

ソリッドステートコンタクタ

元信 昌弘 (もとのが まさひろ)

大久保 幸治 (おおくぼ こうじ)

1 まえがき

長寿命、高頻度開閉、無騒音、メンテナンスフリーを目的に開発した電磁接触器の無接点化機器であるソリッドステートコンタクタ (SSC) SS シリーズは、三極品では AC240 V 3 ~ 120 A, AC480 V 30 ~ 120 A, 単極品では、AC240 V 10 ~ 200 A, AC480 V 70 ~ 200 A の基本機種種のシリーズ化を図っており、電動機やヒータなどの各種負荷の制御用として幅広く適用され、好評を博している。

このたび、SS シリーズの機種拡充を狙いに、新商品として次の 3 機種を開発した。

- (1) ヒータ制御に最適な小容量単極 AC480 V SSC
- (2) 小形、経済形の単極 AC240 V SSC
- (3) 直流負荷開閉用 DC240 V SSC

本稿では、これらの概要について紹介する。

2 新商品 SSC の概要

表 1 に今回開発した SSC の仕様を示す。

2.1 単極 480 V 20 A, 30 A, 42 A SSC

図 1 に外観を示す。主回路仕様 AC480 V 20 A, 30 A,

図 1 単極 480 V SSC の外観



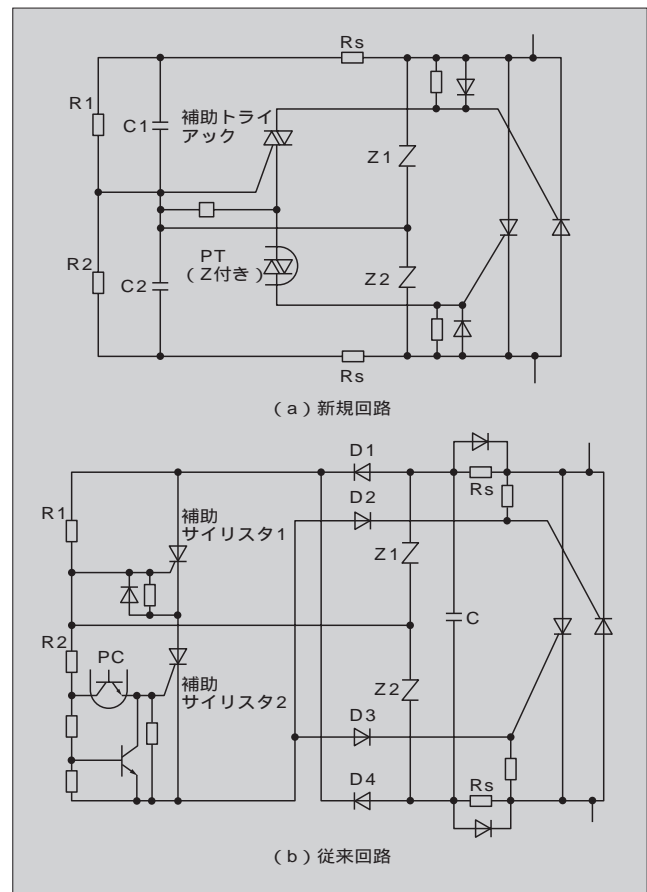
AF99-203

42 A の 3 形式で現行の 480 V 70 ~ 200 A 品と合わせてこのシリーズの機種ぞろえが完了した。

2.1.1 主な特長

- (1) 操作入力は、DC5 ~ 24 V のワイドレンジ仕様
温度調節器など各種機器との組合せに 1 台で対応が可能
- (2) 冷却フィン は SSC 本体と標準品で一体構造
フィンの選定が不要
- (3) 20 A, 30 A 品の外形は現行 240 V 30 ~ 40 A 品と同一形状
レール取付け、ねじ取付けとも互換性あり

図 2 480 V SSC の出力回路構成



元信 昌弘

電子化機器の開発・設計に従事。
現在、吹上工場器具設計部。



大久保 幸治

電子化機器の開発・設計に従事。
現在、吹上工場器具設計部。

表1 SSCの仕様および定格

項目	機種	単極 480 V SSC			単極 240 V SSC			直流 SSC	
	形式	SS201H-3Z -D3	SS301H-3Z -D3	SS421H-3Z -D3	SS101C-3Z -D3, -A2	SS201C-3Z -D3, -A2	SS301C-3Z -D3, -A2	SS031D-3 -D3	SS031D-3 -A2
主回路	定格使用電圧	AC200 ~ 480 V			AC100 ~ 240 V			DC24 ~ 240 V	
	使用電圧範囲	AC170 ~ 528 V			AC85 ~ 264 V			DC20.4 ~ 264 V (AC19 ~ 250 V全波, 半波整流電源適用可)	
	定格周波数	50/60 Hz			50/60 Hz			—	
	定格通電電流 (I_n)	20 A	30 A	42 A	10 A	20 A	30 A	3 A	
	最小負荷電流	0.5 A			0.1 A			0.1 A	
	閉路時電圧降下 (100% I_n 時)	1.6 Vrms			1.6 Vrms			3.5 V	
	開路時漏れ電流 (最大)	20 mA (AC400 V時 $f = 60$ Hz)			15 mA (AC200 V時 $f = 60$ Hz)			5 mA (DC240 V時)	
	サージオン電流 (I_{TSM}) (60 Hz, 正弦波, 1サイクル)	300 A	660 A		150 A	225 A	300 A	10 A (10 ms)	
	ゼロクロス機能	あり			あり			なし	
操作回路	点弧方式	無接点点弧方式			無接点点弧方式			無接点点弧方式	
	操作方式	直流操作			直流操作	交流操作		直流操作	交流操作
	定格使用電圧 (V_n)	DC5/12/24 V (2端子, 極性あり)			DC5/12/24 V (2端子, 極性あり)	AC100/200 V (2端子, 極性なし)		DC5/12/24 V (2端子, 極性あり)	AC100/200 V (2端子, 極性なし)
	使用電圧範囲	DC3.5 ~ 30 V			DC4 ~ 30 V	AC85 ~ 264 V		DC4 ~ 30 V	AC85 ~ 264 V
	動作電圧	DC3.5 V以下			DC4 V以下	AC85 V以下		DC4 V以下	AC85 V以下
	復帰電圧	DC1.5 V以上			DC1.5 V以上	AC30 V以上		DC1.5 V以上	AC30 V以上
	動作時間 (100% V_n 時)	15 ms以下			15 ms以下	30 ms以下		5 ms以下	30 ms以下
	復帰時間 (100% V_n 時)	15 ms以下			15 ms以下	30 ms以下		5 ms以下	30 ms以下
	消費電流	20 mA以下 (DC30 V時)			7 mA以下 (DC30 V時)	5 mA以下 (AC264 V時)		30 mA以下 (DC30 V時)	5 mA以下 (AC264 V時)
	動作表示	LED (赤)							
一般仕様	使用周囲温度	- 10 ~ + 60 (氷結なし, 40 超過時は通電電流を低減して使用のこと。)							
	相対湿度	45 ~ 85% (結露なし)							
	耐電圧	AC2,500 V 1分間 (主回路, 操作回路一括-フィン間, 主回路-操作回路間)			AC2,000 V 1分間 (主回路, 操作回路一括-フィン間, 主回路-操作回路間)				
	絶縁抵抗	100 M 以上 (DC500 Vメガー) (主回路, 操作回路一括-フィン間, 主回路-操作回路間)							
	耐振性	耐久 10 ~ 50 Hz 複振幅 0.75 mm (最大 37 m/s ²)							
	耐衝撃性	耐久 300 m/s ² (約 30 G)							

(4) 操作入力の動作表示灯標準装備

(5) ゼロクロス機能標準装備

2.1.2 高電圧制御回路の構成

AC480 V という高電圧に対応した制御回路を小形ケースに収納するためには、出力段回路の小形化が必要となった。この課題に対し新回路方式を採用することにより、小形・高電圧制御回路を実現した。

図2に480 V SSCの従来品と今回の新商品の出力段回路構成を示す。出力段の開閉パワー素子は、どちらも2個のサイリスタの逆並列接続で構成している。従来品は、サージ吸収素子としてスナバコンデンサC、スナバ抵抗RsとバリスタZ1、Z2が素子と並列に、パワー素子の駆動回路

は整流回路D1 ~ D4を介して補助サイリスタが2段直列に構成されていた。操作入力信号を受けてホトトランジスタPCがオンすると、抵抗R1、R2を通過して補助サイリスタ2がオンする。これにより抵抗R1 補助サイリスタ1がオンして、パワー素子がオンすることで負荷の開閉制御を行う。

このように従来回路では補助サイリスタ方式のため部品点数が多く、小形化は困難であった。

図2の新方式において、駆動回路はトライアックとホトトライアックの2段直列とし整流回路を使用しない構成とした。なお、サージ吸収回路は従来品と同様にC1、C2、RsとバリスタZ1、Z2の構成としている。

図3 単極 240 V SSCの外観



AF99-119

スナバコンデンサCは、サージ吸収機能に加えてホトトライアックがオンするとコンデンサの充電電流がホトトライアック 補助トライアックのゲートへ流れ二つの補助素子を確実にターンオンさせ、パワー素子がオンする。

サージ吸収用 CR 部品に複合機能を持たせることで部品点数も削減（従来比 65%）した。

2.2 単極 240 V 10 ~ 30 A SSC

図3に外観を示す。主回路 10 A, 20 A, 30 A の3フレーム、操作入力は DC5 ~ 24 V, AC100 ~ 200 V の計 6 形式を開発した。

2.2.1 主な特長

- (1) 操作電圧は DC5 ~ 24 V のワイドレンジ仕様
- (2) 小形薄形構造
 - 10 ~ 30 A まで同一形状。従来の単極品に比較して、30 A 品で床面積は 65%、体積は 50%。
- (3) 冷却フィンオプション対応
 - 盤への直取付け、汎用フィンへの取付けなどの使用可能
- (4) 操作入力の動作表示灯標準装備
- (5) ゼロクロス機能標準装備

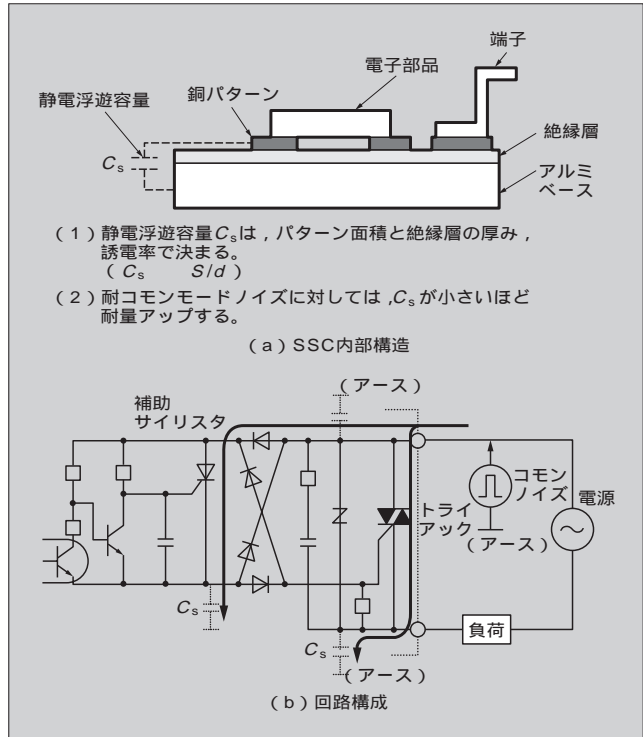
2.2.2 耐ノイズ性能の向上

SSC の薄形構造化のためにパワー素子、制御回路と入出力端子をアルミ基板に同一実装する構成とした。構造および回路構成の概要を図4に示す。

本構造における技術的課題は耐ノイズ性能の向上である。金属基板は銅パターンとアルミベース間に絶縁層が介在するため、パターン面積と絶縁層の厚み、誘電率で決まる浮遊容量 C_s が発生する。したがって、回路構成に示すように回路上の各点とベース間に C_s が寄生する。このため、電源-アース（ベース）間の共通モードノイズ耐量が低下する。つまり、出力端子と SSC のベース間が C で結合されているため、共通モードノイズが印加されると浮遊容量をバイパスして直接メイントライアック、補助サイリスタに印加されるためノイズの dv/dt が素子の許容値を超えると誤動作してしまう。

ノイズ耐量をアップするためには、 C_s を極力小さくする必要がある。このため、下記により浮遊容量の半減化を図りノイズ耐量を確保した。

図4 単極 SSC の構造と回路



- (1) 静電浮遊容量 C_s は、パターン面積と絶縁層の厚み、誘電率で決まる。
($C_s \propto S/d$)
- (2) 耐共通モードノイズに対しては、 C_s が小さいほど耐量アップする。

(a) SSC内部構造

(b) 回路構成

(1) 銅はくパターン面積の低減

パターン面積の大きい場所は入出力端子の接続箇所であり、この部分だけで総容量の約 80% を占めている。このため通電電流による温度上昇が問題とならない端子取付面とパターン面積の狭小化（約 50% 低減）を図った。

(2) 絶縁層材料の選定

絶縁層は、エポキシ樹脂と熱伝導性を良くするために金属粉を成分とするフィラーで構成されているのが一般的である。通常、金属基板は熱伝導性を確保するためフィラーの量を多く入れているが、誘電率はフィラーのほうがエポキシ樹脂より大きいため基板の C_s はフィラーで決定されていた。このため、SSC の発生損失に合った最適な熱伝導性を備えたフィラーを選定するとともに、浮遊容量を小さくするための最適量の決定を行った。このため金属基板メーカーと共同開発を進めて従来比で C_s を半減化した材料を開発し、ノイズレベルの耐量アップを図ることができた。

2.3 DC240 V 3 A SSC

図5に外観を示す。主回路 DC240 V 3A, 操作電圧仕様は、DC5 ~ 24 V 品と AC100 ~ 240 V 品の 2 形式を開発した。

本商品は電動機用ブレーキコイルの直流開閉を狙いに開発したものである。従来の有接点開閉器では、直流電流の、特に高頻度開閉では接点寿命が短くメンテナンスを頻繁に行う必要があった。今回開発した直流 SSC により、有接点開閉器使用時の回路を変更することなく置換えができ、長寿命化、メンテナンスフリーが可能となる。

図5 直流 SSC の外観



AF99-118

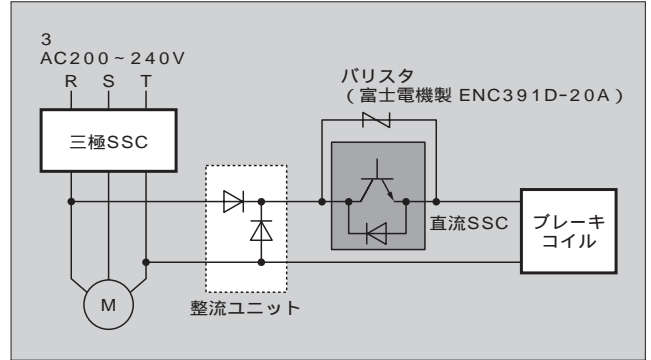
2.3.1 主な特長

- (1) 出力は DC24 ~ 240 V のワイドレンジ仕様
- (2) AC240 V 交流電源の半波, 全波整流電圧に適用可能
- (3) 操作電圧は, DC 品, AC 品ともワイドレンジ仕様
- (4) 操作入力の動作表示灯標準装備

2.3.2 ブレーキコイルへの適用例

図6に直流 SSC のブレーキコイルへの適用例を示す。図のように電動機の開閉制御に現行の三極 SSC を使用し、主回路を整流ユニットで半波整流した直流電圧とコイル間に直流 SSC を接続すればよく、基本的には従来の有接点開閉器で構成した箇所にそのまま SSC を置き換えれば装置の無接点化が可能で長寿命, 無騒音化が図れる。図において, コイルにはインダクタンス L があるため直流 SSC がオフしてもコイルに蓄えられたエネルギーの減衰特性でブレーキの制動時間が決まる。制動時間を短くするためには SSC がオフするとコイル間を開放すればよいが, このときコイルから発生するサージ電圧から SSC を保護する

図6 直流 SSC のブレーキコイルへの適用例



ために必ず SSC 出力端子と並列にバリスタ (富士電機の商品名: ゼットラップ) を接続することが必要である。

また, 図示していないがブレーキコイルは通常, 無励磁で制動となるため直流 SSC を三相 SSC に対して先入れ, 後切れになるように各 SSC の操作入力のタイミングを確保する必要がある。

③ あとがき

以上, 今回開発した SSC の構造, 仕様について紹介した。今後も市場動向に注目し, 新しいニーズに対応した商品開発を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 石川雅英ほか: ソリッドステートコンタクタ, 富士時報, Vol.60, No.2, p.134-141 (1987)
- (2) 田中順造ほか: ソリッドステートコンタクタの特徴と使い方, 富士時報, Vol.68, No.8, p.442-446 (1995)



*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。