

シリコン整流器式直流アーク溶接機

Silicon Rectifier Type D. C. Arc Welders

佐野 司*
Tsukasa Sano

内 容 梗 概

磁気増幅器およびシリコン整流器を用いた直流アーク溶接機を完成した。製作にあたって、磁気増幅器の溶接機応用における動作原理の解明および実験的裏付けにより解明結果を検討し磁気増幅器の溶接機応用における設計方針を確立することができた。

1. 緒 言

従来用いられてきた直流溶接機は交流電動機と直流発電機の組合わせにより整流作用を行う方式のものが大部分であったが、最近アーク溶接に必要な程度の大電流を直接金属整流器により整流することが可能になり、現在諸メーカーによりセレン整流器を用いた直流溶接機が市販されている。しかしセレン整流器単位素子の電流容量は溶接電流に比し非常に小さくそのため数多くの整流器素子を溶接機に内蔵せねばならぬ欠点をもっている。一方最近開発されたシリコン整流器は小形素子で大電流を整流する能力をもち、また耐電圧が高く高温にも耐えうるというすぐれた諸特性をもっており溶接機用整流器としては理想的なものといえる。

アーク溶接機においてアークを安定に発生せしめるにはいわゆる垂下特性をもった電源が必要になる。さらに溶接条件いかににより電流を任意に調整する必要があり、従来回転形のほか可動鉄心形リアクトルや可動コイル形リアクトルがその目的に用いられてきた。今回日立製作所で開発した溶接機では磁気増幅器特性の多能性および特性の調整しやすさを利用して所要の溶接特性を得ており、磁気増幅器を用いている点は最近信頼性の高い制御方式として採用されつつある静止制御 (static control) を利用したもので、従来の溶接機に比較しすぐれた性能を発揮することができる。

2. 溶接機の理想特性

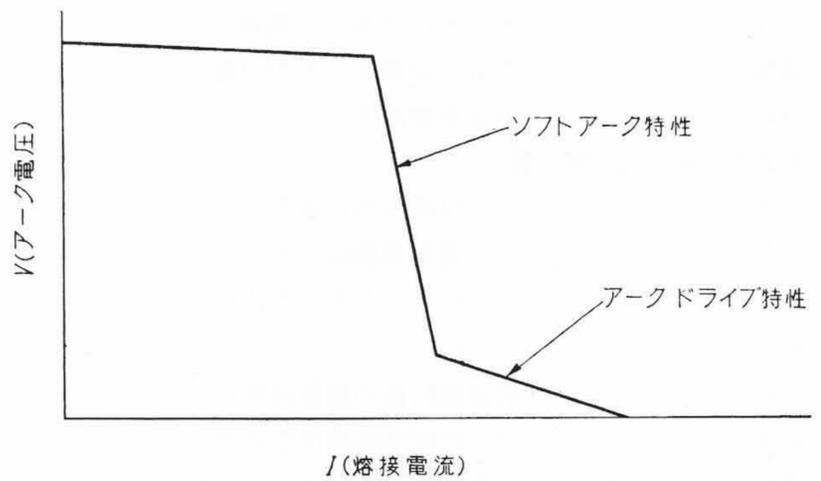
アーク溶接機に要求される特性は溶接技術者により検討され各種文献⁽¹⁾に発表されている。これらを参照すると溶接最適条件を与えるものとして第1図の静特性を満足することが要求されている。同図でソフトアーク (soft arc) 特性はいわゆる垂下特性でアークを安定に発生せしめるのに要求される電源特性である。またアークドライブ (arc drive) 特性は溶接棒と母材が接近してアーク電圧が低下した場合電流を大きく流して溶接棒および母材の熔融を早めてフリージング (freezing) を防ぐとともに溶け込みをよくするために必要な特性である。

以上の特性を磁気増幅器を用いて実現するわけであるが、磁気増幅器は大別して外部帰還形磁気増幅器と自己帰還形磁気増幅器に分けられる。溶接機に用いる場合いずれを用いるかにより動作原理をまったく異にしてくる。以下これについて詳述する。

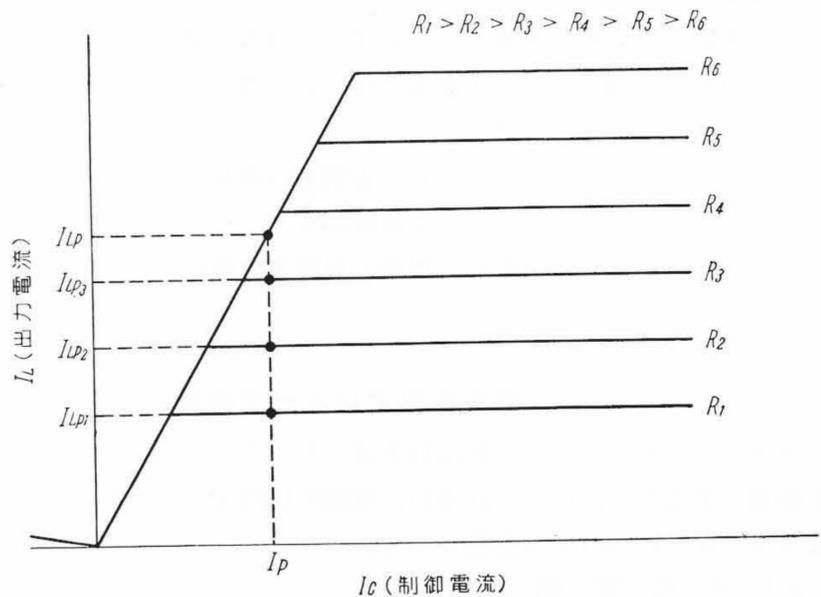
3. 磁気増幅器と溶接特性

外部帰還形磁気増幅器は可飽和リアクトルにおいて出力電流を正帰還して制御電流の働きを助け、小さな制御電流で出力の調整を可能にする原理のものであるが実際には溶接機においては出力が大電流であるため可飽和リアクトルに帰還巻線を巻くことは電工作業上ほとんど不可能である。そのため可飽和リアクトルを正帰還なしに

* 日立製作所日立工場



第1図 溶接電源理想特性



第2図 可飽和リアクトル理想特性(1)

用いるのが溶接機における応用の実状である。

可飽和リアクトルの理想特性を負荷抵抗をパラメータとしてプロットしたのが第2図である。負荷抵抗は溶接機における応用においてはアーク等価抵抗に相当するものである。理想特性とはリアクトルの鉄心が完全な長方形ヒステリシスループ特性であり、整流器正方向電圧降下を無視し、また整流器逆電流が零であるという理想条件が成立つ場合に得られる特性である。

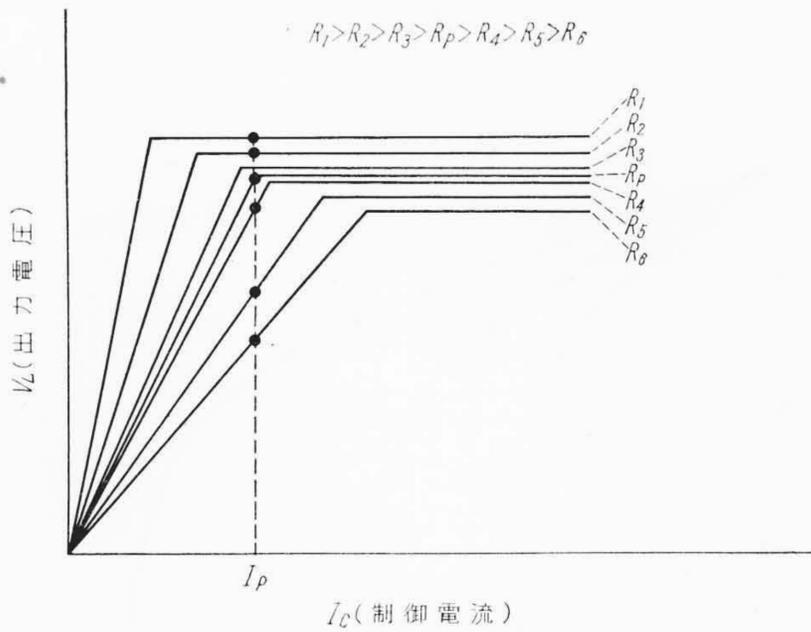
可飽和リアクトルでは制御回路と出力回路間に(1)式の等アンペアターの法則が成立つ。

$$N_C I_C = N_L I_L \dots \dots \dots (1)$$

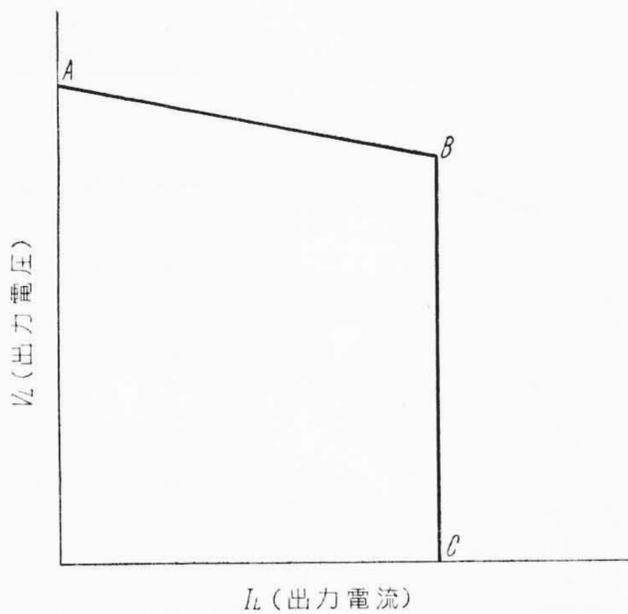
ただし N_C : 制御巻線回数 I_C : 制御電流

N_L : 出力巻線回数 I_L : 出力電流

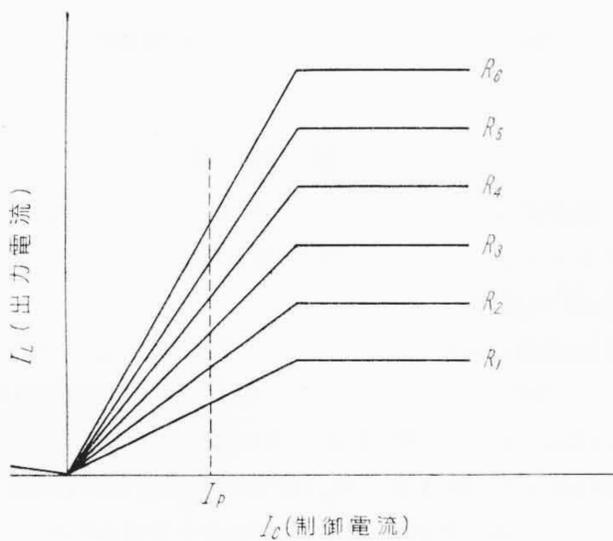
そのため、制御電流をたとえば I_P にセットし、負荷抵抗を R_1, R_2, \dots と減少していくと、出力電流は I_{LP1}, I_{LP2}, \dots と増加し、 I_{LP} に達すると等アンペアター法則が成立する範囲にはいるのでそれ以下に抵抗を減少しても負荷抵抗に関係なく出力電流は一定に保たれ



第3図 可飽和リアクトル理想特性(2)

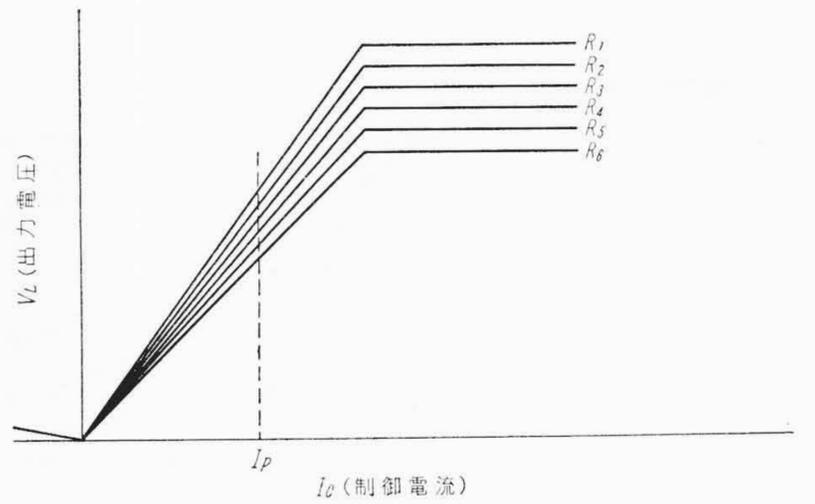


第4図 可飽和リアクトル熔接特性

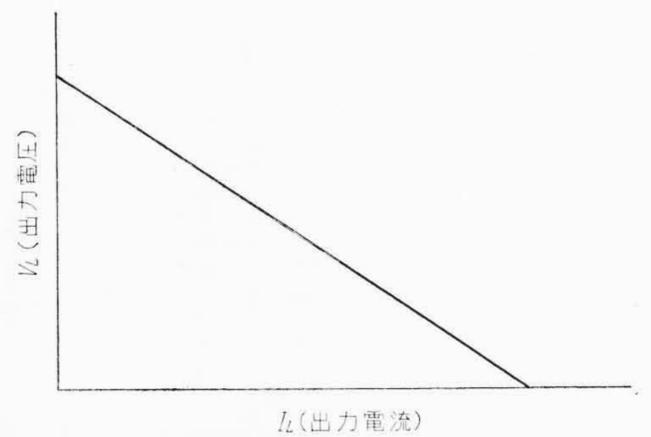


第5図 自己帰還形磁気増幅器理想特性

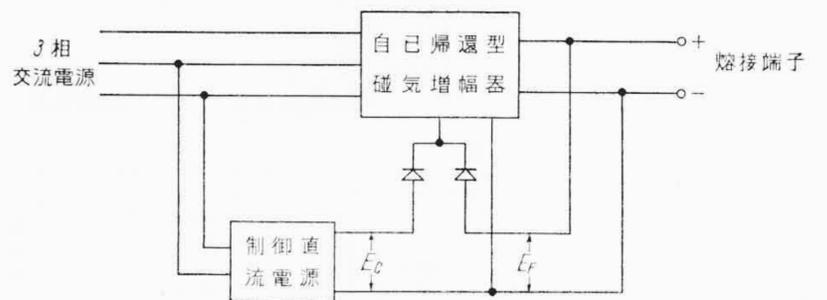
る。第3図は制御電流に対する出力電圧変化を、負荷抵抗をパラメータとしてプロットしたものである。第2図および第3図を組み合わせ制御電流を消去すると、第4図に示す可飽和リアクトルの負荷抵抗を変化した場合の出力電流電圧特性(熔接特性)が得られる。図中ABは鉄心が完全に飽和して巻線抵抗による電圧変動率によって定まる特性であり、BCは鉄心が未飽和で等アンペアターンの法則により負荷抵抗変化にかかわらず電流が一定に保たれる範囲である。第4図から明らかなように可飽和リアクトルはその動作原理上等アンペアターンの法則に規制されるので、垂下特性をうるのに適しているといえるが、第1図に示すアークドライブ特性をうるにはアークドライブ電源を別に設けるなどの方法をとる必要がある。



第6図 自己帰還形磁気増幅器理想特性(2)



第7図 自己帰還形磁気増幅器熔接特性



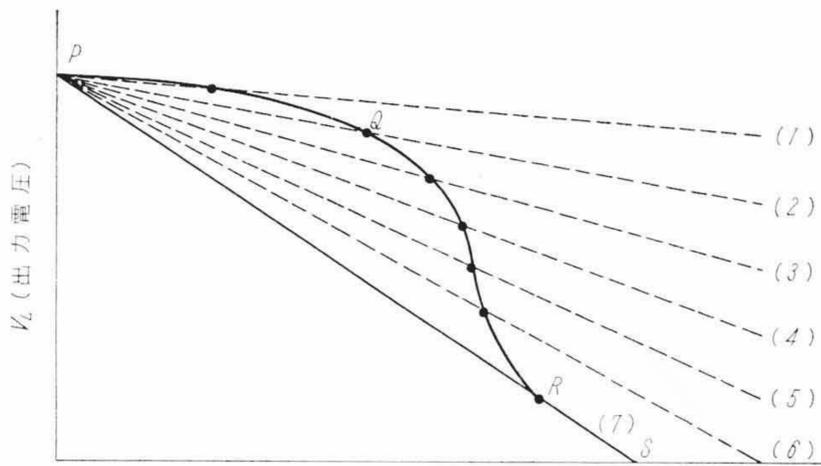
第8図 熔接電圧正帰還方式

次に自己帰還形磁気増幅器を用いた場合につき検討する。第2図、第3図に対応する自己帰還形磁気増幅器の特性を第5、6図に示す。第5図より明らかなように自己帰還形磁気増幅器においては制御回路と出力回路の間に動作原理上、等アンペアターンの法則が成立しないので、第5図と第6図を組み合わせられる第7図の熔接電流電圧特性では第4図のような垂下特性はえられない。

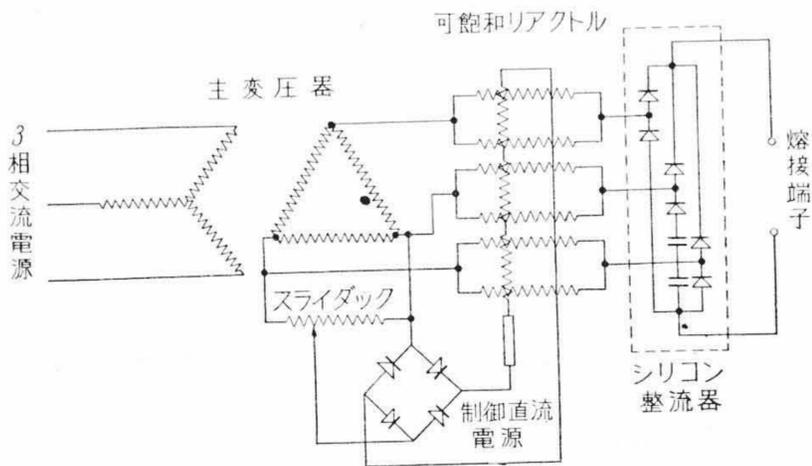
自己帰還形磁気増幅器を用いた場合に垂下特性をうる方法として第8図に示す熔接電圧正帰還方式が考えられる⁽²⁾。第8図の方式では、熔接電圧 E_F が制御電圧 E_C より高い範囲では大きな制御電流が流れて磁気増幅器電圧電流特性は第9図の特性(1)となり、アーク等価抵抗の減少とともに動作点は(1)、(2).....と移動し、熔接電圧が制御電圧より低くなるともはや正帰還はかからず動作点はR点で基本電圧電流特性(7)上にもどる。図中PQRはソフトアーク特性、RSはアークドライブ特性と考えることができ理想特性に近い特性を実現することができる。

以上熔接機に応用する場合、可飽和リアクトルと自己帰還形磁気増幅器のいずれを用いるかによりまったく異なった立場で対処せねばならぬことを説明したが、そのほか可飽和リアクトルは磁気増幅器に比較し大きな制御パワーを必要とするなどの長短を比較検討して、要求される熔接特性のためにいずれかを決定する。

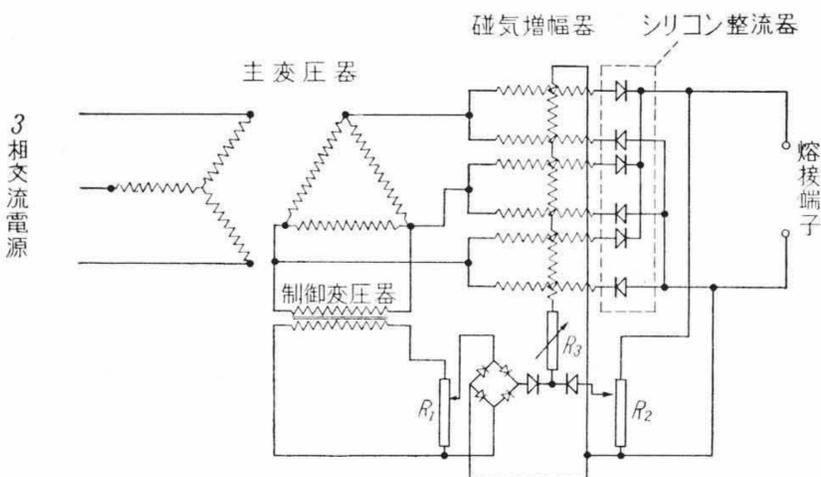
本熔接機では、アークドライブ特性により熔接性能を向上せしめるため磁気増幅器方式が採用されている。



第9図 電圧帰還形磁気増幅器熔接特性



第10図 可飽和リアクトルによる熔接回路

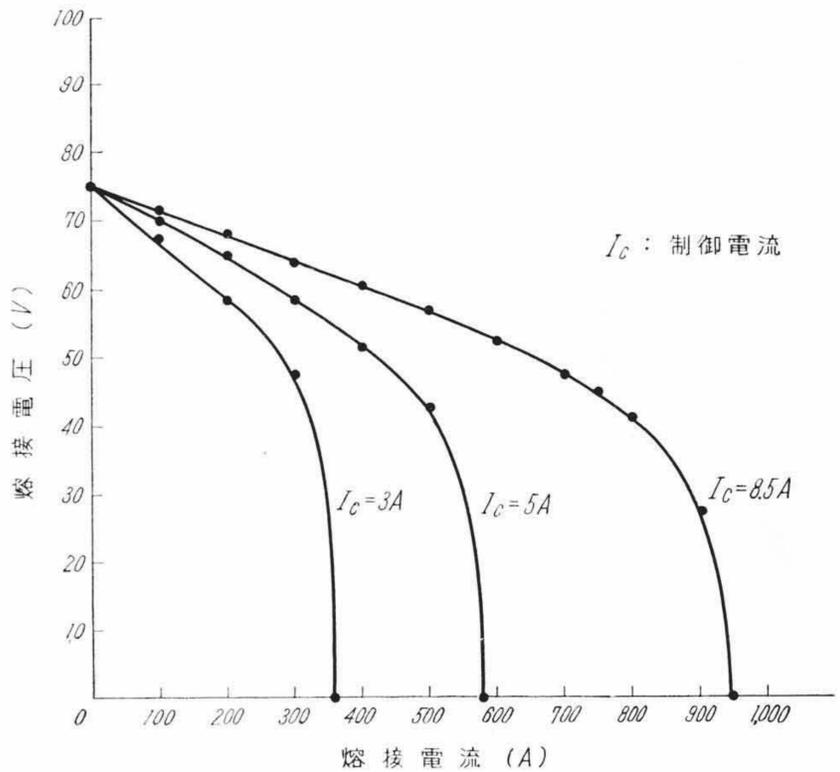


第11図 磁気増幅器による熔接回路

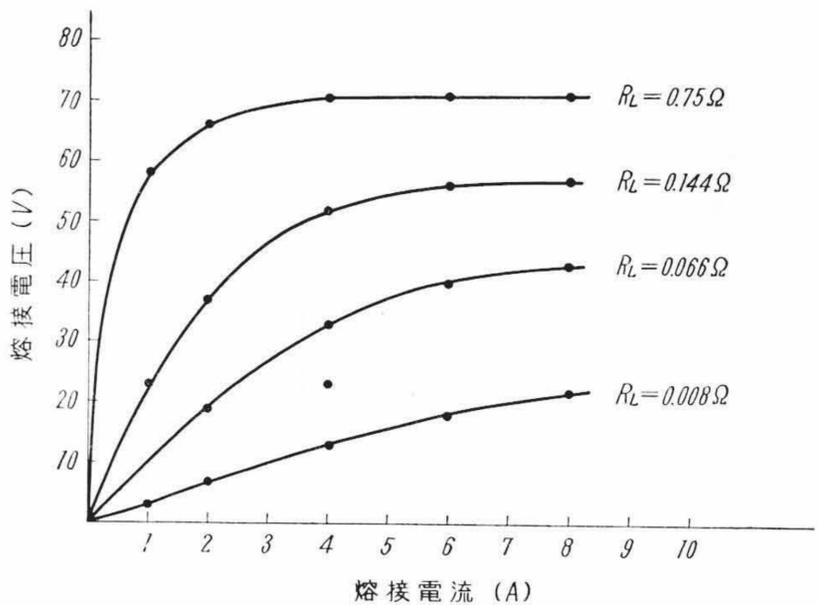
4. シリコン整流器とセレン整流器

直流熔接機に磁気増幅器を応用できるようになった理由の一つは耐電圧、電流容量の大きいシリコン整流器が完成されたことである。シリコン整流器をセレン整流器と比較した場合、同一容量に対してシリコン整流器は非常にコンパクトな構造にまとめることができ、効率もセレン整流器の約87%に対しシリコン整流器では99%にも達する。シリコン整流器の逆流は非常に小さく損失の大部分は正方向電流によるもので、したがって磁気増幅器の増幅率もセレン整流器を用いた場合に比し大きくとることができる。また最高動作温度は150°Cという高温まで許容されるのでH種絶縁機器と同一ケース内に収納でき、装置全体も小さくまとめることができる。

シリコン整流器の寿命試験の結果はセレン整流器におけるように経年変化を示さず、寿命も磁気増幅器本体の寿命と同程度と考えられ、従来磁気増幅器応用装置の寿命が半導体整流器により制限をうけていた点も解決することができた。



第12図 可飽和リアクトルによる実測熔接特性



第13図 可飽和リアクトル実測特性

5. 試験結果

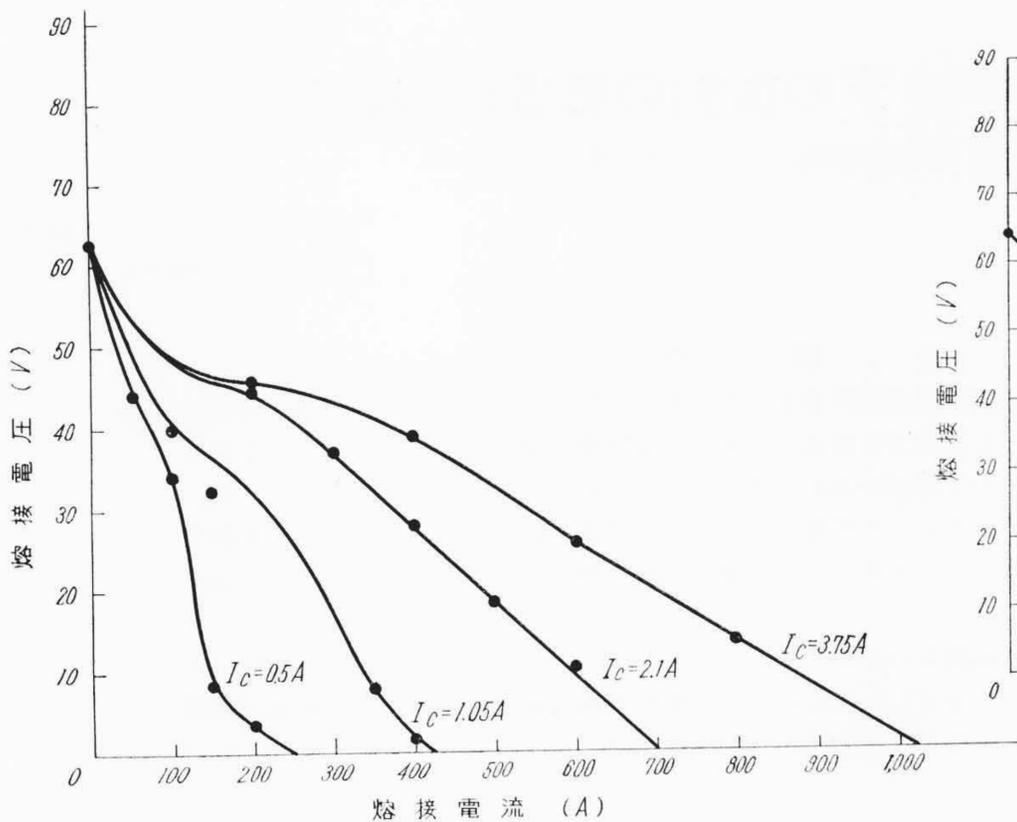
第3章の検討結果を確認するため試験を行った。試験熔接回路を可飽和リアクトルによる熔接回路を第10図に、磁気増幅器による熔接回路を第11図に示す。

第1表は熔接機の概略仕様であるが、熔接のみならずガウジングやブラスティングにも兼用するため、最大熔接電流は750Aと大きな値にえらばれている。第12図は可飽和リアクトル熔接特性で著しい垂下特性を示し、第3章の検討結果を裏書きしている。第13図は可飽和リアクトルの特性、第3図は対応する実測特性である。

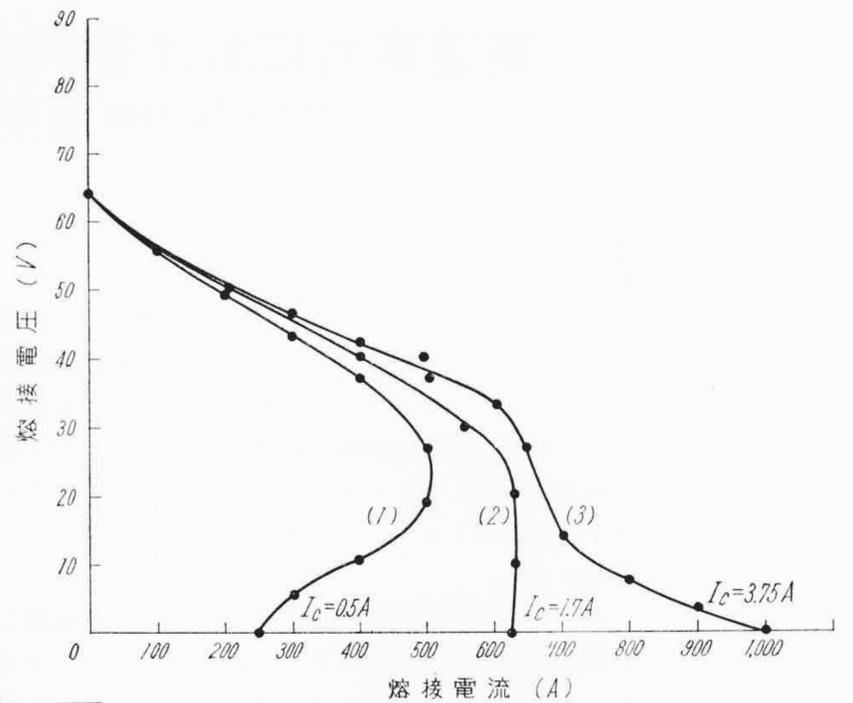
第14図は自己帰還形磁気増幅器を用いた場合の電圧電流特性の実測値を示しているが、磁気増幅器を用いると垂下特性をうることはできない。

第15図は電圧正帰還を加えた場合、制御電流をパラメータとして測定した特性で、制御電流を適当にえらんで特性を(1)から(3)の間で任意にセットすることができる。特性の選択は第11図の分圧抵抗 R₁ および R₂ により行い、いったん特性がセットされたら熔接条件による熔接電流の調整は抵抗 R₃ により行われる。

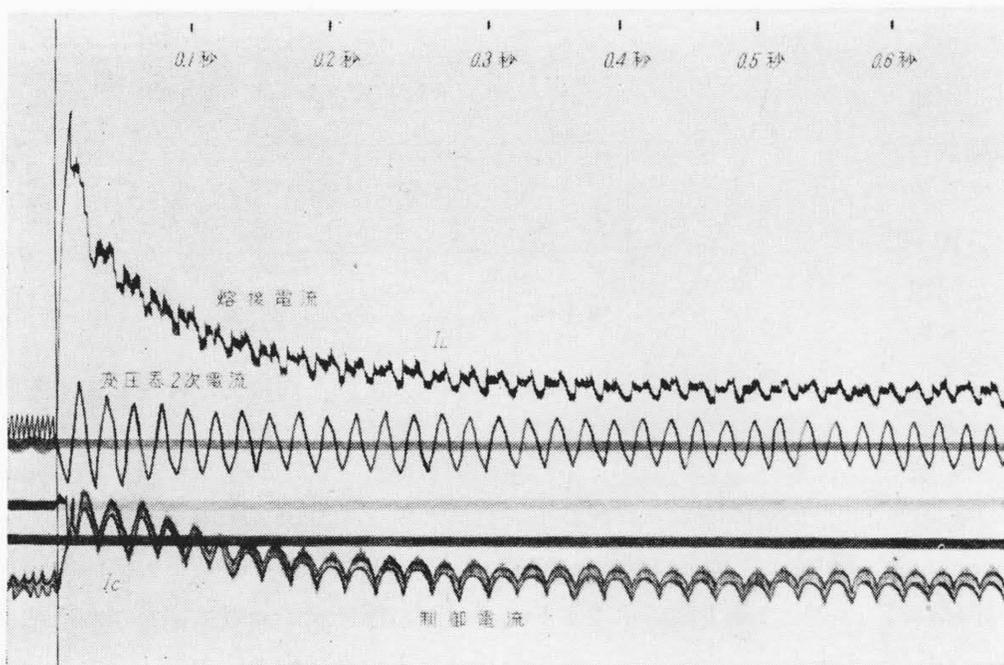
第16図に定格条件において熔接端短絡時の熔接電流過渡現象のオシログラムを示す。短絡時熔接電流のピークがみられ、約0.5秒ののち定常値に達しているが、シリコン整流器の容量の決定にあたってはこの過渡過負荷電流を考慮する必要がある。実測結果はピーク短絡電流が定常短絡電流の2.7~3.4倍に達することがわかった。



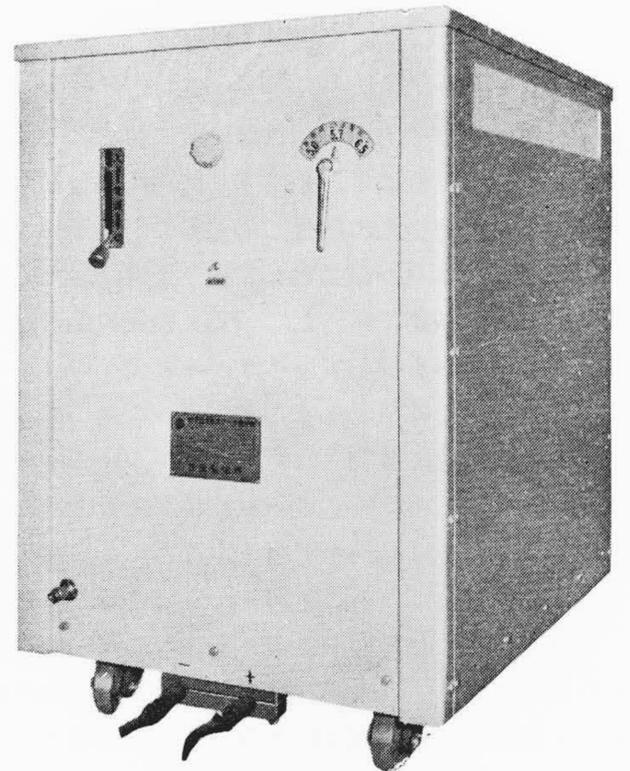
第14図 磁気増幅器熔接特性



第15図 電圧帰還磁気増幅器熔接実測特性



第16図 熔接電流オシログラム



第17図 熔接機外観

第1表 750A形シリコン整流器式直流熔接機

種 別	DW-750
形 式	AM-S
定 格 一 次 電 圧	200V ±20V
定 格 一 次 周 波 数	50 c/s または 60 c/s
相 数	三 相
定 格 出 力 電 流	750 Amp
定 格 負 荷 電 圧	45 V
無 負 荷 電 圧	3 段切換え 75V—65V—57V
定 格 一 次 入 力	約 55kVA, 約 44kW
定 格 使 用 率	70 %
電 流 調 整 範 圍	750~75 Amp
特 性	垂下特性
電 流 調 整 器	磁気増幅器
整 流 方 式	シリコン整流器
冷 却	3 相全波 強制空冷

6. 結 言

熔接機に応用する場合の可飽和リアクトルおよび磁気増幅器の動作原理を解明し試験による裏付けを行った。検討結果に基づき完成した熔接機外観を第17図に示す。熔接機の仕様については第1表を参照されたい。最近直流熔接機は薄板、軽合金、特殊鋼の熔

接に採用されつつあり、また不活性ガスアーク熔接やガウジングなどの特殊用途の発達により、直流アーク熔接機的重要性が高まり各方面における利用が期待される。

終りに、本熔接機の特長を列記すると次のとおりである。

- (1) 最大定格750A、45VでJIS規格最大定格500A、45Vより大きくアークエアガウジング (Arc Air Gouging) やカーボンアークブラッシング (Carbon Arc Blasting) などの特殊用途に利用できる。
- (2) 磁気増幅器による静止制御方式の採用により動作の信頼性が高く特性の調整が容易である。
- (3) シリコン整流器を用いているので整流装置の信頼性が高く、高温動作が可能のため、同居する変圧器や磁気増幅器をH種絶縁とし全体をコンパクトにまとめることができる。

稿を閉じるにあたりご指導いただいた日立製作所日立工場泉部長、松垣、鳥山両課長に厚く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 杉原他：熔学誌，27，600 (昭34-10)
- (2) 特許出願中