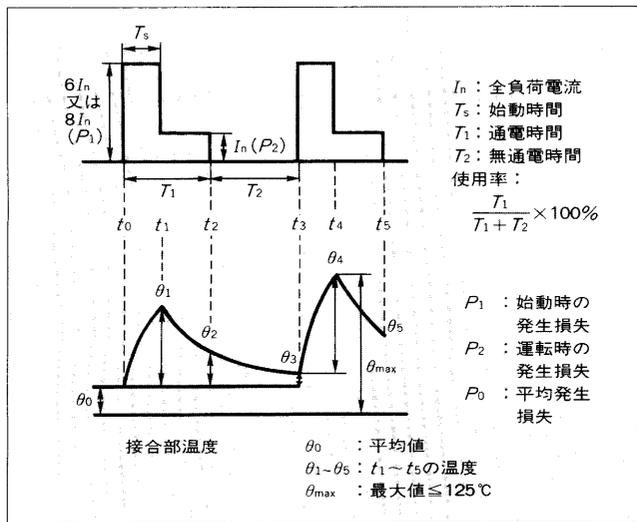


表8 電動機の直入れ始動への適用例

電動機容量 [AC220V]	全負荷電流	始動時間 T_s (s)					
		0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5
		始動電流 $I_s = 6I_n$					
0.75 (kW)	4.8 (A)	SS20					
1.5 (kW)	8 (A)	SS20		SS30			
2.2 (kW)	11.1 (A)	SS30			SS40		
3.7 (kW)	17.4 (A)	SS30	SS40	SS50			
5.5 (kW)	26 (A)	SS40	SS50	SS80			
7.5 (kW)	34 (A)	SS80					
11 (kW)	48 (A)	SS80					
15 (kW)	65 (A)	SS80					

(開閉頻度 : 1,200回/時, 使用率 : 25%)

る。そしてこの時の温度が許容値の125°Cを超えないようにする。

表8はこのようにして求めた電動機の直入れ始動への適用の一例で、開閉頻度が1,200回/時、使用率25%の場合を示し、始動電流の大きさ、始動時間によって適用するSSCの形式を選定できるようにまとめたものである。

インテグレーション適用の場合も同様な手法で、主回路素子の接合部の温度上昇を計算し、許容値の125°Cを超えないような最大温度上昇 θ_{max} を求め、表9に示した例のような適用表にまとめた。

4.3 コンデンサ負荷への適用

SSCをコンデンサ負荷制御用として使用する場合は、SSC極間に、電源電圧にコンデンサ充電電圧を加えた定格電圧の2倍の波高値の電圧が印加される。したがって機種選定にあたっては、定格使用電圧の2倍の耐量を持つSSCが必要で、AC100V回路にはAC220V用SS□□シリーズ、AC200V回路にはAC440V用SS□□Hシリーズを使用する必要がある。また、SSCで負荷を投入する時の突入電流を抑制するため、ゼロクロス回路を持つSS□□-□Zシリーズを使用すべきである。

表9 電動機のインテグレーションへの適用例

電動機容量 [AC220V]	全負荷電流	通電時間 T_1 (s)				
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
		始動電流 $I_s = 6I_n$				
0.2 (kW)	1.8 (A)	SS20				
0.4 (kW)	3.2 (A)	SS20				
0.75 (kW)	4.8 (A)	SS20		SS30		
1.5 (kW)	8 (A)	SS30	SS40	SS50		
2.2 (kW)	11.1 (A)	SS30	SS40	SS50	SS80	
3.7 (kW)	17.4 (A)	SS40	SS50	SS80		
5.5 (kW)	26 (A)	SS80				
7.5 (kW)	34 (A)	SS80				

(開閉頻度 : 7,200回/時)

表10 単独設置コンデンサの場合のSSC選定表

静電容量 (μF)	容量 (kVA)		定格電流 (A)		適用SSCと 冷却フィン
	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
200	2.51	3.02	7.62	8.71	SSC: SS303H-□Z-□ フィン: SX1-B17
250	3.14	3.77	9.07	10.9	
300	3.77	4.52	10.9	13.1	
400	5.03	6.03	14.5	17.4	
500	6.28	7.54	18.1	21.8	SSC: SS503H-□Z-□ フィン: SX1-B17
600	7.54	9.05	21.8	26.2	
800	10.0	12.1	29.0	34.9	
900	11.3	13.6	32.7	39.2	

(開閉頻度 : 1,200回/時, 使用率 : 25%)

同一電源にコンデンサが単独設置される場合のSSCの適用表を表10に示す。この表は変圧器の二次側にコンデンサだけがSSCの負荷として接続された時の計算例である。計算にあたっては、変圧器容量を500kVA以下とし、コンデンサに流れる充電電流の制限インピーダンスは変圧器のインピーダンスだけで、線路インピーダンスを無視している。以上の条件からSSC投入時の突入電流、突入電流の減衰時間、共振周波数などを求め、発生損失と熱抵抗から接合部の温度上昇を計算し、適用表にまとめた。

5 あとがき

以上、今回開発した商品の構造、性能、適用について概要を紹介した。SSCは開発されて間がない新しい商品であるので、今後も機種の拡充、整備を推し進めていきたいと考えている。また、御使用者各位の御要望などを頂きながら、よりよい商品へと改善して行く所存である。

参考文献

- (1) 新井慶之輔ほか：高開閉頻度・無保守化にこたえるソリッドステートコンタクト、富士時報、Vol.57, No.12, p.768-772 (1984)
- (2) SCRハンドブック編集委員会編：SCRハンドブック、丸善、1966, p.345-359



*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。