

最近の電鉄用シリコン変電所

H立製作所 大阪営業所* 技術部電機技術課

浜 田 正 夫

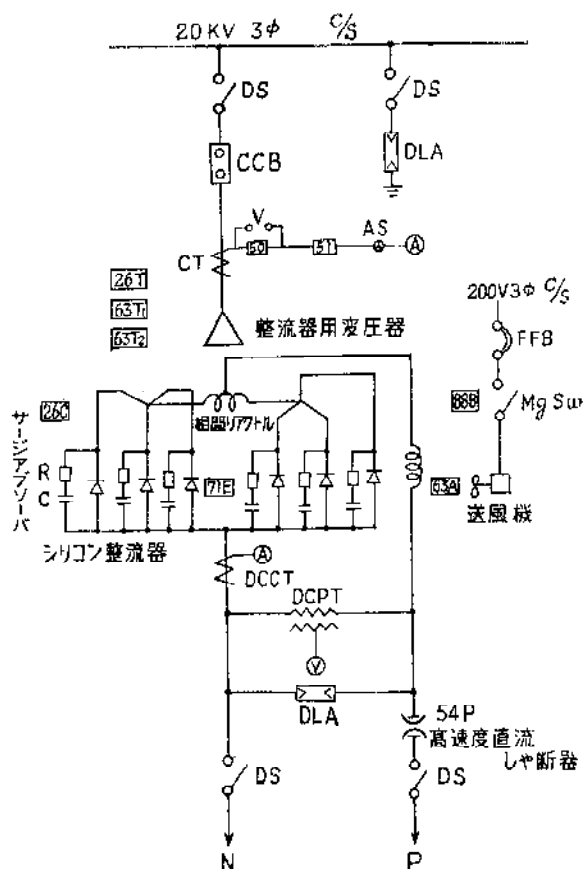
1, ま え が き

シリコン整流器の出現したのは、ここ数年前のことであり、当時から電鉄用としても応用し得るものとして大いに期待されていた。それが僅か2～3年の間に急速に歩進開発され、今では電鉄用直流変電所といえれば必ずシリコン整流器が採用されるまでにいたつた。シリコン整流器の直流変電所に関する説明論文は既にいくつも発表されているので、本稿においてはそれらの問題点と、今後の傾向について要約して御紹介する。

2, シリコン整流器変電所の主要な構成

シリコン変電所の主な構成は

交流主回路器具



第1図 1,500 KW 600 V シリコン整流装置結線図

大阪市北区梅田2・第一生命ビル8階

シリコン整流器用変圧器

シリコン整流器キュービクル

直流主回路器具

制御盤装置

の5項目に大別される。その一般的結線図を第1図に示す。これは受電電圧が交流20KVで、直流出力が、1500KW、600Vのもので地上変電所として最も例の多いものである。この中で主要な問題について説明する。

2-1 シリコン整流器

シリコン整流器変電所の中で、最も重要なのはその直流変換作用を行うシリコン整流素子である。昭和32年に日立製作所が国産第1号のエレメントを製作したが、当時は尖頭逆耐電圧(PIVと呼称)500V、平均電流50Aの素子であつた。しかしその後の研究によつて現在では第1表の如き200A形エレメントを用いた整流器が大多数を占めている。

第1表 電鉄用シリコン素子の標準仕様

形 式	D J 15 L	D J 15 M	D J 15 N
項 目			
最大許容尖頭逆電圧	1000 V	1300 V	1500 V
最大許容瞬時逆電圧	1300 V	1600 V	1800 V
定 格 電 流	200 A		
最 高 動 作 温 度	150°C		

最近ではエレメント製造方式の歩進によつて、PIVの高いエレメントが大量にしかも歩止まり良く製産されるようになった。日立製作所では国内ではもちろん、世界でも記録品である。PIV1500Vのものを標準化して既に好調に運転を続けている。

エレメントの1個当りの電流は何アンペア位が最も有利であるかという問題は、ここ2～3年前から論議されてきたことであるが、ようやくその結論が出た 襖がある。結論から先に述べれば、平均電流200A程度になる。一般に50Aから500Aまで各種のエレメントが製作されて実際にセットとして稼動しているが、その性能や価格の点から総合的に検討した結果、200A形を電鉄用としては最適と考えられる。

2-2 整流器用変圧器との結線方式

第1図に示した標準例は、相間リアクトル付2重星形結線であるが、この他に3相ブリッジ結線が採用される。この2種類の結線方式について比較すると第2表の如くなる。即ち要約してみると

第2表 結線方式比較

結 線 方 式	3相ブリッジ	相間リアクトル付2重星形
動作尖頭逆電圧比	1	2
交流側異常電圧比	1	2.31
直流側異常電圧比	1	1.36
整流素子直列数比	1	1.64
整流素子並列数比	1	0.5
整流素子全数比	1	0.82
変圧器容量比	1	1.29
1アーム短絡時の逆流 電圧上昇防止抵抗	なし 不要	あり 場合により必要

(イ)、交流側異常電圧に対しては3相ブリッジ結線の方が有利である。

(ロ)、直流側異常電圧、ノッチングサージ等に対しては2重星形結線の方が有利である。3相ブリッジ結線では1アームにて直流側インパルスを受けもつてそれに耐えねばならない。現在もつとも信頼できる直流アレスターは、マグネブラスト形アレスターであるが、これの制限電圧が直流3500Vである。従つて3相ブリッジ結線では直流側インパルスによつて、その直列枚数が決定されることになる。

(ハ)、エレメント総数は、3相ブリッジの方が約2割多い。これは(ロ)で述べた直流側インパルスに起因するものである。

(ニ)、変圧器容量は、1次2次平均において2重星形結線が約30%大であり不利である。

(ホ)、1アーム短絡時の逆流は、2重星形結線の場合起り得るが、これを完全に保護し得る両方向性高速度しや断器が日立製作所で開発された。

以上を総合して、直流電圧600V~750Vのラインでは2重星形が有利であり、1500Vラインでは3相ブリッジが有利であると言える。

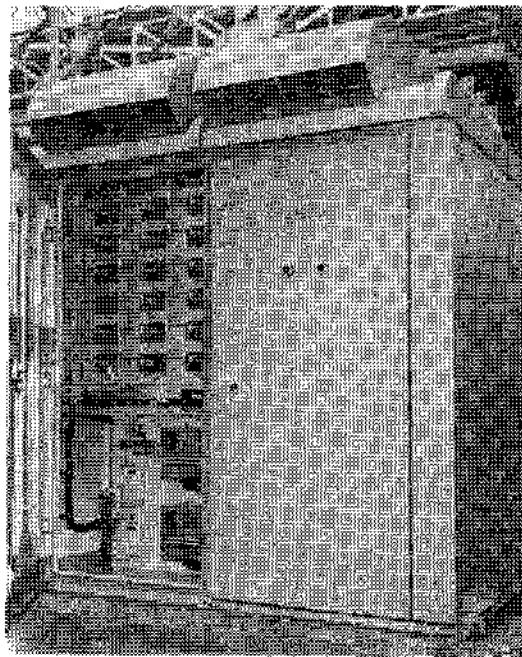
3. 最近の動向

シリコン整流器変電所も最近の実績や、運転状況によつてかなり進歩改良されている点がある。その主な点について記述する。

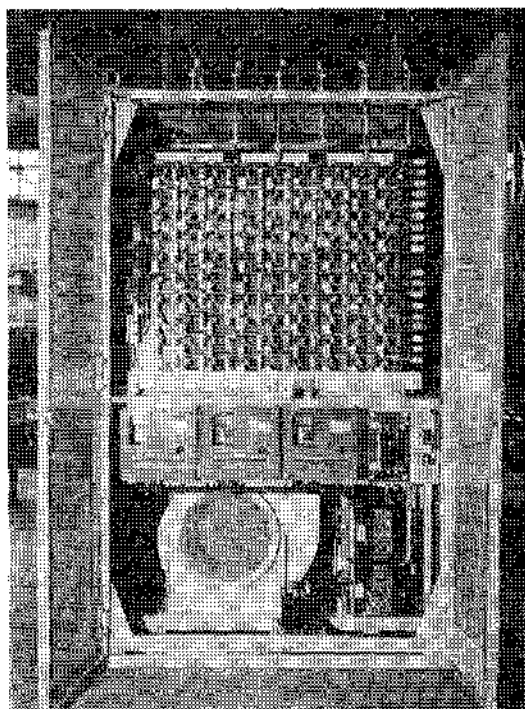
3-1 シリコン素子の装備方法

シリコン素子の取付方法は、大別して、トレイ方式と、

いわゆるねじ込み方式とがある。参考にその両者の写真を示す。両方式ともそれぞれの利点はあるが、中容量程度まではねじ込み方式の方が寸法的に小形に製作が可能である。ねじ込み方式では前後面2面にエレメントが取付けられる関係上、キュービクルの床寸法がどうしても、長四角になる傾がある。一方トレイ方式ではこの点に自由性があり、建屋にあわせた設計が行い得るという



第2図 国鉄、山陽線納 3000KW 1500V
屋外用シリコン整流器、キュービクル



第3図 武蔵新田SS納 1500KW 1500V
屋内用シリコン整流器 キュービクル

利点がある。

3-2 保護方式

保護方式で一般的なことは省略するとして特記すべき事項は下記の2つである。

(イ)、エレメントの故障検出

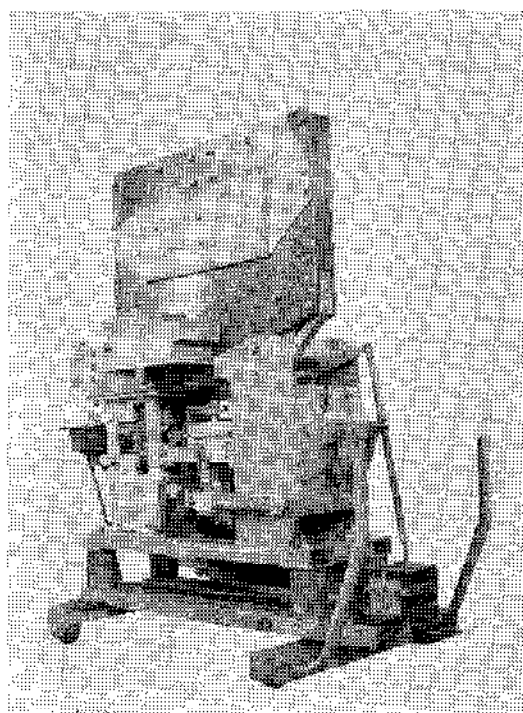
運転中のエレメント故障に対して、素子故障検出器にて1個の整流素子の劣化を検出している。電鉄用では通常直流電圧が600V～1500Vであるため、素子は何個か直列接続されているので、この直列数に1個の余裕をもたせて、万一1個のエレメントが劣化又は破壊しても素子故障検出器にて軽故障としての処置をとることが一般的な方式である。即ちハイラップヒューズを設けず素子故障検出器だけでエレメントの故障検出を行う方式が採用されつつある。

(ロ)、2重星形結線における逆流保護

整流器用変圧器の結線がブリッジ結線の場合は、1アーム短絡事故が発生しても電車線からの逆流が流れることはないが、これが2重星形結線の場合は当然、逆電流が流れる。従来の高速度しや断器は逆方向性、順方向性の2種類であり何れにしても一方向性である。このため逆流防止としては別に逆流継電器(30)を設けて保護しているが、完全な保護とはいえない。新製品である両方向性高速度しや断器の概要を説明する。

3-2 両方向性高速度しや断器の開発

前述の要望から、今回新しい構想のもとに両方向性高速度しや断器を開発され、各種試験の結果好成



第4図 HB型 1500V 6000A HSCB

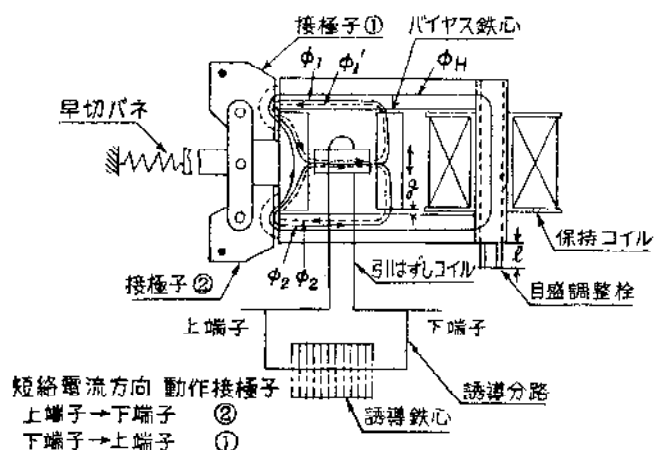
績を得た。その外觀図を第4図写真に示す。主な仕様は下記のとおりである。

形 成	両方向性電磁操作形
定 格 電 圧	1 5 0 0 V
定 格 電 流	6 0 0 0 A
定格操作電圧	DC 1 0 0 V
定格保持電圧	DC 1 0 0 V
定格保持電流	DC 0, 6 A
電 流 目 盛 値	
正 方 向	1 1, 1 3, 1 5 (KA)
逆 方 向	1 1, 1 3, 1 5 (KA)

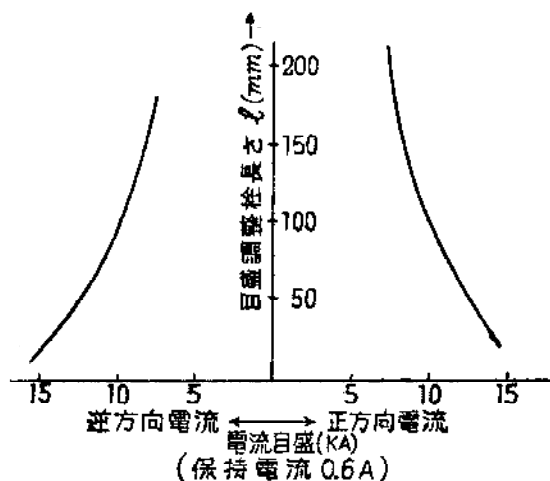
(イ) 引外し機構

従来の高速度しや断器と非常に異なる点は、この引外し機構である。すなわち、1方向性高速度しや断器では引外し部分の接触子は1個しか有していないが、両方向性高速度しや断器は第5図に示すように2個有している。

ϕ_H は保持線輪によつて常時発生している磁束であり、 ϕ_1 、 ϕ_2 は引外しコイルに流れる電流によつて生



第5図 引はずし機構説明図



第6図 HB形 HSCB 電流目盛特性曲線

ずる磁束である。すなわち何れかの方向の引外し電流が流れても、 ϕ_1 または ϕ_2 の何れかが、 ϕ_H と打消し合う方向となり、早切りバネが動作するように設計されている。

日盛の設定は正逆電流とも日盛調整栓にて行い、またバイアス鉄心の移動によつてギャップ g を調整し正逆方向動作電流のかたより具合を決める。

第6図にその整定された1例を示すが、これは分塊ミルの主電動機用の場合で、正逆とも同一電流日盛にセットされたものである。

3-3 シリコン移動および可搬形変電所

電鉄用電源として水銀整流器について、シリコン整流器が登場しているが、各方面でまだまだ回転変流器や、ガラス槽水銀整流器等が使用されている。しかしこれらはかなり老朽化しているものが多く、近い将来には全てシリコンに置き換えられるであろうが、今全部を一度に更新することは設備経費から考えても出来ない現状である。そこで考案されたのが

移動変電所

可搬形変電所

と呼ばれるものである。同じような呼称であるがその使用目的と意義は大いに異なる点がある。

(イ) 移動変電所

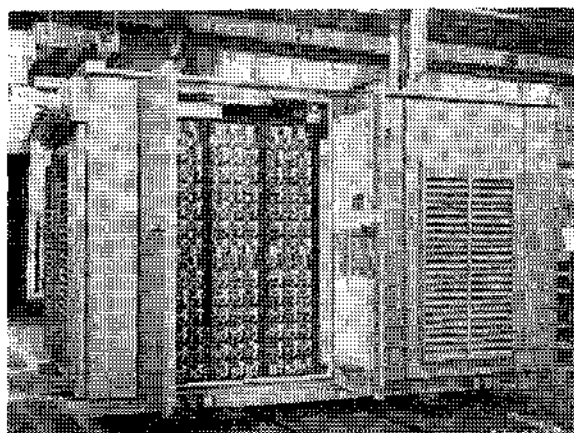
- (1) AC車、DC車等の車輛の上に全設備が装備されている。
- (2) 既設変電所の事故や、改修工事の救援に出動することを主な目的とする。
- (3) 季節的に大きく変動する輸送地区にも救援用として採用される。
- (4) 全機器が車輛上に装備されているので、移動が簡単に行い得る。

(ロ) 可搬形変電所

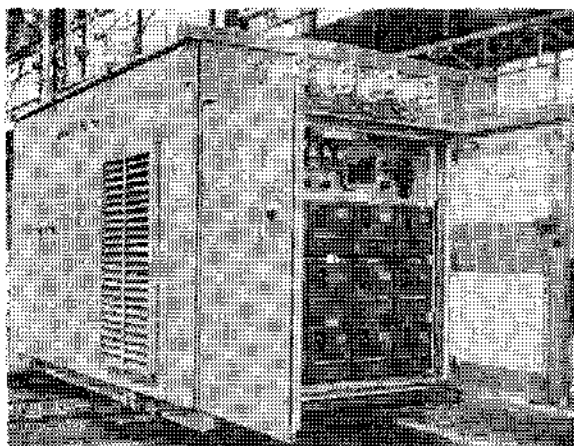
- (1) 全機器が一応地上設置形であるが、簡単に移動が行えるように、寸法、重量等に特別な設計を行っている。
- (2) 既設変電所の事故の時に、その設備の一部分を移動することを考えており、特にシリコン整流器キュービクルは已設変電所の2重星形結線、3相ブリッジ結線の何れの整流器用変圧器とも、接続し得るよう考慮されている。
- (3) 屋内、屋外の如何を問わず設置し得るように設計されている。

以上のようにそれぞれ特異な点があるが、最近の動向として可搬形変電所が採用されるケースが多いので、その構造と概要につき説明する。

第7図と第8図の写真は何れも3000KW、1500Vの可搬形シリコン整流器キュービクルである。



第7図 可搬形シリコン キュービクルの内部

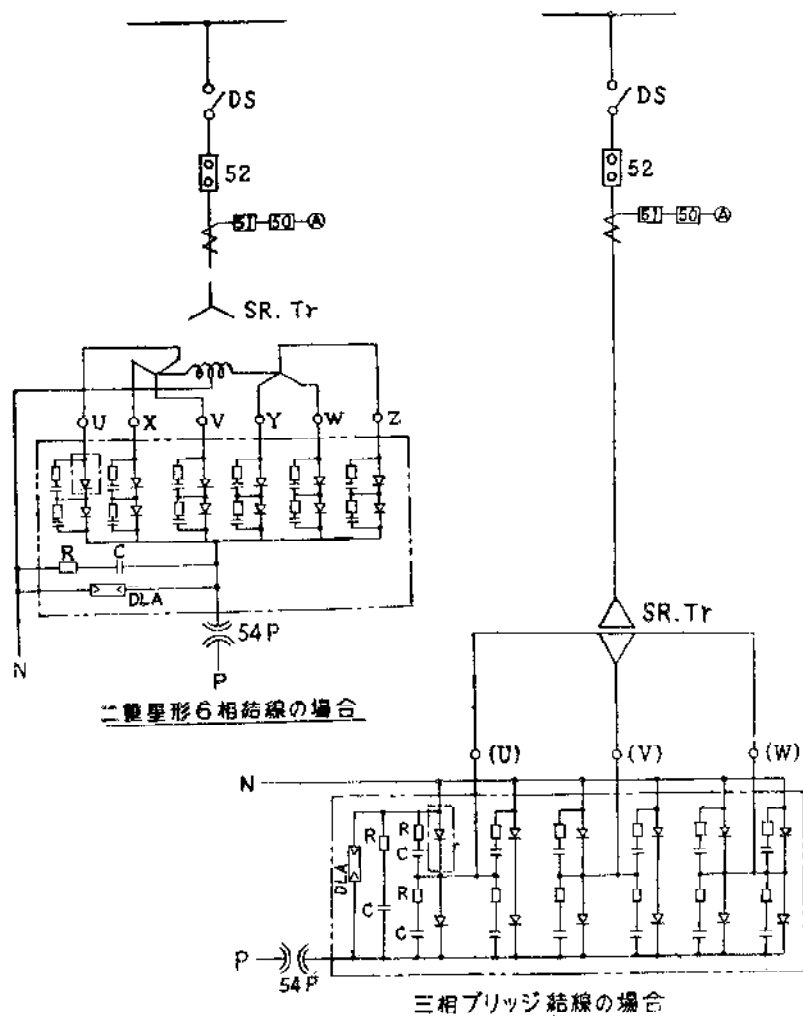


第8図 可搬形シリコンキュービクルの内部（側面）

主な仕様

形 式	6相風冷式移動用
定格出力	3000KW
定格電圧	1500V
定格電流	2000A
定 格	100%連続
	120% 2時間
	300% 1分間
結線方式	3相ブリッジ } 共用
	2重星形 }
整流素子	DJ-14L
	PIV 1000V
	平均電流 200A
素子の構成	6/12S×12/6P×6A

第7図写真の左側に出ている端子は、変圧器結線が2重星形の場合に使用されるもので、第8図写真は反対側に出ている端子で、これは3相ブリッジの時に使用される端子である。キュービクル内部の接続図は第9図に示す。すなわちシリコンエレメントの直並列切替の他に、CとRも含めて切換えられるように特別な設計が行われている。



第9図 シリコン移動変電所の単線結線図

3-4 無人変電所に対する遠方制御

最近の直流変電所は、殆んど無人化され数Km離れた隣接変電所または中央制御所から集中制御される方式を採用している。その主な方式は

直接式簡易遠方制御方式

パルスコード形遠方制御方式

の2つに大別される。

これの使い分けは大体次の2点から決定される。

- 制御所と被制御所の距離はいくらか。
- 操作および表示の種類と数量

すなわち距離と制御および表示数によつて制御ケーブルの設備費が算出されるが、パルスコード形では制御のみを対象に考えれば制御ケーブルは2本ですむ。しかしながら制御所、被制御所にかなりの制御装置を設備する必要があり、これら機器の設備費とにらみあわせて、何れの方式を採用するかが決定されるわけである。

(イ) 直接式簡易遠方制御方式

本方式は若干の電話リレー等を使用して、回路上に工夫を加えて制御ケーブルの本数を減らすようにした

ものである。通常しや断器1台の操作とその表示にはに制御ケーブルが3~5本必要とするが、これを1本のケーブルで開閉操作、開閉の赤緑ランプ表示、故障しや断時の表示灯のフリッカー、警報等を行えるようにされたものである。従つて制御ケーブルの芯数はかなり低減されるので、簡単な遠方制御には最適である。

(ロ) パルスコード形遠方制御方式

本方式は同期歩進形とはまったく異なる構想で開発されたもので、機器の選択、操作、表示等すべて直流パルスの数によつて行われる。送信パルスの数と被制御所からのチェックパルスの数の和によつて照合し動作するので、誤操作のおそれがまったくなく、また何れの選択を行つても所要時間が一定である。連絡線は同期歩進形の場合は4本であるが、本方式では2本で足りるという特徴をもっている。従来はワイヤースプリングリレーを使用しているが、最近ではさらに無接点化する意味においてトランジスターが採用されつつある。

むすび

以上、最近の動向について概要を説明したが、シリコン素子の信頼度という点では数年来の実績により、ほぼ安定しており、逆耐電圧においても日立製作所が製作しているPIV1500V形が世界でも最高であり、大体満足し得るべき点に到達していると考えられる。変電所全体としての形式が、そのラインの条件によつて最も便利で適したものを作ることが更に研究開発されるであろう。各機器の詳細については別の機会に説明することにして、本稿では概要だけについて述べ、御参考に供した次第である。