電気化学工業用シリコン整流装置

Silicon Rectifier Equipment for Electro-chemical Industries

曾根田瑞夫*池田正一郎**森山 Mitsuo Soneda

Shōichirō Ikeda

Masakazu Moriyama

高性能大容量シリコン整流素子の量産により、シリコン整流器の製作は飛躍的に増大し、延容量 255MW に 達している。この大半は電気化学工業用で、運転実績はきわめて好成績である。

ここでは主として大電流電気化学工業用シリコン整流装置の製作上の要点と, 各機器の特長を説明し, この 種設備計画に対する参考資料を提供する。

1. 緒 言

高性能大容量シリコン整流素子の量産により, 電気化学用変流装 置としてシリコン整流器はその特長を遺憾なく発揮し、完全にほか の機器にとって代った。これは効率, 価格, 保守, 信頼度などのい ずれの点においてもほかの機器をりょうがするに至ったためで、わ が国で実用化してから3年余にしてかくも急速に発展した機器はき わめてまれであるといわねばならない。

日立製作所においては昭和33年にアルミニウム製錬用 14,000 kW ゲルマニウム整流器を製作した(1)が、引続いてシリコン整流器を多 数製作し, 各種用途に供してきた。これらの現在までの延容量は製 作中のものを含めて 255MW に達している。この中の大半は電気化 学工業用整流器で、わが国の総製作実績の大半を占めている。その 代表例をあげると第1表のとおりで、特に運転中の記録品としては 第1図に示すアルミニウム製錬用 36,000kW シリコン整流器⁽²⁾があ る。これらシリコン整流器の運転実績はきわめてすぐれており、そ の実績から考えてもシリコン整流器の信頼度はきわめて高いことが わかる。

直流大電流を使用する化学工業用として, シリコン整流器が在来 の変流機器に比し、特にすぐれている点を説明すると下記のとおり になる。

(1) 効率が高い

シリコン整流素子単独の効率は99%にも達し、変圧器、電圧調 整器,冷却装置などを含んだ総合効率は第2図のとおりで,電力 費が生産価格に占める割合の大きな化学工業においては、何より もすぐれた特長である。

(2) 運転が簡単,保守が容易

構造が単純で回路構成も簡単なるゆえ,複雑な制御を必要とせ ず、また消耗部品もない。したがって保守の人員は大幅に縮少可 能であり、運転費はきわめて経済的である。

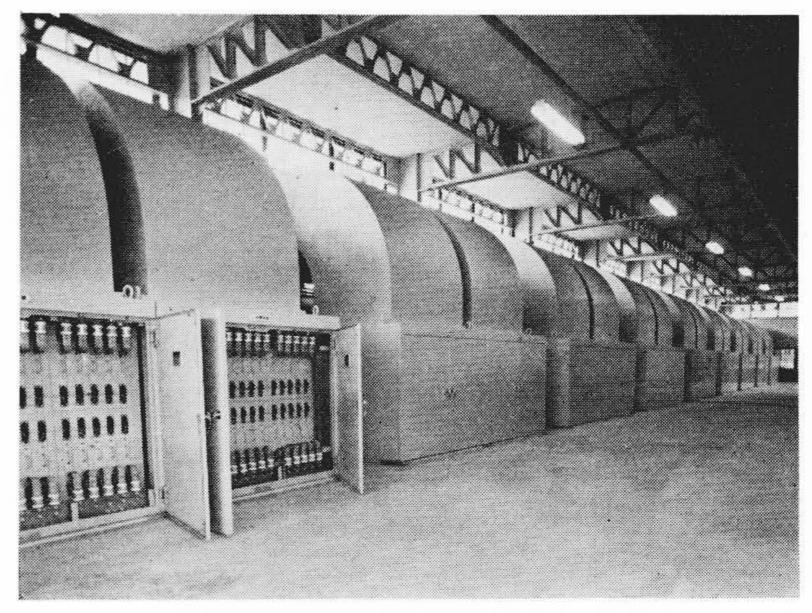
(3) 価格が低廉

高性能シリコン整流素子の量産により、特殊な場合を除きシリ コン整流装置はほかのいかなる装置よりも設備費が低廉である。

(4) 信頼度が高い

信頼度がきわめて大きいことは先に述べたとおりで、この結果 連続運転を行う化学工業用としては非常に大きな利点である。も し万一整流素子が1個破壊したとしても、必要に応じ無停電方式 を行うことができ、特殊な場合以外は予備器を必要としない。

以上述べたシリコン整流器の特長は今後もますます生かされてく ると思われるが,以下電気化学工業に使用される大電流シリコン整 流装置について詳細に述べる。



第1図 320V, 112,500A シリコン整流器

第1表 電気化学工業用シリコン整流器製作例

納 入 先 (敬称略)	納入年度	台数	容 量 (kW)	直流電圧 (V)	直流電流 (A)	月]	ì	金
召和 電 工	34	1	1,750	140	12,500	アル	· = =	ウムタ	製錬
昭和電工	34	1	3,500	50	70,000	アル	· 🗧 =	ウムシ	製錬
可 和 興 産	34	1	1,071	153	7,000	銄	ļ	Ĺ	解
昭和 電工	35	1	36,000	320	112,500	アル	· ミ ニ	ウム集	製錬
東邦チタニウム	35	1	845	65	13,000	真	空炸	字 解	炉
昭和電工	35	1	5,250	175	30,000	食	塩	電	解
日 本 鉱 業	35	2	1,080	180	6,000	銅	倡	Ì	解
関東 電化	35	1	2,016	112	18,000	食	塩	電	解
東邦亜鉛	35	1	2,000	250	8,000	亜	鉛	電	解
三 徳 化 学	35	1	1,087.5	145	7,500	過西	変化力	く素ま	製造
森田高圧ガス	35	1	950	190	5,000	水	É		解
(某 所)	35	1	525	125	4,200	水	É		解
昭 和 電 工	35	1	5,200	260	20,000	食	塩	電	解
日本カーバイト	35	1	4,800	80	60,000	食	塩	電	解
東邦亜鉛	36	2	3,000	250	12,000	銅	Ê	Ē	解
新日本化学工業	36	1	3,700	770	4,800	製			塩
但 硝 子	36	1	5,250	175	30,000	食	塩	電	解

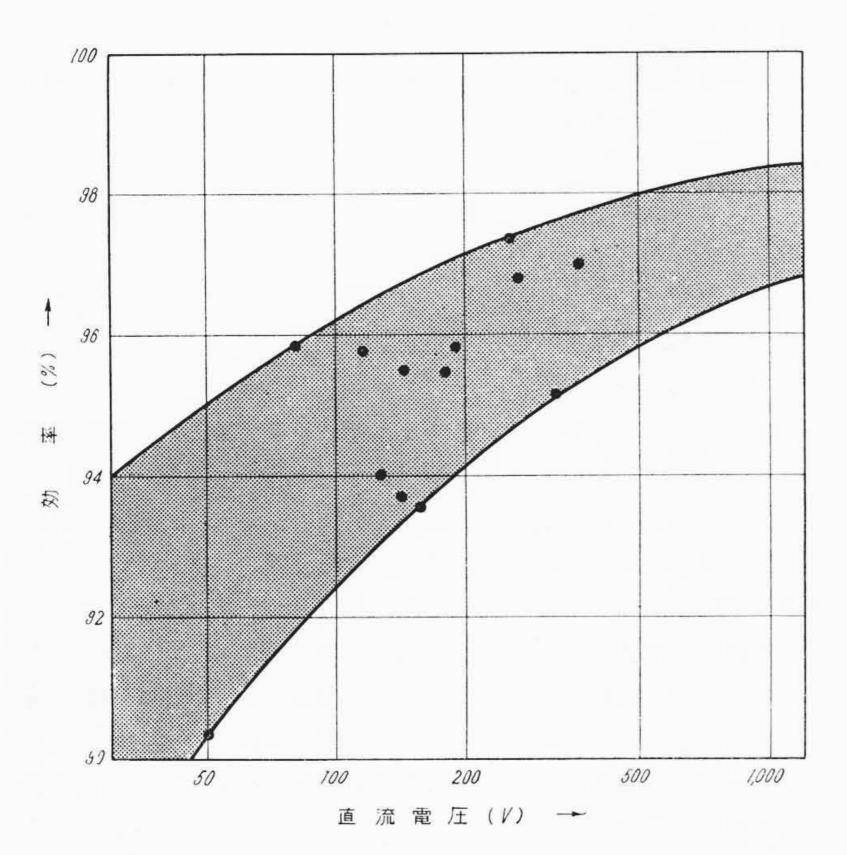
2. 電気化学工業における直流電力の利用

近年における化学工業の著しい発展とともに, 直流電力需要も著 しく増加している。このうち電気化学工業において直流電力を必要 とするものをその電解方式上分類すると次のようになる。

- (1) 水溶液電解によるガス,アルカリの製造 水素,酸素(水電解),塩素,苛性ソーダ(食塩電解)過酸化 水素, 塩素酸ソーダ
- (2) 水溶液電解による金属の精製,採取 銅, 鉛, 亜鉛, カドミウム, 金, 銀, 錫, ニッケル

日立製作所日立工場

^{**} 日立製作所国分工場



第2図 電気化学工業用大容量シリコン整流装置の総合効率

(昭和33年現在) 容 量 (kW) 比 率 (%) 途 用 塩 341,520 29.6 電 解 食 31.3 水 360,884 電 1.5 17,520 製 銅 0.21,810 製 鉛 5.259,540 取 冊 採 アルミニウム製錬 363,560 31.57,685 0.7マグネシウム製錬 1,152,519 100.01 合

第2表 主要用途別直流電源設備容量

(3) 熔融塩電解による金属の製錬

アルミニウム, マグネシウム, チタン, 金属ナトリウム

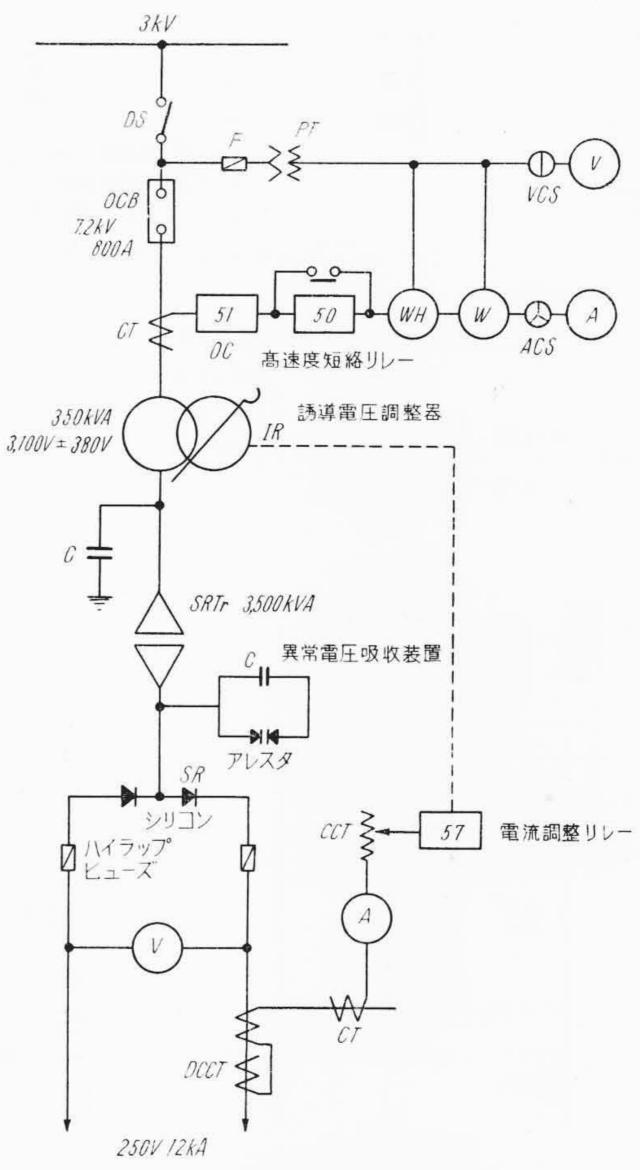
(4) 電解による金属の表面処理

メッキ,アルマイト,電解研摩

以上のうち、主要なものについてわが国全体の電源設備の延容量 は第2表のようになっている⁽³⁾。これから考えるとき食塩電解水電 解、アルミニウムの三者がいずれもほぼ30%ずつ占めていることが わかるが、この中の水電解はその後新設が少なく、むしろ変流装置 の他種工業への転換を主体する設備縮少が行われつつある。これは 水電解の大部分を占めていたアンモニア生産工業が、価格の点で電 解法よりガス法に移行しつつあるためである。一方アルミニウム製 錬および食塩電解は需要の増大とともに急激に設備増強が行われつ つあり、電解槽の大形化に伴い電源も大電流が要求されている。す なわち食塩電解においては 190 kA(4), アルミニウム製錬において は100kAの電解槽が実用にはいっている。またこれに伴い1系列単 位の生産能力が大きくなり、電源設備も数万 kWの大容量器が出現 しつつある。シリコン整流器の著しい性能の進歩は、かような電解 工業のすう勢にきわめてよく適合しており、実に時宜を得たものと いえよう。なお銅電解, 亜鉛電解においても, 1系列の電源容量は 前記2者ほどではないが、やはり電流容量の増加が行われており、 この方面においてもシリコン整流器の利用増加が期待される。

3. シリコン整流装置製作上の要点

電気化学工業用大電流シリコン整流装置を計画,製作するにあたり,一般的に特に問題になる点について次に述べる。



東邦亜鉛株式会社安中工場納

第3図 直流250 V, 12 kAシリコン整流装置単線接続図

3.1 回路構成

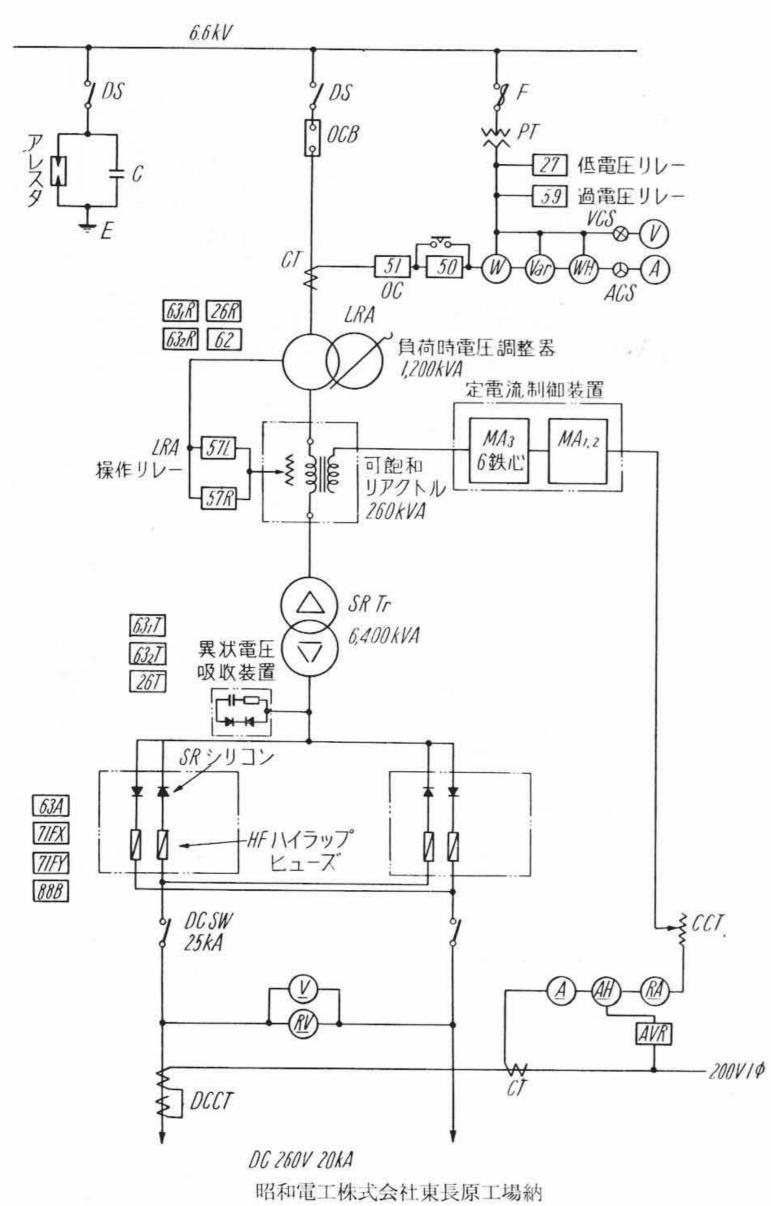
第3図は250V, 12 kA 整流装置, 第4図は260 V, 20 kA整流装置, 第5図は320V, 112.5 kW 整流装置のそれぞれ単線結線図を示す。これらの図よりわかるように全装置は受電変圧器, 電圧調整器, 整流器用変圧器, シリコン整流器, 保護制御装置, 計測装置より成っている。

整流回路としては3相ブリッジ結線および相間リアクトル付2重星形結線の両者が用いられるが、後者は低電圧の場合である。第3図および第4図の場合は整流器用変圧器および整流器は1台であるが、第5図のように大容量器の場合は何台かに分割し、並列に使用する。また整流相数も12相として電源側および負荷側に対する高調波電流を小さくし、波形を良好ならしめている。この場合には各整流器間の電流平衡について十分に考慮する必要がある。しかしながら電解槽の大形化とともに電源の単器容量をできるだけ大きくし、分割数を小さくすることが望まれており、シリコン整流器の単器容量は漸次増加して数万A、数千kWになってきた。

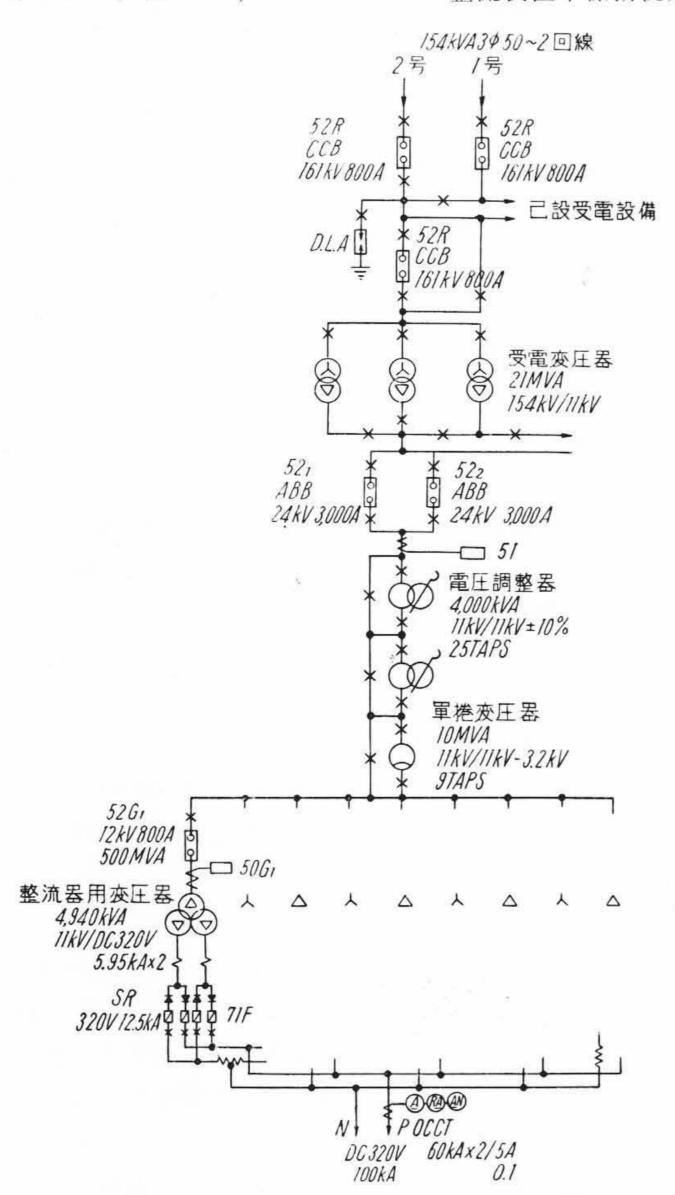
電源設備の大容量化に伴い、整流器用変圧器の60kVないし70kV の直接落しも問題になりつつあるが、これも一般には可能であり、 今後漸次応用されることになろう。

3.2 運 転 条 件

一般にアルミニウム製錬以外の場合には、負荷はほぼ一定である。 しかしながら分解電圧の電槽電圧に対する比が比較的大であるゆえ 電源電圧変動に対しその2倍以上の電流変動を生ずる。また電解槽 の操業上の一部短絡によっても電流は大きな変化をする。したがっ て安定な操業を行うために定電流制御を必要とすることが多い。ア ルミニウム製錬の場合にはさらに陽極効果により負荷が急しゅんな 変動を行う。これに対しては入力電圧一定、定電流、AH一定などの H



第4図 直流 260V, 20kA シリコン整流装置単線接続図



第5図 320V, 112,500Aシリコン整流装置単線結線図

制御が行われる。

上記のような制御を行っても、過渡的にはシリコン整流器は過負荷を負うことになるゆえ、それに対しては十分な容量をもたせることが必要である。

シリコン整流素子が万一1個事故を生じた場合には、通常次の3 種の運転条件が考えられる。

- (1) ただちに電源を遮断し、整流素子を良品と交換する。
- (2) 警報,表示を行い,そのまま運転を続行する。整流素子の 交換は適時運転を停止して行う。
- (3) 警報,表示を行い,そのまま運転を続行する。整流素子の 交換は運転中にトレイの差しかえで行う。

上記のうち(1)は最も製作上簡単で確実である。(3)はシリコン整流器のキュービクル構造が非常に複雑になる。従来のシリコン整流素子の運転実績と照し合わせて考えるとき、(3)は非常に不経済であり、通常は(1)、場合により(2)の方式で十分と思われる。

アルミニウム製錬の場合には,通常全設備のいずれかで事故が発生しても,支障なく運転を続けることが要求される。このさいにはシリコン整流器のみならずほかの機器も必要に応じて予備器を設けることになる。

3.3 電圧調整方式

電圧調整方式にはその用途, 運転条件により次の方式がある。

- (1) 連続電圧調整………誘導電圧調整器,可飽和リアクトル
- (2) 階段状電圧調整……負荷時電圧調整器, 単巻変圧器
- (3) 1, 2を組合わせた方式

以上のいずれの方式を採用するかは負荷の特性,運転方式,調整 範囲,調整ひん度,価格などにより決定される。各方式の具体的説 明に関しては別に後述する。

3.4 他機器との並列運転

既設の回転変流機,水銀整流器もしくは接触変流機などと並列運転を行うことが必要な場合には、単独運転の場合に比し、いくつかの重要な問題がある。これに関しては以前に論じた(5)ことがあるので省略するが、一般には電圧変動率をほぼ合わせること、直流側に遮断器および平滑用直列リアクトルを設けること(単独運転の場合は不要)、過負荷保護の協調を十分に考慮した容量とすべきことなどを十分に検討せねばならない。

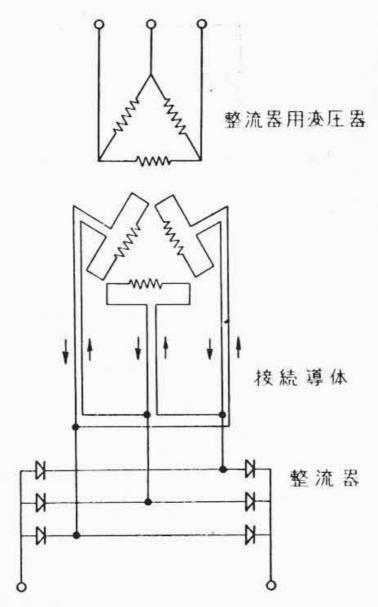
3.5 力 率

一般にシリコン整流装置の力率は90ないし94%程度であり、可飽和リアクトルにより電圧調整を行う場合には90%以下となる。したがって力率を所要値に維持するためには、静電蓄電器を設置する必要が生ずる。なおこれの回路にそう入する遮断器は、再点弧防止形とすることが必要である。

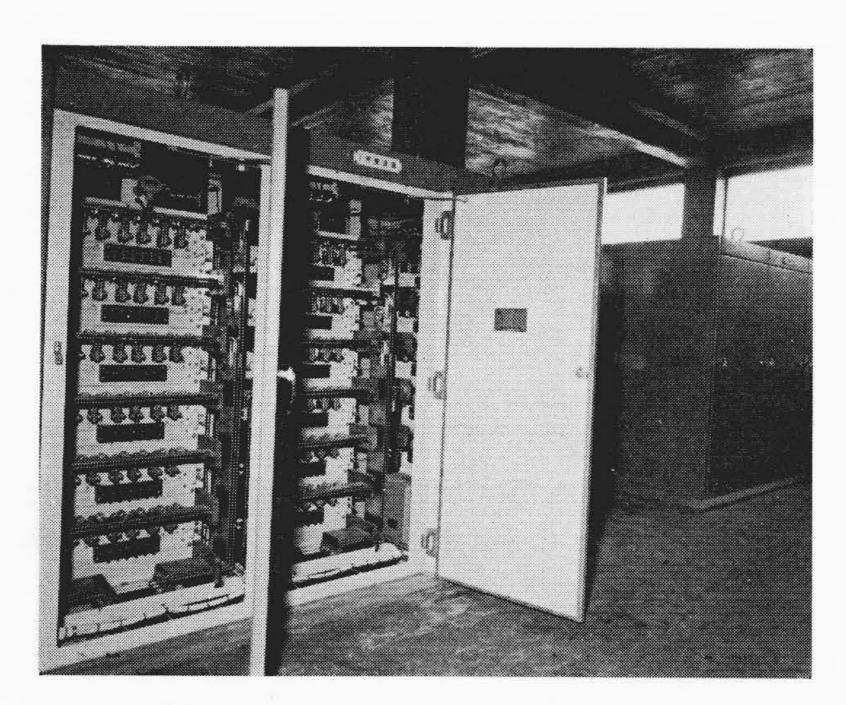
3.6 機 器 配 置

通常整流装置は電解槽室に隣接して設置されるが、できるだけじんあい、ガスの少ない場所を選ぶことが望ましい。それでも食塩電解のような場合には、各機器とも塩素ガスに対して十分な耐酸処置を構じておかねばならない。また工場が海岸地帯の場合には特に屋外の機器に対し塩害に対する十分な考慮が必要で、ブッシングの絶縁階級を1号上げることも行われている。

整流器と整流器用変圧器の距離は導体損失および電圧降下を少なくするためできるだけ短いことが望ましい。この点整流器用変圧器は屋内のほうが望ましいが、冷却および建屋の条件から屋外に設置されることも多いので、この際も特に距離が短くなるよう留意すべきである。なお距離が比較的長くなる場合には、変圧器2次巻線を開放3角形とし、接続導体を第6図のように往復配置にするとリアクタンスによる電圧降下を減少させるのに有効である。



第6図 整流器用変圧器2次巻線開放3角形の場合の接続



第7図 175V, 15,000A×2シリコン整流器

4. シリコン整流器

シリコン整流素子は既に定格尖頭逆電圧 1,000 V, 定格平均電流 200, 300, 500 A など最高性能を有しており、その実績もきわめてすぐれている。これら整流素子に関しては別稿に譲り、以下に整流器キュービクルの構造などについて述べる。

4.1 キュービクル構造

シリコン整流素子は軽合金製の冷却体を取付けて、キュービクル 内に多数収納されるが、その収納方式として大別して次の2者があ る。

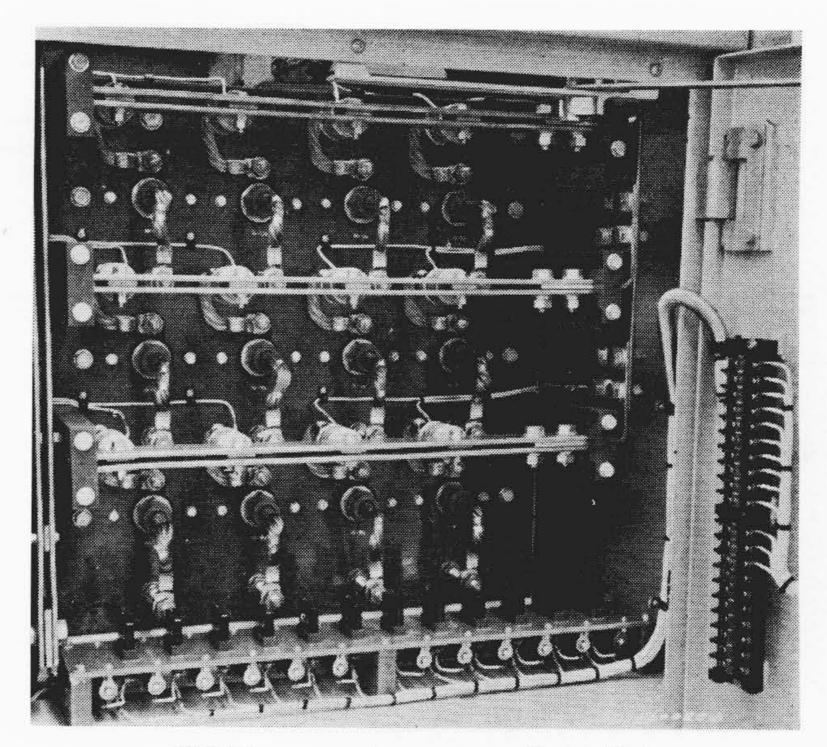
(1) トレイ式

整流素子をいくつか引出状のトレイに収納し、そのトレイを数 個以上わくにそう入し、まとめてキュービクルとする。第7回は この例を示す。

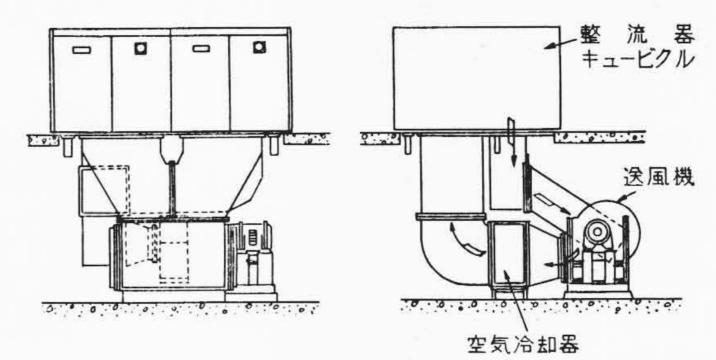
(2) 固 定 式

整流素子を平面状に配列したもので、整流素子は1個ずつ取付け、取はずしを行う。第8図はこの例を示す。

両者はおのおの特長を有し、いずれがよいかは種々の条件によるが、整流素子の数が比較的少ない中小容量器においては後者のほうがキュービクルは小形で構造も簡単である。しかしながら大容量器で整流素子数が200ないし300個以上にもなると、後者ではキュービクルの奥行方向に整流素子を2個しか配置できないため、キュー



第8図 トレイなしシリコン整流器構造



第9図 水冷式空気冷却器付閉鎖循環風冷方式シリコン整流器

ビクルの幅寸法が前者よりも相当大きくなる。したがって両者のいずれを採用するかは経済比較および運転条件によりきまる。

キュービクルには整流素子のほかにハイラップヒューズ(日立高速度限流ヒューズ),警報ヒューズ,警報接点付温度計および風圧継電器などの整流素子の保護装置を収納しており,正面はとびら,背面は掛ドアとして点検に便ならしめている。

なおトレイそのほかの主要部分は非磁性材を使用して大電流の誘導による損失を少なくしている。

4.2 冷 却 装 置

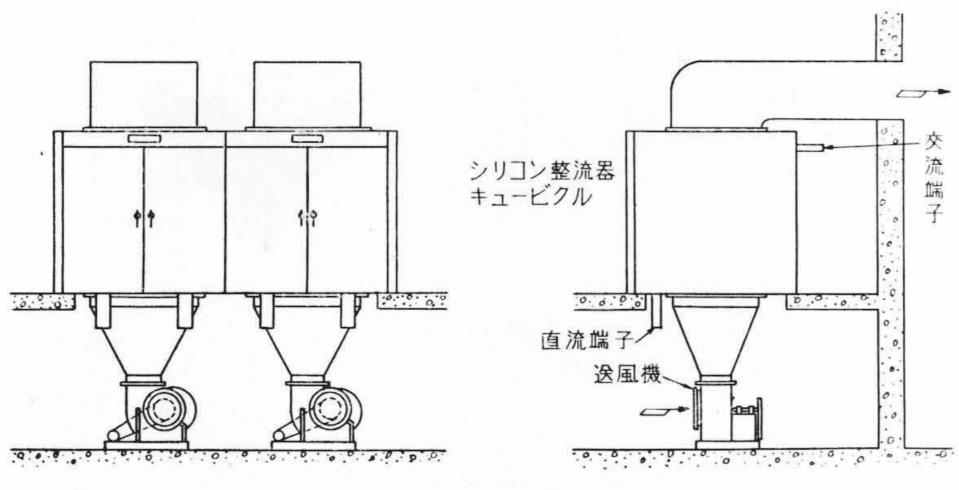
シリコン整流素子の冷却は、特に低電圧の場合水冷式とすることもあるが、通常は風冷式が行われる。この場合開放形直接風冷式と水冷式再冷却器付閉鎖循環風冷式の2種がある。腐食性ガスが特に多い場合には第9図のように後者が採用される。前者の場合も構造上送風機をキュービクルに内蔵する方式および第10図のように別置とする方式があり、建屋の構造、機器配置条件によりそれを決定する。なおじんあいが多い場所に設置される場合には空気フィルタを設けるが、特に著しいときには回転油膜式フィルタを空気取入口に設けると効果がある。

4.3 電流の平衡

大電流シリコン整流器において最も重要な問題の一つは整流素子間の電流バランスである。特に単器容量の大きい場合にはきわめて重要で、整流素子および接続導体の配置が適切でないときには大きな電流不平衡を生ずる。これについて原因別に分類して考えると次のとおりになる。

(1) 整流素子の順方向特性の不均一

整流素子の順方向特性はある程度のばらつきがあるが,同相の 並列素子の特性はマッチングをとり,電流不平衡を小さくするこ とが必要である。



第10図 開放形風冷式シリコン整流器

(2) 同相整流素子の接続導線不均一

昭和36年3月

1相の並列素子数が数十個にも達すると、その全数に対して導線の長さを均一にすることはむずかしくなり、また長さを均一にしてもリアクタンスは等しくならず、電流不平衡の原因になる。これに対しては従来の実績と研究結果に基づき最も適切な配置を実施しており、さらに必要に応じ、簡単な調整リアクトルをそう入してバランスをとることなどが行われている。

(3) 他相電流の影響

1相の並列素子数が多いとき、その素子は空間的に相当な広がりを占め、それによって隣接相の電流から受ける影響が不均一になる。したがって転流時のリアクタンスとして並列素子間で相互誘導により不平衡を生じ、電流分担の不均一を生ずることになる。これについても(2)と同様十分に調査が行われており、実用上支障なく運転できるよう考慮してある。

なお整流器と整流器用変圧器の接続導体の配置も、整流素子の電流不平衡に影響を及ぼすゆえ、これに関してもかかる見地から計画設計されねばならない。

5. シリコン整流器用変圧器

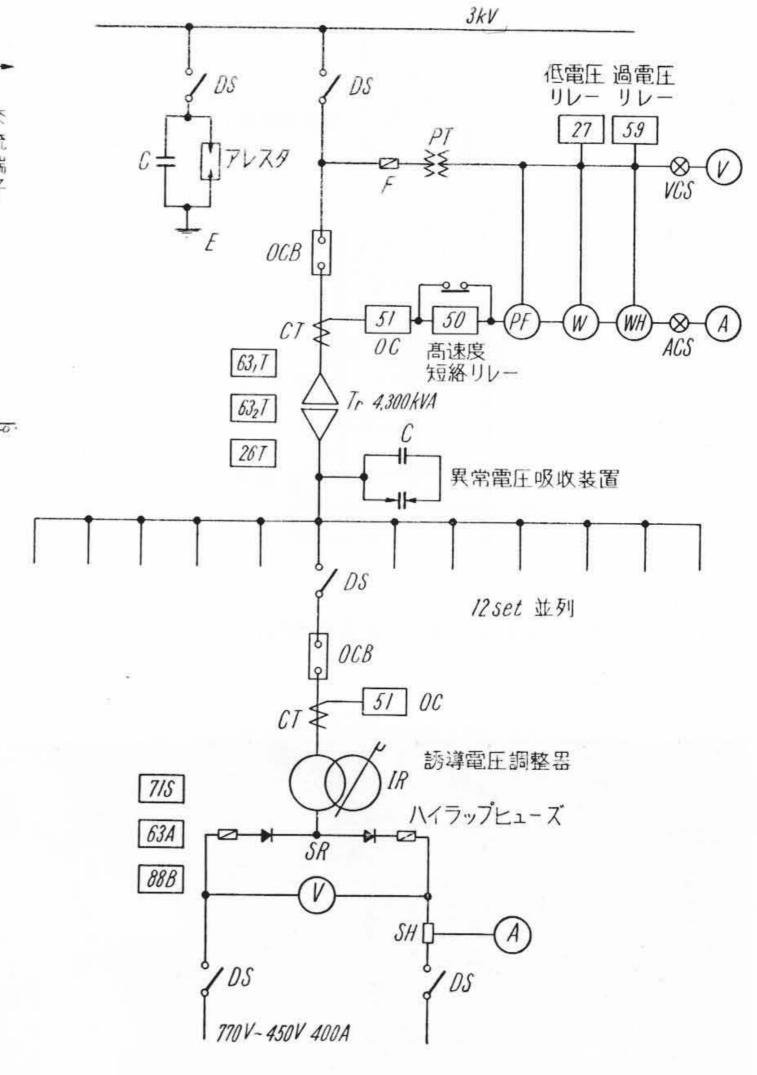
シリコン整流器用変圧器の機械的強度あるいは変圧器自身の対サージ強度などについては,水銀整流器用変圧器と同じ考え方でよいが,整流器の特性や直流電圧,電流の範囲が異なるため,変圧器の構造も多少変ってくる。そのおもな事項について次に述べる。

5.1 サージ電圧の移行値

化学用シリコン整流器設備は,低電圧,大電流となることが多いので,変圧器によるサージ電圧の移行値は,直流回路の絶縁基準に対して大きくなりがちである。したがって整流器用変圧器は,サージ電圧移行値を極力小さくしなければならない。

第3表 電圧調整方式比較表

調整器 誘導電圧 調整器		負荷時電 圧調整器	可 飽 和リアクトル	負荷時電圧調 整器+誘導電 圧調整器	負荷時電圧調 整器+可飽和 リアクトル		
電圧調整の 連 続		階段状	連続	連続	連続		
速応	性	やや遅い	遅い	速い	やや遅い	やや速い	
カ	率	良	良	悪	良	悪	
許容される 動作ひん度		小	大	小	やや大		
電圧調整	大	適	適	不 適	適	適	
範囲	囲 小 適		適	適	適	適	
1.中小容量 2.連続制御 を要する 対象		1.一般	 調整中小なるもの エ手特性を要するもの 連続制御を要するもの 動作ひん度大なるもの 	1.一般 2.連続制御を 要するもの	1.一般 2.連続制御を要するもの 3.小範囲の動作 ひん度の大な るもの		



第11 図 12×直流 770~450V, 400Aシリコン整 流装置単線接続図

このため、一次電圧3kV以上の日立シリコン整流器用変圧器は、すべて一次二次巻線間にしゃへい板を設け、サージ電圧の移行値を低減せしめるとともに、一次二次間の混触防止にも万全を期している。

5.2 二次巻線の結線法

論

シリコン整流器は、正方向電圧降下が小さいので、3相ブリッジ 結線とすることが多く、この場合変圧器二次巻線は三角形結線とな る。一般の変圧器で三角形とするときは、変圧器タンク内で隣接相 と接続し、外部端子3本を引出すのが通例であるが、シリコン整流 器のように低電圧、大電流の場合には、開放三角形として、往復母 線により漏えい磁束を打消しリアクタンス低減をねらうと同時に変 圧器内部のリード引回し構造を簡素化して、各相間のインピーダン ス不平衡をさけている。

5.3 別置形相間リアクトル

極端な低電圧、大電流器では、効率、価格の面から一般に相間リアクトル付二重星形結線が採用される。この場合相間リアクトルは母線の一部を利用した貫通形とするのが有利であり、変圧器本体とは別置されることが多い。

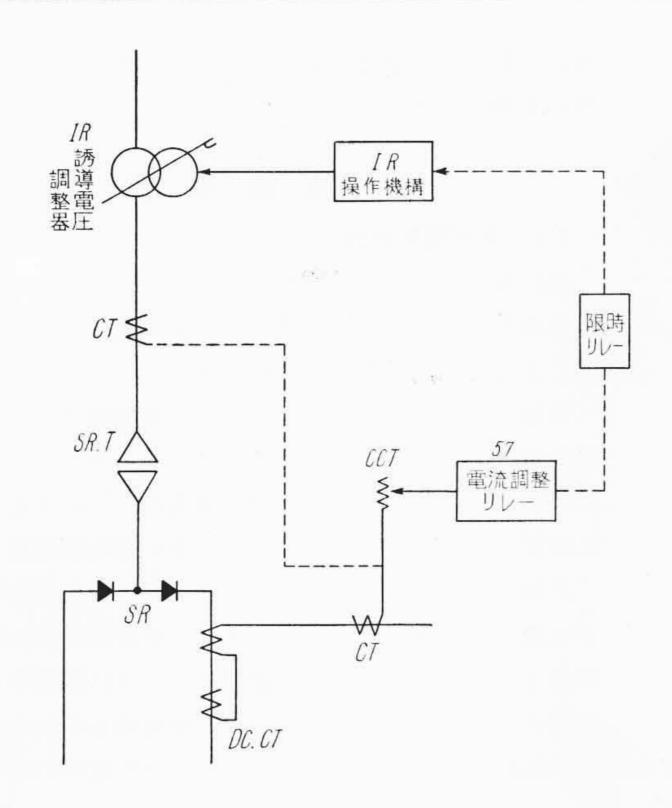
6. 電圧電流調整方式

6.1 各種調整方式の比較

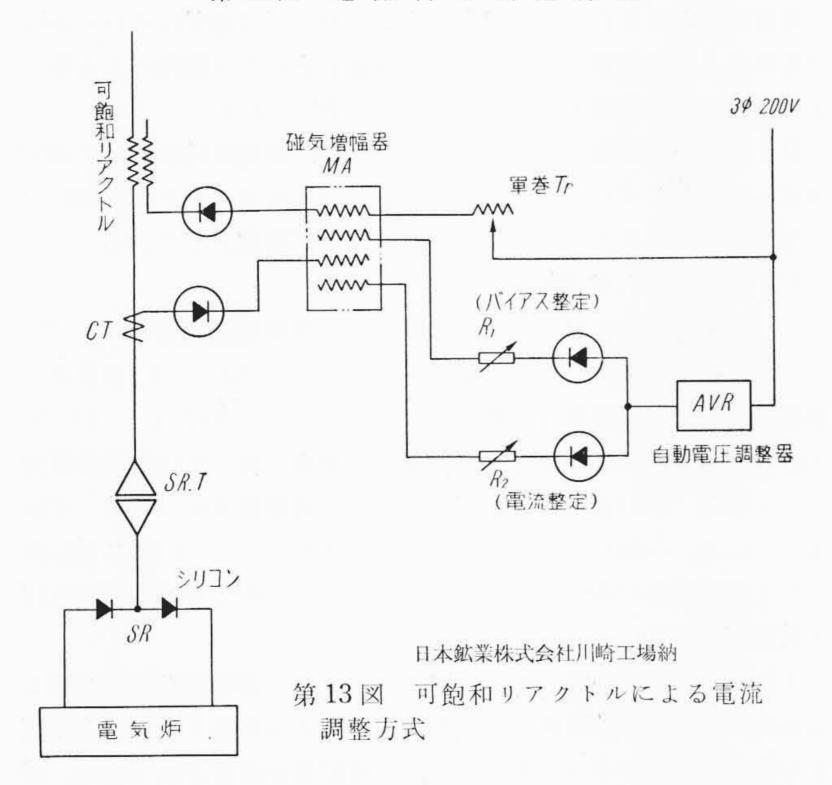
電力用シリコン整流器は、制御格子をもたないので、水銀整流器と異なり、電圧電流の調整はすべて別の電圧調整装置によらなければならない。この点、従来の回転変流機と同様な考慮が必要である。

電圧調整装置としては,原則的に一般交流回路に用いられるものと同じ方式を使用しうるが,受電条件,直流負荷に必要な制御特性,機器容量,運転保守の難易,価格などを総合して最も合理的な方式を採用すべきである。

電圧調整方式には、誘導電圧調整器、負荷時電圧調整器、可飽和



第12図 電流自動調整方式



リアクトルなど負荷状態のまま調整するものと、変圧器自身にタップを設け、あるいは専用の単巻変圧器をおいて、このタップを無電圧で切換える方式との2種類に大別される。無電圧調整のほうが安価であるが、一般には、この方式のみでは不十分で、全調整範囲の一部分なりとも負荷状態での調整を要求されることが多い。ただ調整範囲が広い場合、負荷条件によっては、この両者を組合わせ、粗調整を無電圧で、密調整を負荷状態で行う方式が有利となることがあるので、計画にあたっては、無電圧調整方式についても検討しておかねばならぬことはいうまでもない。

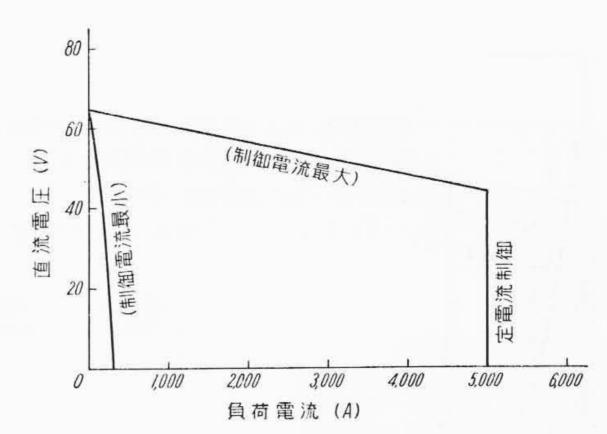
負荷状態における調整方式としては、いろいろな機種の組合せが 実用されているが、各々一長一短があり、用途、所要性能などに応 じて選択せねばならない。参考資料として、第3表におもな方式と その特長、適用範囲を示した。

6.2 調整方式の実例

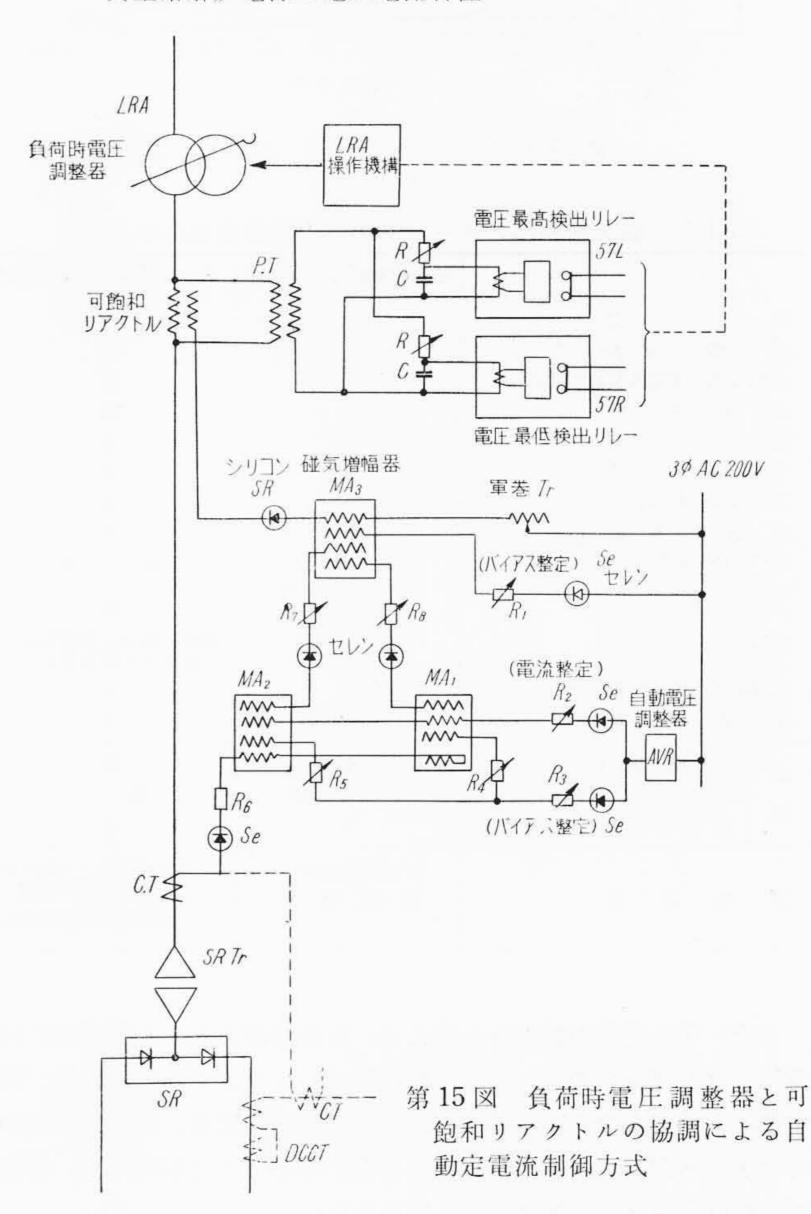
以上に述べた方式の実例として、最近日立製作所で製作した化学 用シリコン整流装置の電圧電流調整装置の代表例を次に述べる。

第11 図は、12 組の整流装置各個に誘導電圧調整器を設けて、手動調整を行った製塩電解の例で、同様に、個々に可飽和リアクトルを使用した例もあるが、省略する。

第12回は、誘導電圧調整器によって自動定電流制御を行った例



第14回 可飽和リアクトルにより電圧調整を行った 真空熔解炉電源の電圧電流特性



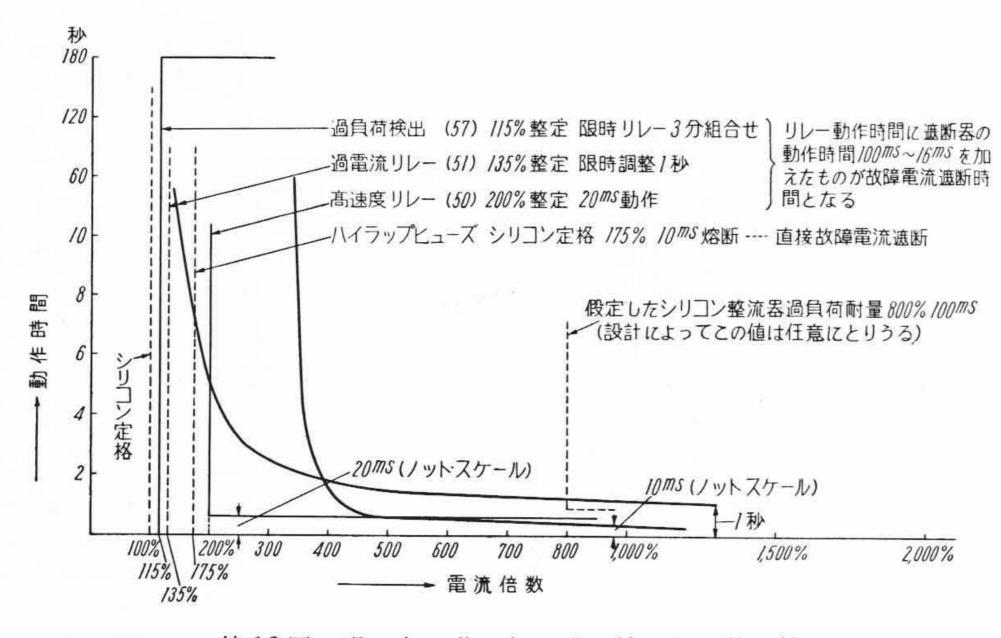
で,化学用直流電源は,一般に電流変化の幅が狭いので,電流検出は直流側でも,点線のように交流側でも実際上差異がない。

第13 図は、電気炉用シリコン整流装置で、電気炉が短絡したとき、急速に電流を制限するため、全域を調整しうる可飽和リアクトルを使用した実例で、第14 図はその電圧電流特性を示す。

第15 図は、負荷時電圧調整器と可飽和リアクトルとを組合わせ、連続自動定電流制御を行った例である。可飽和リアクトルは、磁気増幅器によりその励磁電流を調整し、負荷時電圧調整器のタップ間をさらに細かく定電流制御せんとするもので、可飽和リアクトルの端子電圧が上限に達すれば、57Lによって負荷時電圧調整器を1タップ下げ、逆に下限になったとき、57Bによって1タップ上げるよう連動している。57L、57Bは新たに開発された高感度継電器である。

前掲の第5図は、大容量シリコン整流装置の実施例で、大幅な調整は、無電圧切換えの単巻変圧器により、密調整は負荷時電圧調整器2台を直列として、手動調整を行っている。なおこの負荷時電圧調整器直列2台を自動定電圧制御に使用した例もある。

日



第 16 図 過 荷 負 保 護 協 調

第4表 磁気飽和形とホール効果形の直流変流器の比較表

	磁気飽和形直流変流器	ホール効果形直流変流器		
出 力	大	小		
増幅器の要否	不 要	要		
制御電流用定電流装置の要否	不 要	要		
負 荷 特 性	良	悪		
温 度 影 響	無	有		
外部磁界の影響	小	大		
貫通直流母線の位置寸法による誤差	小	大		
信頼度寿命	優	劣		
価格 (10 kVA以下)	安 価	高 価		
速 応 性	やや劣る	良		
波形の忠実度	平均值指示	瞬時値指示 ただし出力 を直流としたときのみ		
補助電源容量	大	小		
製 品 重 量	大	小		
誤 定格値以上	小	大		
定格値の 20~100%	同	程 度		
差 定格値の 0~20%	大	小		
適 用 範 囲	一般配電盤計器 継 電 器 用	1. 過渡現象, パルス状 大電流などの測定		
TO ELL	712 Hz 111 713	2. 直流電力の直接測定		

以上、電圧調整の数例をあげたが、自動制御方式とした場合に注 意しなければならぬことは、調整装置のハンチングと、可動部、開 閉部を有するものの寿命の点である。電源の安定度、負荷変動の条 件などを考慮して, 適当な動作ひん度となるような制御方式, 感度 あるいは応答速度を選ばなければならない。

6.3 直流電流の測定

電圧電流の調整を行うには、その前提として制御さるべき直流電 圧電流を測定することが必要であるが、電圧については比較的低電 圧が多いので問題はない。近年とみに単位設備容量が増大し、一組 の整流設備で 120 kA 以上にも及ぶものも製作されるようになった ので、この直流大電流の測定が大きな問題である。

このような直流大電流の測定には、シャントはほとんど不可能と なるので, 従来はもっぱら磁気飽和形直流変流器が使用されてきた。 しかるに最近半導体の新しい応用分野として注目を集めている。ホ ール起電器を利用したホール効果形直流変流器の採用が話題に上っ ており、この両者の優劣が問題となることがあるので、この機会に おのおのの利害得失についてふれておく。

両者のおもな特長を表示すれば第4表のとおりであるが、精度の 点では両者ほぼ同程度であり、増幅器、制御電源を含めた信頼度、 寿命などを総合して、化学用整流装置の通常の計器あるいは継電器 用としては, 磁気飽和形が適当と考えられる。

ただ、ホール効果形は速応性の面で有利であるので、数十ms程 (5) 電源電圧低下

度の非常に早い過渡現象が問題になる場合には、その長 所が有効に活用されることになろう。

7. 保護装

7.1 異状電圧保護

異状電圧は、(1)外電サージ (2)開閉サージ (3) 力率改善用コンデンサの遮断時の振動電圧 (4)電源異 状による商用周波数電圧上昇などである。この対策とし て前掲の各単線接続図に示すように受電側にアレスタ, またはアレスタとコンデンサ (サージアブゾーバ)を設 けてサージ電圧をアレスタの制限電圧以下にするととも に波頭しゅん度をおさえている。次に整流器用変圧器の 二次側にコンデンサまたはコンデンサと非直線形アレス タを設けて二次移行電圧をシリコン整流器の安全値以下 に引下げている。特に非直線形アレスタは開閉サージを 対照としている。さらにシリコン整流体おのおのに並列

抵抗または並列抵抗と並列コンデンサを入れて分担電圧の均分化を 計っている。

電源異状による商用周波電圧の上昇に対しては過電圧リレー(59), 停電に対しては低電圧リレー(27),調整装置の不良動作による電圧 上昇に対しては直流過電圧リレー(45)を設けている。

以上の諸対策は電圧、容量、負荷の性質、現地条件に応じて適宜 選定して採用しているが工場におけるインパルステスト, 現地にお ける開閉サージテストなどでいずれも安全が確認されている。

7.2 過負荷保護

- (1)一般過負荷に対しては逆限時特性の誘導形過電流リレー(51)
- (2)短絡事故に対しては高速度過電流リレー(50) (3)整流素子 短絡に対しては高速限流熔断のハイラップヒューズ(71F) (4)51 が動作に至らない10~20%程度の過負荷継続に対しては平衡形電流 リレー(57) (5)直流短絡に対しては直流過電流リレー(76) で保 護している。一般に(1)(2)(5)は保護遮断を行い (3)は運転続 行して警報表示のみ行う場合もある。ただし同相で2本熔断すれば 保護遮断を行う。

上記はいずれも実状に応じて選定している。過電流保護で問題と なるのは遮断器の遮断速度と遮断容量で前者は検出リレーの動作速 度も考えた上でシリコン整流器の過電流耐量が設計されている。後 者はたとえば第11図のような場合各整流器回路の遮断器は遮断容 量の小さなものとしこの遮断容量以内の保護遮断は行うがそれ以上 のときは遮断容量の大きな主回路の遮断器を開放する方式として設 備の経済化を計っている。 第16回 に過負荷保護協調の一例を示 す。

7.3 電流素子の短絡断線

化学用は一般に電圧が低いので直列整流素子は普通1個か2個程 度が多い, そのため一素子の短絡検出(71E)素子断線(不導通)検出 (71S) などは特に設けず前述の過負荷保護のみとしている。しか し化学用でも直流 600~700V という場合もあり、そのときは素子 の直列数も増すので実状に応じて71E 71S のいずれかを採用する 場合もある。

7.4 そのほかの保護

- (1) 冷却扇の風圧低下を検出するリレー (63A)
- (2) 冷却扇用モータの停止 $(88\,\mathrm{B})$
- (3) 整流器キュービクル内の温度上昇 $(26\,{\rm C})$
- (4) 再冷器を使用する場合の断水リレー (63W)

以上が整流器本体に関係する保護である。なお一般的な保護装置 として下記が設けられる

(27)

(6) 電圧異状上昇

(59)交流(45)直流

(7) 操作電源異状

(47)

(8) 変圧器内部事故

(63T₁)重故障(63T₂)軽故障

(9) 変圧器温度上昇

(26T)

(10) 負荷時電圧調整器切換渋滞

(62)

(11) 誘導電圧調整器温度上昇

(26R)

(12) 可飽和リアクトルと温度上昇 (26X) 以上各項において述べた保護対策が総合されてシリコン整治

以上各項において述べた保護対策が総合されてシリコン整流装置の 安全運転, 劣化防止, 大事故の未然防止に役立っている。

8. 結 言

以上電気化学工業用として使用される大電流シリコン整流装置の各種問題点について論じた。電気化学工業は電解槽の大形化によりますます大電流高能率の直流電源を要求しつつあり、シリコン整流器はまさに最も理想的な変換装置といえよう。

シリコン整流器の急速な進歩とともにその保護装置および電圧調整方式も相次いで画期的な試みを採用して発展しつつある。これら

の技術的進歩と運転実績の累積により、シリコン整流装置はさらに 顧客の要求にマッチした使いやすい装置として広く利用されること が期待される。

日立シリコン整流素子の性能および信頼度は、すでに諸外国の製品をしのぐ優秀なものであることが実証されているが、一方その生産量も、全国の電気化学工業用のみならずあらゆる分野の全需要を十分にまかなうだけの能力を有しており、今後さらにより良き整流素子の量産化、低廉化、保護方式の確立などに不断の研究努力を重ねて行く方針である。

参考文献

- (1) 近藤, 森田, 森山: 日立評論 40, 929 (昭33-8)
- (2) 近藤, 高橋: 日立評論 42, 935 (昭35-9)
- (3) 電気化学用変流装置専問委員会資料: 今後の電気化学変流 装置について(昭35-6)
- (4) H. A. Sommers: Chem, Eng, Prog., 53, 409, 506 (1957)
- (5) 曽根田, 森田: 日立評論 別冊 32, 31 (昭34-11)

新案の紹介



実用新案第505380号

海 沢 昭 二

机 形操作盤

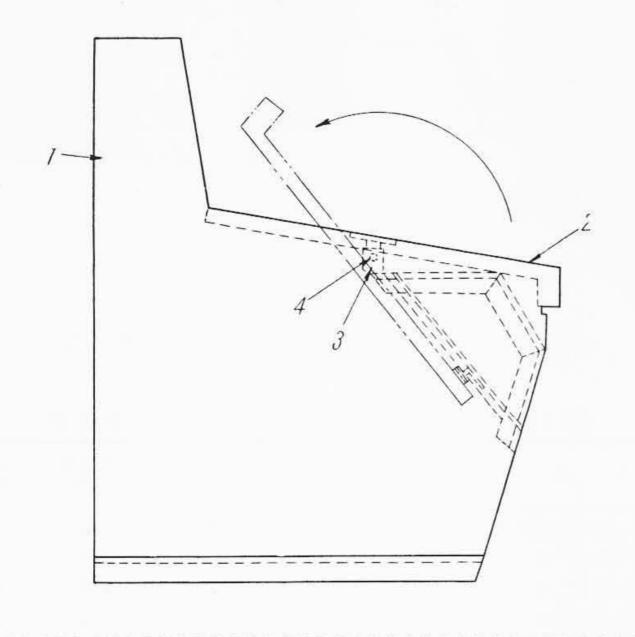
この考案は机形操作盤の制御器具を取付ける斜面板の開閉機構に 関するものである。机形操作盤の斜面板は内部の点検や配線をする 場合上に開く必要があるが,大形の盤では斜面板の重量も大となり 開閉が困難になる。

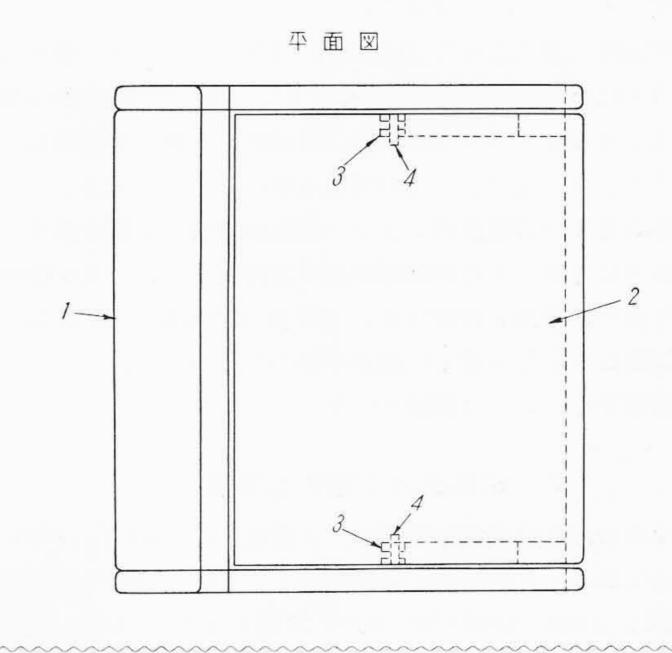
この考案は斜面板2をその両側中央部において本体1に設けた軸受3と軸4により回転自在に支持し、軸4を中心として前後の部分

の重量を大体バランスさせるようにしてあるので、大形の盤でも斜面板を楽に開閉することができる。また図の鎖線で示すように斜面板は90度以上にわたって回転し、その開放位置では裏面全体が手の届く範囲におかれるから、裏面の点検や配線に非常に便利である。

(坂本)

側面図





Vol. 21

日 立 造 船 技 報

目

次

No. 4

- ◎クロムメッキライナの実用性に関する研究
- ◎クロムメッキの密着試験法
- ◎亜 鉛 が ま 用 鋼 材 の 選 定
- ◎熱交換器の適正拡管について
- ◎耐食アルミ合金熔接部の欠陥の静的および疲れ強さに及 ぼす影響に関する研究
- ◎ラダーストックの鋳造鍛造併用製作について (第1報)
- ◎外径仕上旋削における切削条件と表面あらさの関係
- ◎ク リ ヤ リ ン グ プ レ ス
- ◎特 許 新 案 製 品 紹 介
- ◎日 立 造 船 技 報 総 目 次 (昭和35年度)

本誌につきましての御照会は下記発行所へお願いいたします。

日立造船株式会社技術研究所大阪市此花区桜島北之町