

点 溶 接 機 用 制 御 装 置

Sequence Timer for Spot Welders

秋 山 修* 杉 本 錦 司*
Osamu Akiyama Kinji Sugimoto

内 容 梗 概

半導体を使用した点溶接機用制御装置として時間回路をトランジスタによるワンショット・マルチ形遅延回路とダイオードゲートで構成して無接点化し、イグナイトロン点弧回路にはSCRと点弧用変圧器を組み合わせ、ヒートコントロール回路には単接合トランジスタによる同期移相器を用いて装置を完成した。

電源電圧 90～110V, 周囲温度 $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ の範囲において安定な動作を行ない、また時間回路と電磁弁回路、ヒートコントロール回路などとの結合に若干接点を用いているが、接点容量に対し負荷は小さく寿命的な問題はほとんどなく、信頼性に富み経済的にも有利である。

1. 緒 言

点溶接は2枚の軟鋼板を棒状電極で加圧し大電流を流したときに接触抵抗によって発生するジュール熱で溶融し接合する方法であり、加圧力・溶接電流値・溶接時間が溶接因子として重視される。大容量の点溶接機に使用する制御装置はこのうちの溶接電流と溶接時間を制御する機能をもっており、さらに溶接電流を開閉することができるようになっている。

従来の時間制御回路はサイラトロンのグリッドにコンデンサと抵抗の時限回路を接続しこれとリレーを組み合わせたものを基本回路とし、必要な制御要素の個数だけ接続して構成されている。溶接電流の開閉はイグナイトロンにより、溶接電流の調整はイグナイトロンの点弧位相を移相器とサイラトロンを組み合わせ制御する方法がとられている。サイラトロン・リレーなどは長寿命になってきているが、点溶接機は1秒に2～3回という高頻度で使用されるために寿命上まだ問題があり消耗品として扱われている。

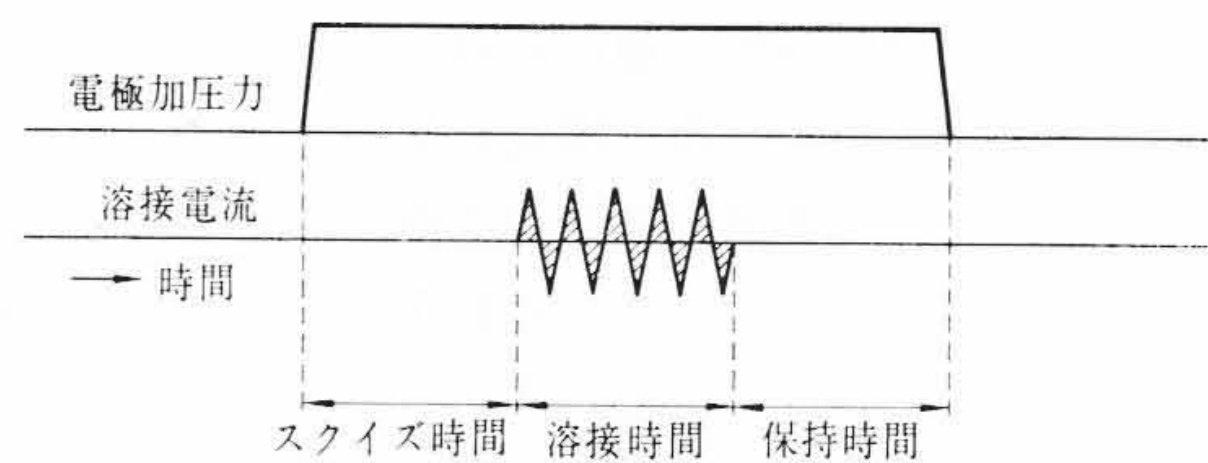
このような現状から、近年進歩の著しいトランジスタ、SCRなどの半導体素子を使用した無接点制御回路方式が望まれている。しかしながら点溶接機の制御装置は電源電圧の変動が大きい、大電流の開閉による誘導を受けやすい、流れ作業の生産ラインで使用されるので事故がなく保守が容易であることなどの使用条件のほかに価格の問題もあって、半導体素子による完全な無接点化はまだ研究段階にある。

本報告では以上のような点から信頼性の向上に重点をおいて開発した半導体素子と若干のリレーを併用した方式の制御装置について報告する。

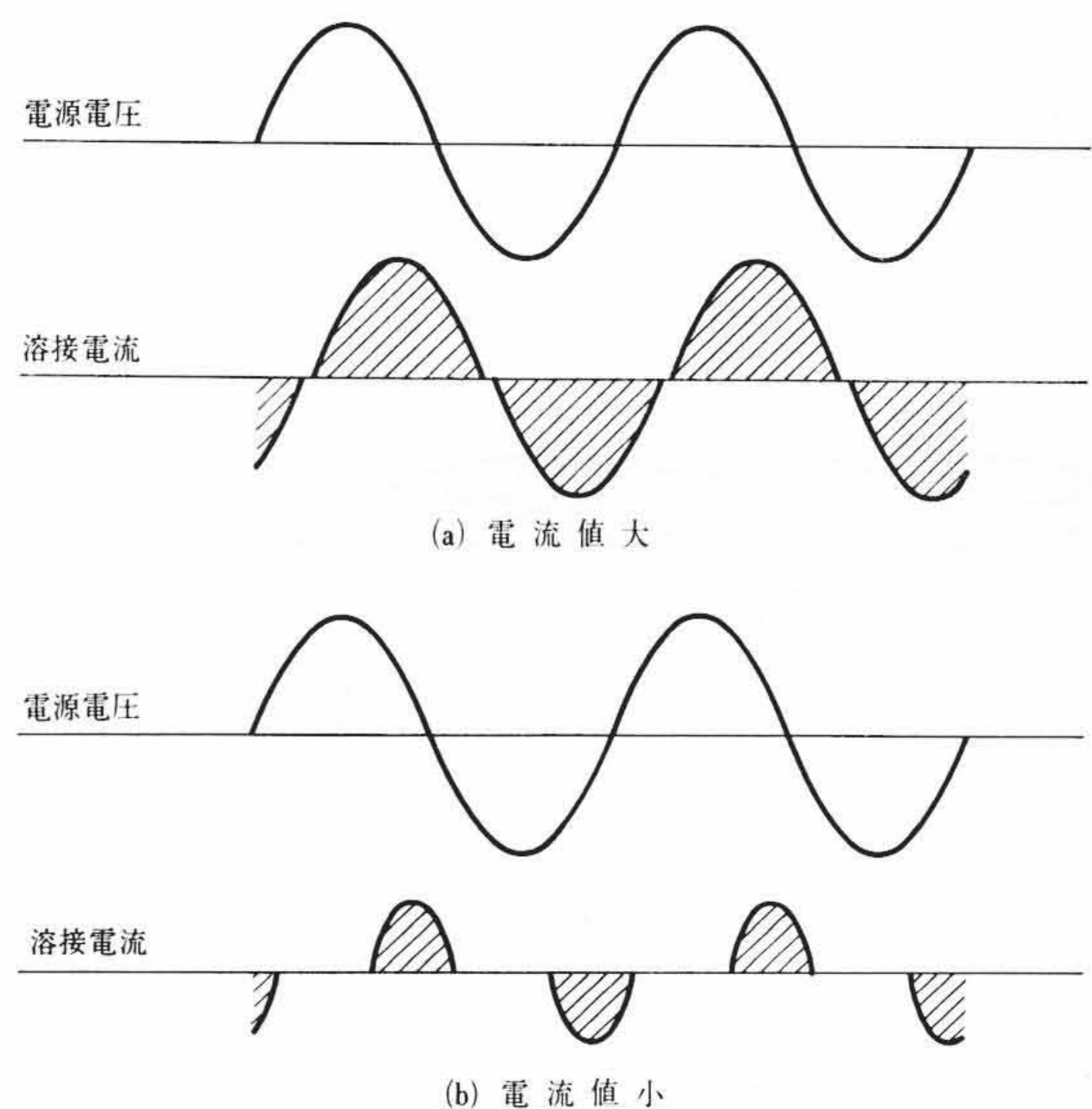
2. 制御装置の仕様

点溶接機用制御装置は第1図に示す溶接工程の各時間要素と溶接電流値を制御するものである。すなわち起動スイッチを閉じて被溶接物を加圧し、溶接電流を流し、加圧しながら冷却し1溶接工程が終了する方法でスクイズ・溶接・保持の3時間要素がある。

溶接電流は第2図のように電源電圧に対し一定の遅れ位相で各半波ごとにイグナイトロンを点弧させ電流を流すようになっている。このイグナイトロンの点弧位相を変えて溶接電流の実効値を変化させる方法がヒートコントロールであるが、点弧位相を溶接機の力率角に一致させたときが最大電流であり、位相遅れを大きくしたときが小電流となる。なお、力率角に同期して通電するとしても最後の半サイクルが流れた向きで次の通電を始める場合には、変圧器負荷であるため残留磁束により通電開始時に第3図(a)のような突流電



第1図 時間制御要素



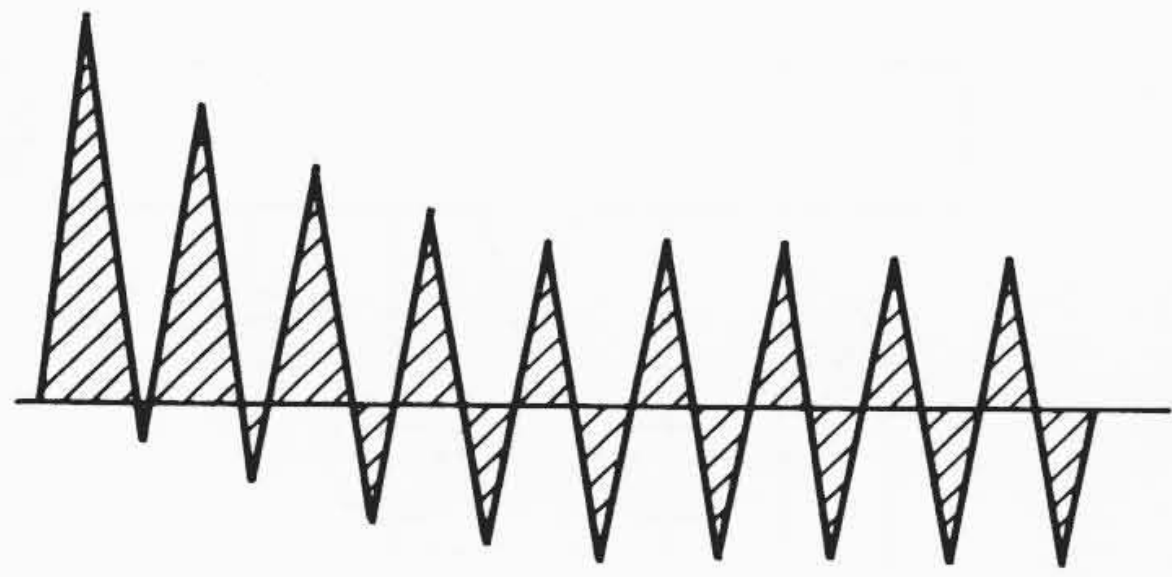
第2図 イグナイトロンの点弧制御

流が流れることがある。これを避けるために通電開始の半サイクルは点弧位相を遅らせ設定値より少ない電流とし、2～3サイクルで点弧位相を漸進させ正規位相で通電する同図(b)のような波形制御(スロープコントロール)を行なう必要がある。

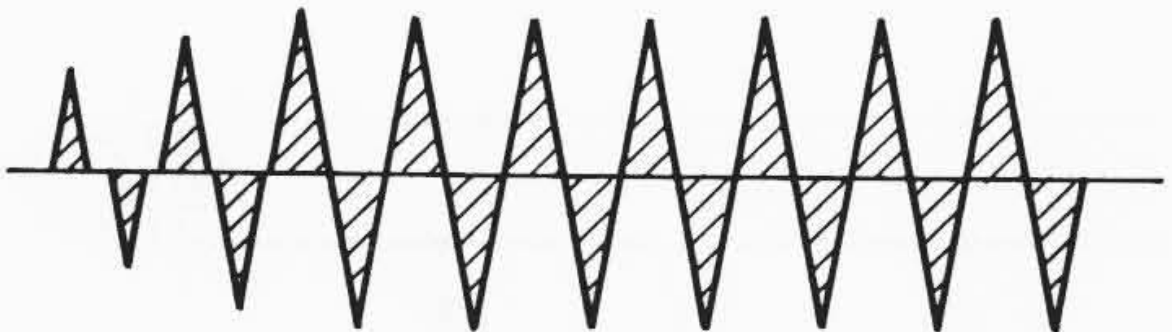
第4図は可搬点溶接機の場合の制御装置のブロック図である。可搬点溶接機は一般に1台の溶接機で2個のガンを使用することができるようになっており、それぞれのガンに起動スイッチがある。したがって各ガンに適した溶接条件が選べるように時間要素・電流値の調整要素が2系統必要であり、1個のガンを使用した場合に他のガンが操作できないようにするインターロック回路が必要である。また均一な溶接強度を得るために溶接時間になると起動スイッチを離してもあらかじめ設定したとおりの1溶接工程を完了するように自己保持させなければならない。

第1表は制御装置の仕様、第5図はその外観を示したものである。各回路要素を別個のケースに納める構造とし多くの台数を設置して

* 日立製作所亀戸工場

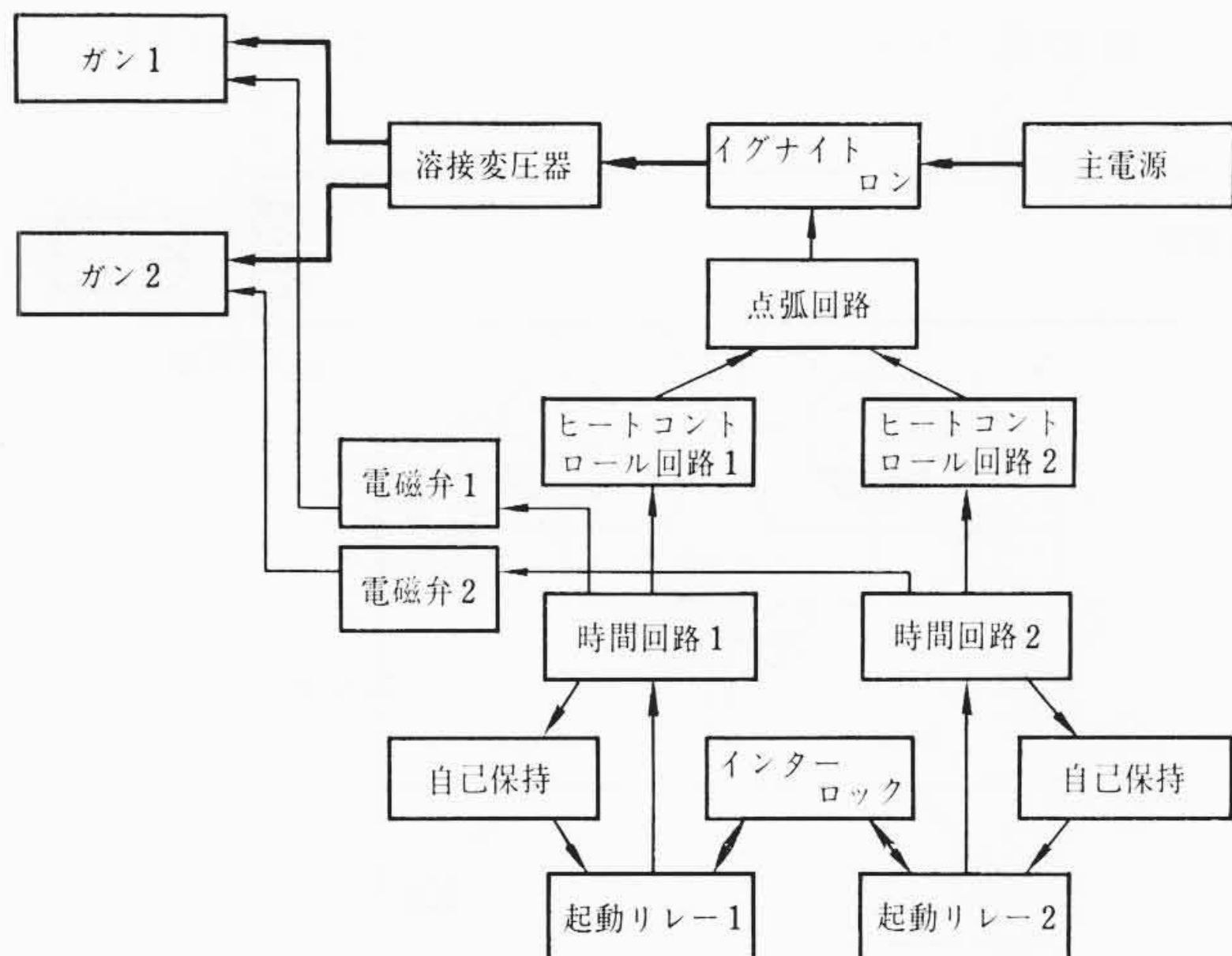


(a) スロープコントロールなし



(b) スロープコントロール

第3図 通電開始時電流波形



第4図 制御回路ブロック図

使用する場合の保守の便が考慮してある。

3. 回路要素

3.1 時間回路

時間回路を構成する方法としては、

- (1) クロックパルスの計数によるデジタル方式
- (2) CRの充電または放電時定数による方式

の2種類が考えられ、信号の方式からみると

- (1) 信号がパルスの形で与えられるダイナミック方式
- (2) 信号が直流電圧の形で与えられるスタティック方式

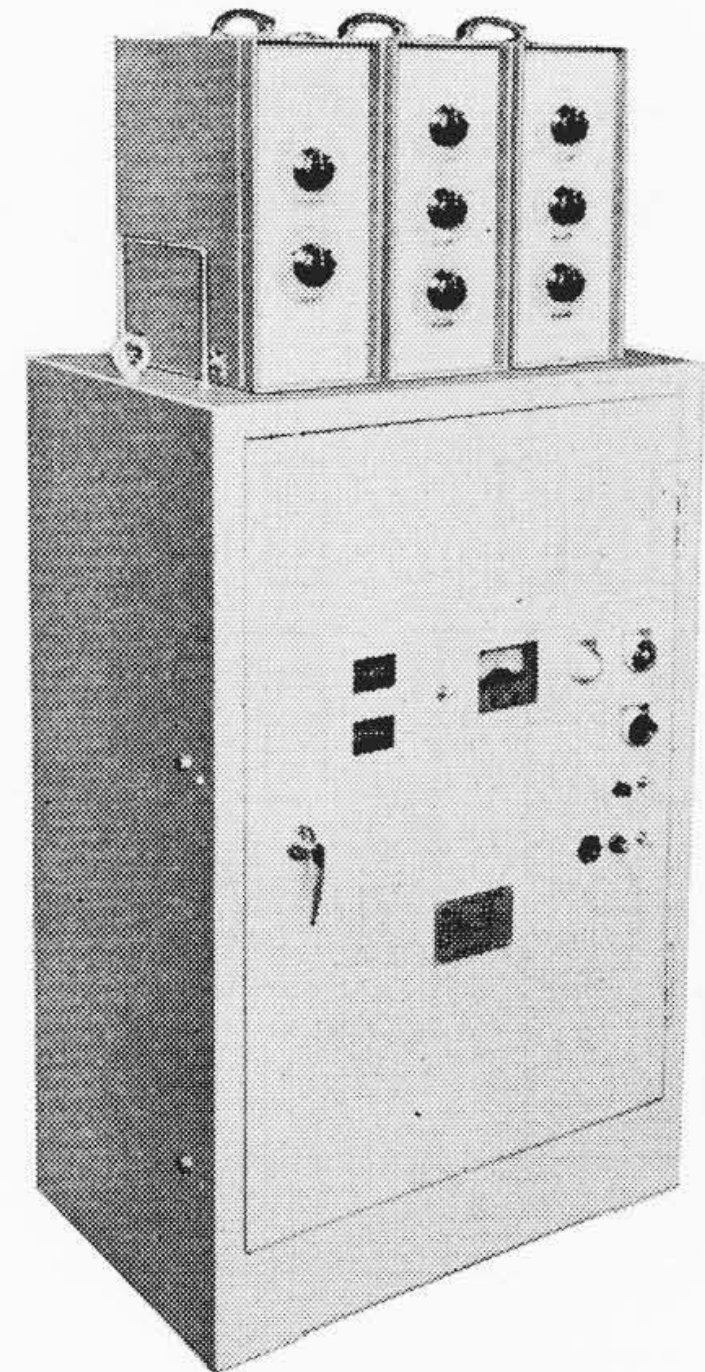
となる。いずれも一長一短があるが、サージ電圧あるいは誘導などの雑音に対して安定であること、電源電圧・温度などの影響が少ないこと、回路が簡単であることなどの点からCRの放電時定数によるスタティック方式を基本とする回路が有利である。

スクイズ・溶接・保持の各時間を制御する時間回路は遅延回路・And回路・Or回路・Not回路の4種の論理素子を組み合わせて構成し、他のブロックへの出力はリレーによっている。

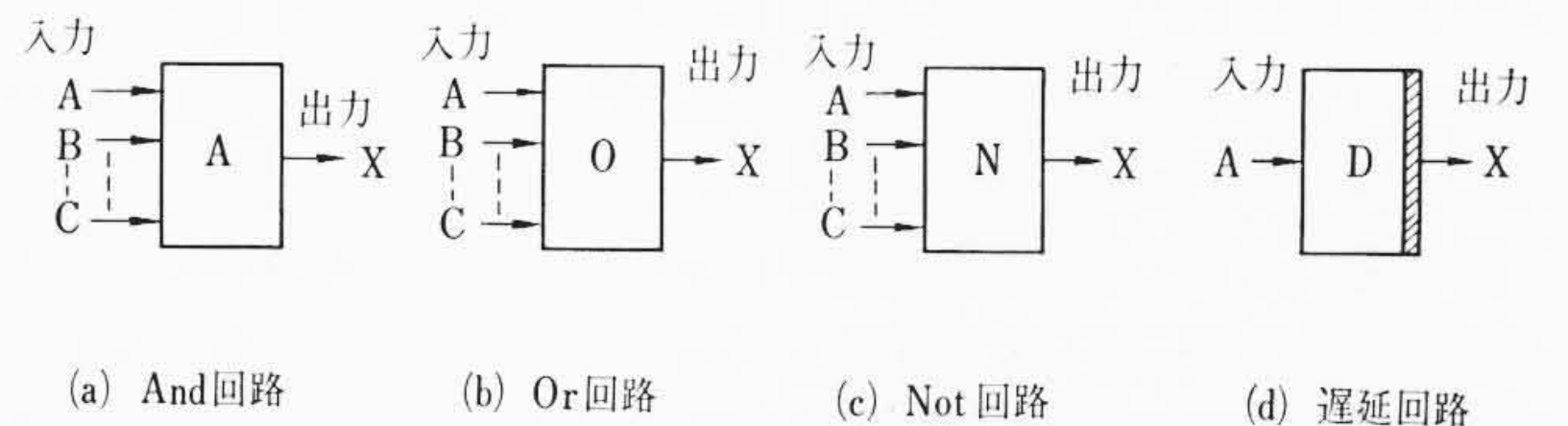
起動スイッチ1の動作による信号を X_1 、各時間要素の遅延回路を D_s, D_w, D_H 、その入力を S_i, W_i, H_i 、遅延時間経過後得られる出力

第1表 可搬点溶接機用制御装置仕様

種 別	N2B-I D
定 格 電 圧	400 V
主 回 路	100 V
制 御 回 路	50 c/s
定 格 周 波 数	3~50 サイクル 2 系統
時 間 要 素	3~50 サイクル 2 系統
ス ク イ ズ	3~50 サイクル 2 系統
溶 接	30~100% 2 系統
保 持	
電 流 調 整	



第5図 可搬点溶接機用制御装置



第6図 論理素子記号

を S_0, W_0, H_0 とする。これらの記号は信号の有無に対応して1あるいは0の2種の値のみをもつ論理変数である。

各遅延回路の入力 S_i, W_i, H_i は論理式で次式のように定められている。

$$S_i = X_1 \cdot \bar{W}_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

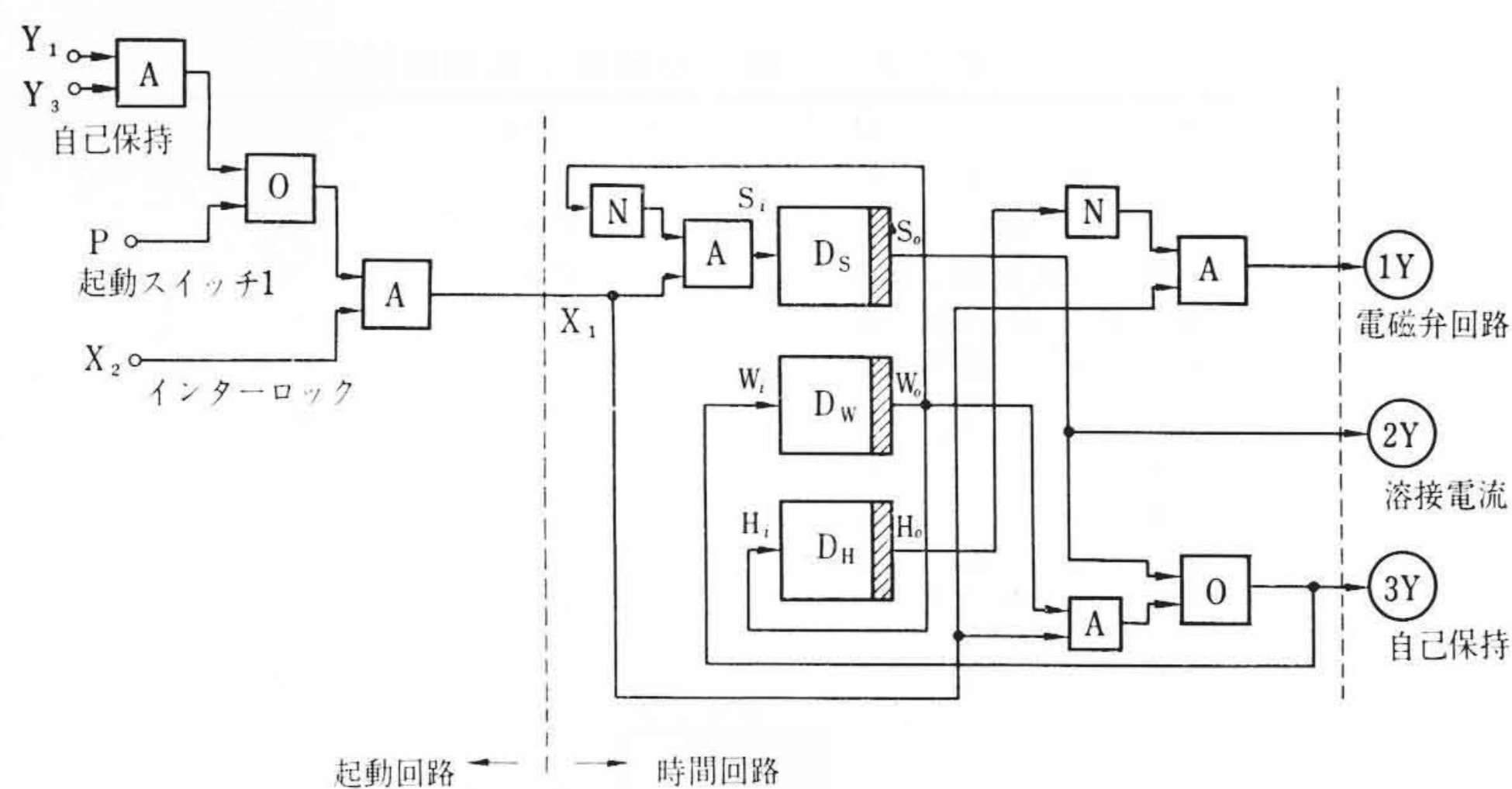
$$W_i = S_0 + W_0 \cdot X_1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$H_i = W_0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

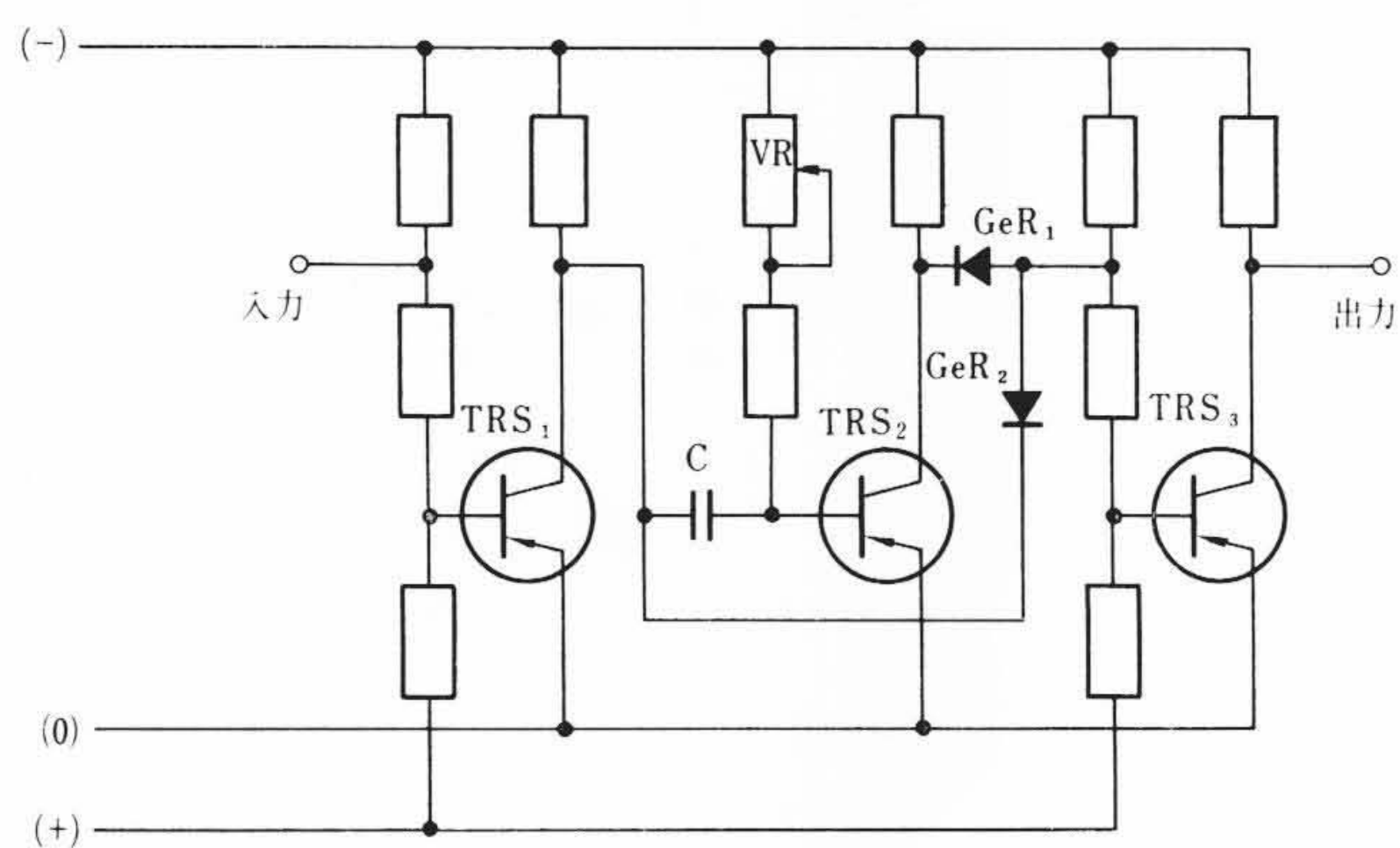
1 溶接工程が終わったあと初期状態にもどし次の溶接工程に備えるのでは、リセットに要する時間が加算されるのでくり返し可能回数が減るばかりでなく、1 溶接工程が終わりすぐに次の溶接にはいる場合にはリセット中に起動することもあり、そのような場合には時間が不正確になるので(1)式に示すように W_0 が得られたところで S_i を切っている。このため S_i が零になれば D_s が復帰し S_0 も零となるので W_i は W_0 を加えて自己保持させ X_1 が切れたとき同時に切れるようにしてある。

起動信号 X_1 はスクイズ時間終了後 S_0 が得られると自己保持されるようになっており、 S_0 が得られたあと起動スイッチを溶接時間あるいは保持時間中にもどしたときは1 溶接工程が終わるまで、また溶接工程が終わったあとも押し続けた場合にはその間継続するようになっている。

論理素子を第6図で表わすと、起動回路と時間回路の構成は第7



第7図 時間回路の構成



第8図 時間要素基本回路

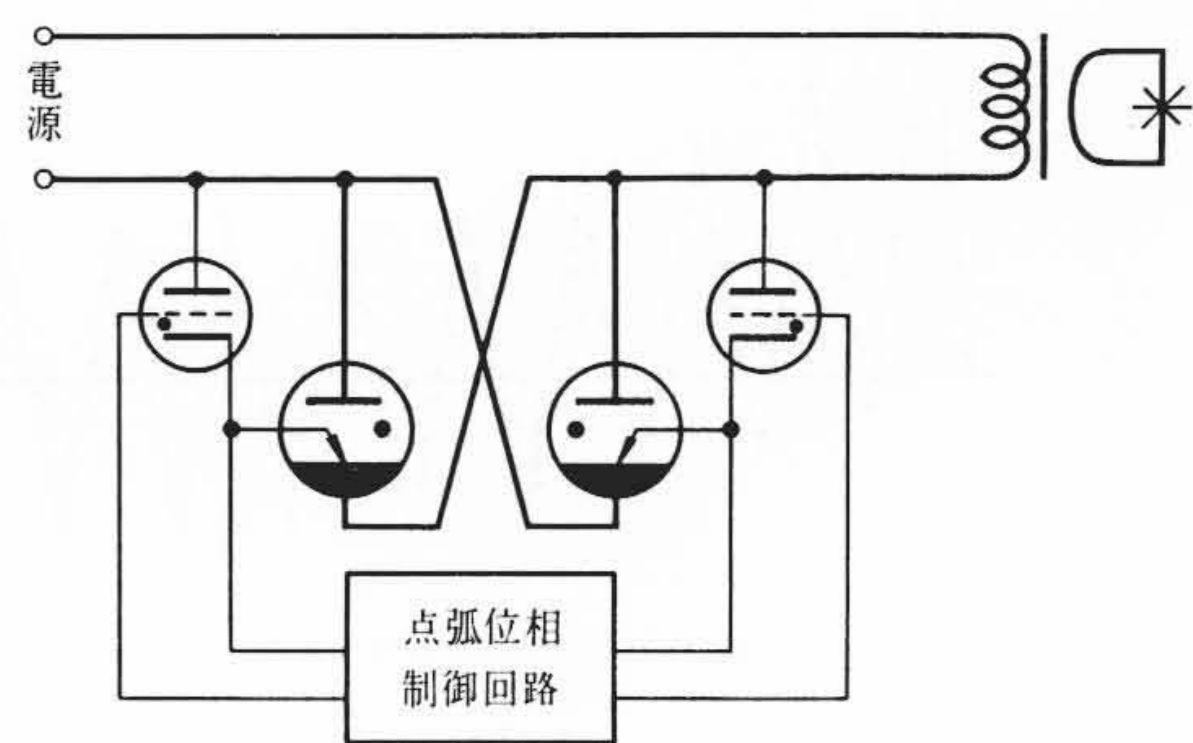
図のようになる。 D_s , D_w , D_H の各回路には第8図に示すワンショットマルチ (One Shot Multi) 形遅延回路を用い、And回路・Or回路にはダイオードゲートを採用した。

第8図により1時間要素の動作を説明すれば、待機状態では入力为零であり TRS_1 は Off, TRS_2 は On となる。 GeR_2 が負へ接続されているため TRS_3 は On となり出力は零電位である。このとき TRS_2 のベース電流により C は充電されている。起動スイッチを押し入力が負になると TRS_1 は On となり、 TRS_2 は C の電荷のため Off となる。このとき GeR_1 が負に接続されたことになり TRS_3 は引続き On の状態を継続する。C の電荷は VR を通して放電し逆の極性に充電しようとする変化を示すがほぼ零になったところで TRS_2 は On となる。ここで GeR_1 , GeR_2 はともに零電位に接続され TRS_3 は Off となり出力は負電位となる。すなわち負の入力があるから時間遅れがあって負の出力が取り出せるが、この時間遅れを1時間要素に使用することになる。

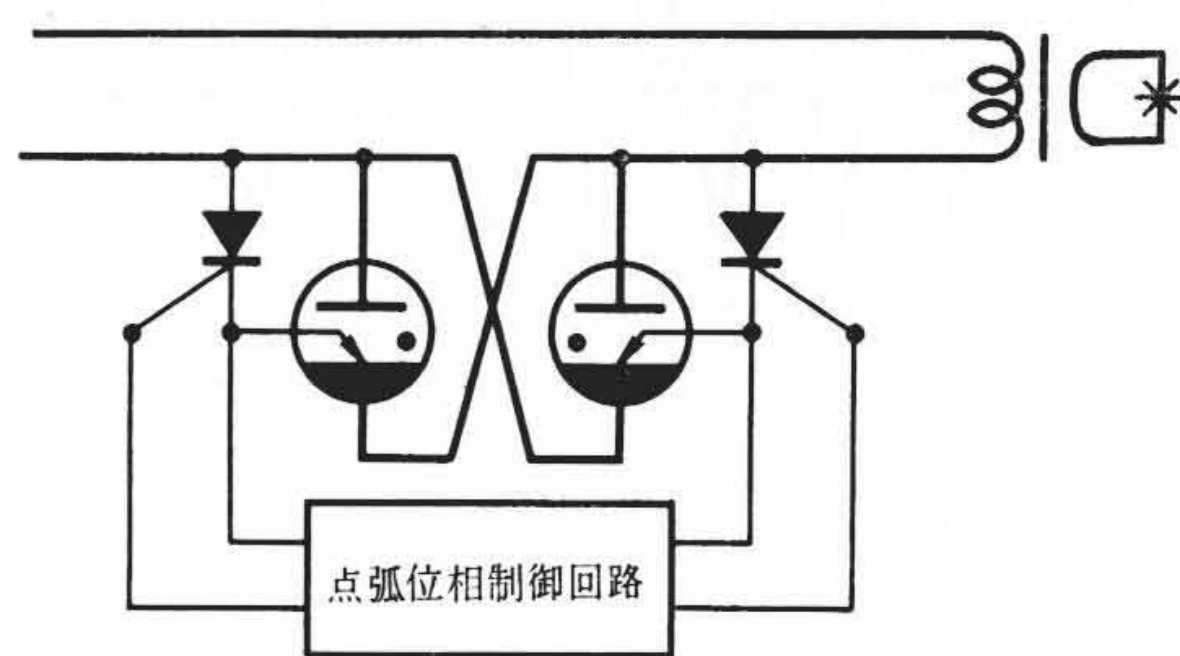
3.2 イグナイトロン点弧回路

溶接電流の開閉を行なうイグナイトロンの点弧回路として現在最もよく用いられているのは第9図に示すサイラトロンを使用した陽極点弧方式である。SCRはサイラトロン、イグナイトロンなどと同じ動作を行なうから第9図のサイラトロンをSCRに置きかえた第10図の方式も考えられるが、現在のところ小容量のSCRの順方向阻止電圧は高いもので600Vくらいであるから、SCRを400V回路に直接接続し制御することはできないので、第11図に示す点弧変圧器を使用する方法をとった。

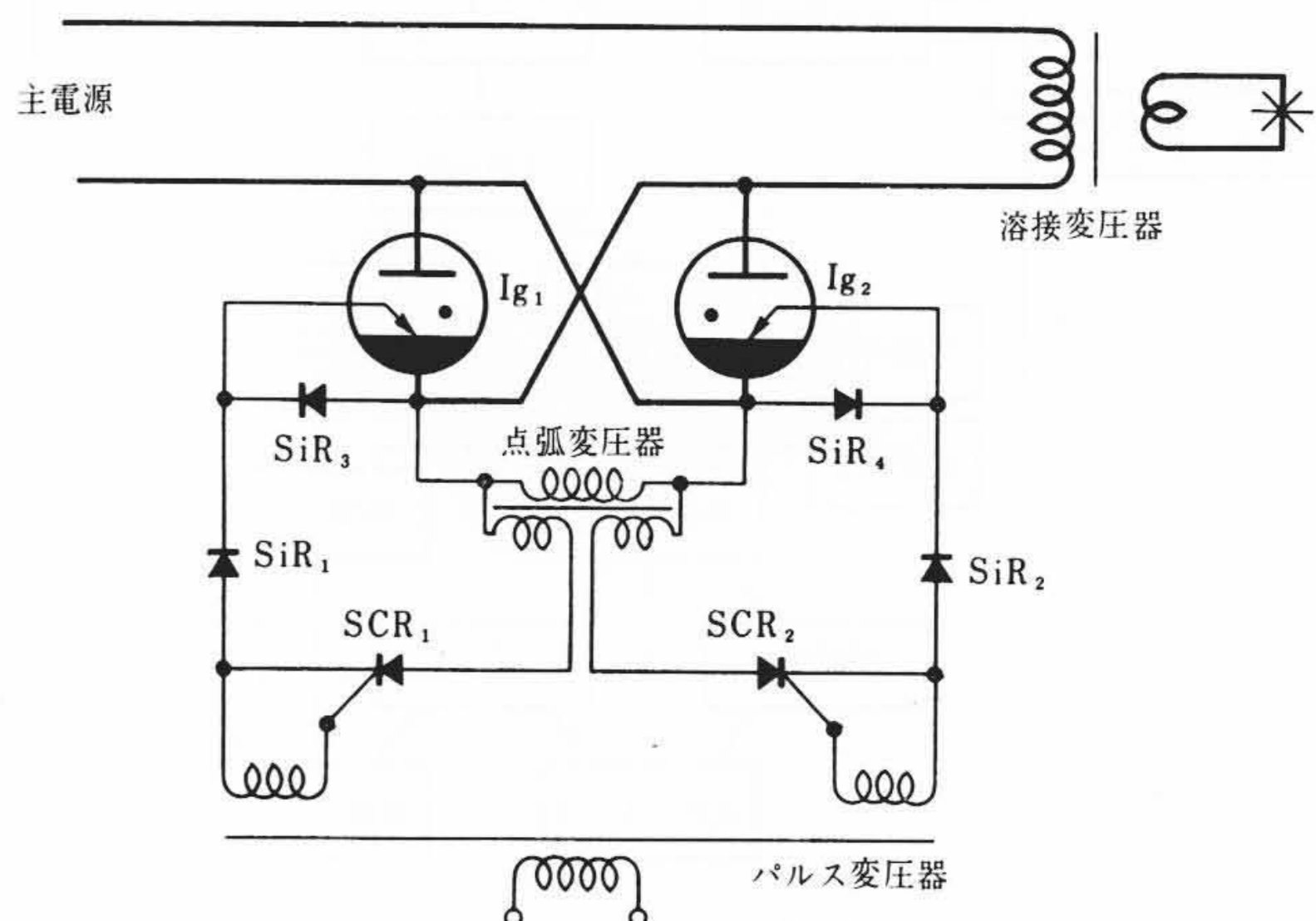
第11図に示す方式では逆並列に接続された2本のイグナイトロンの陰極間に点弧変圧器を接続し、その2次巻線とイグナイタ間にSCRを接続する。パルス変圧器に出力が生じたときSCRが導通し点弧変圧器の2次電圧によりイグナイタへ電流が流れイグナイトロンが点弧する。イグナイトロンの点弧中は点弧変圧器の電圧はイグ



第9図 サイラトロンを使用したイグナイトロン点弧回路



第10図 SCRを使用したイグナイトロン点弧回路(1)



第11図 SCRを使用したイグナイトロン点弧回路(2)

ナイトロンの管内降下分だけとなり、これは約10Vの平坦な電圧波形であるので二次電圧は小さくイグナイタ電流はほとんど零となりSCRおよびイグナイタの不必要な過熱・劣化を防止することができる。

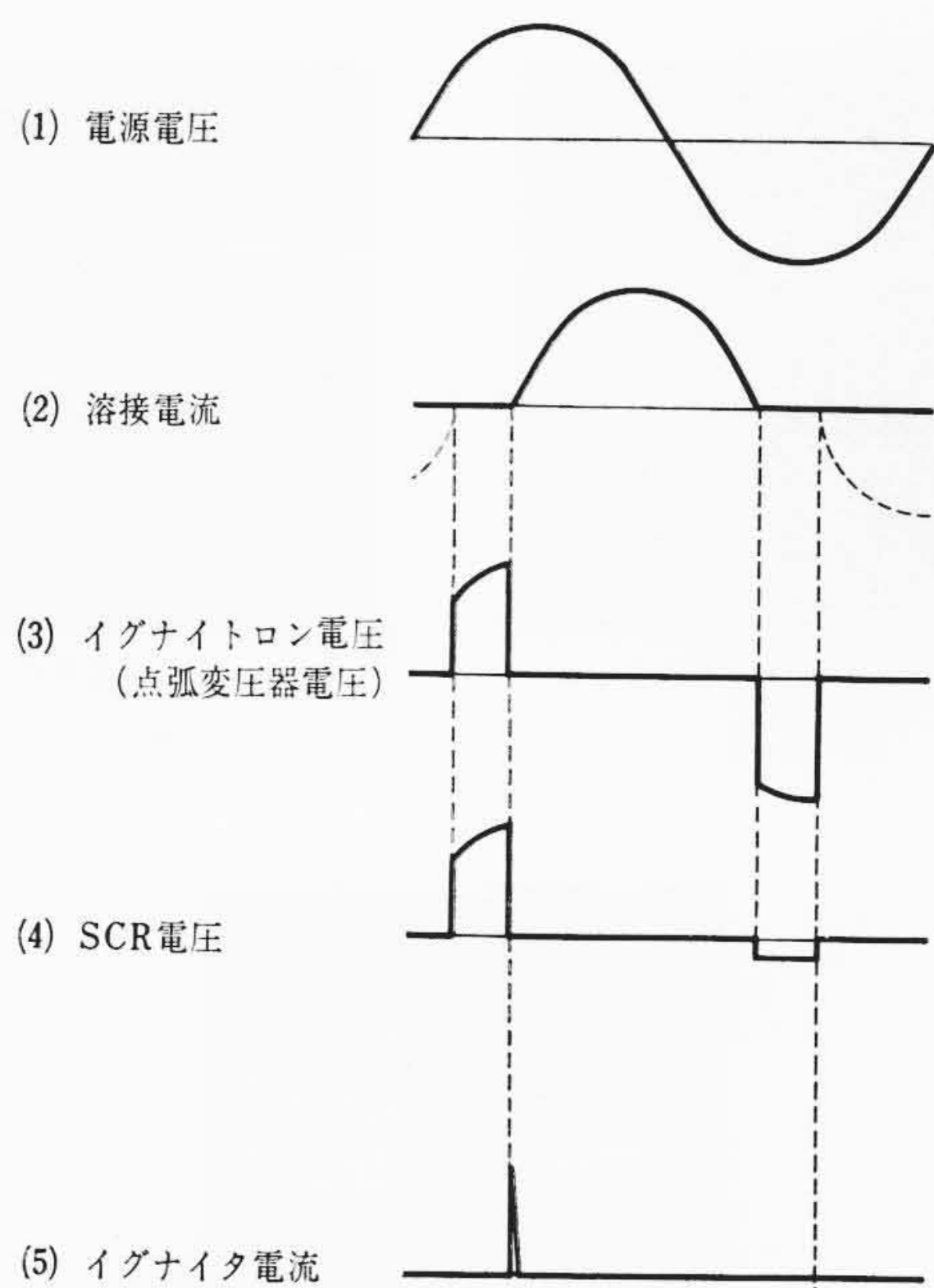
SCRと直列に接続されたシリコン整流器は逆電圧を阻止してSCRには低い電圧しかかからぬように保護するためのものである。

各部の電圧電流波形の関係は第12図に示すとおりである。

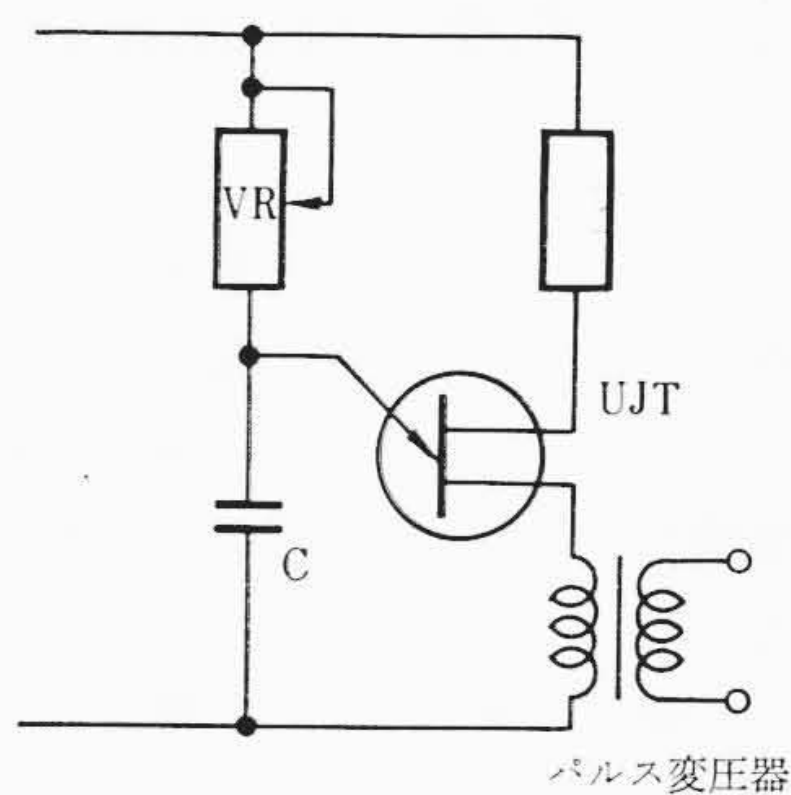
3.3 ヒートコントロール回路

イグナイトロンの点弧位相を制御して溶接電流の実効値を最大電流に対し30%から100%まで調整するヒートコントロール回路としては

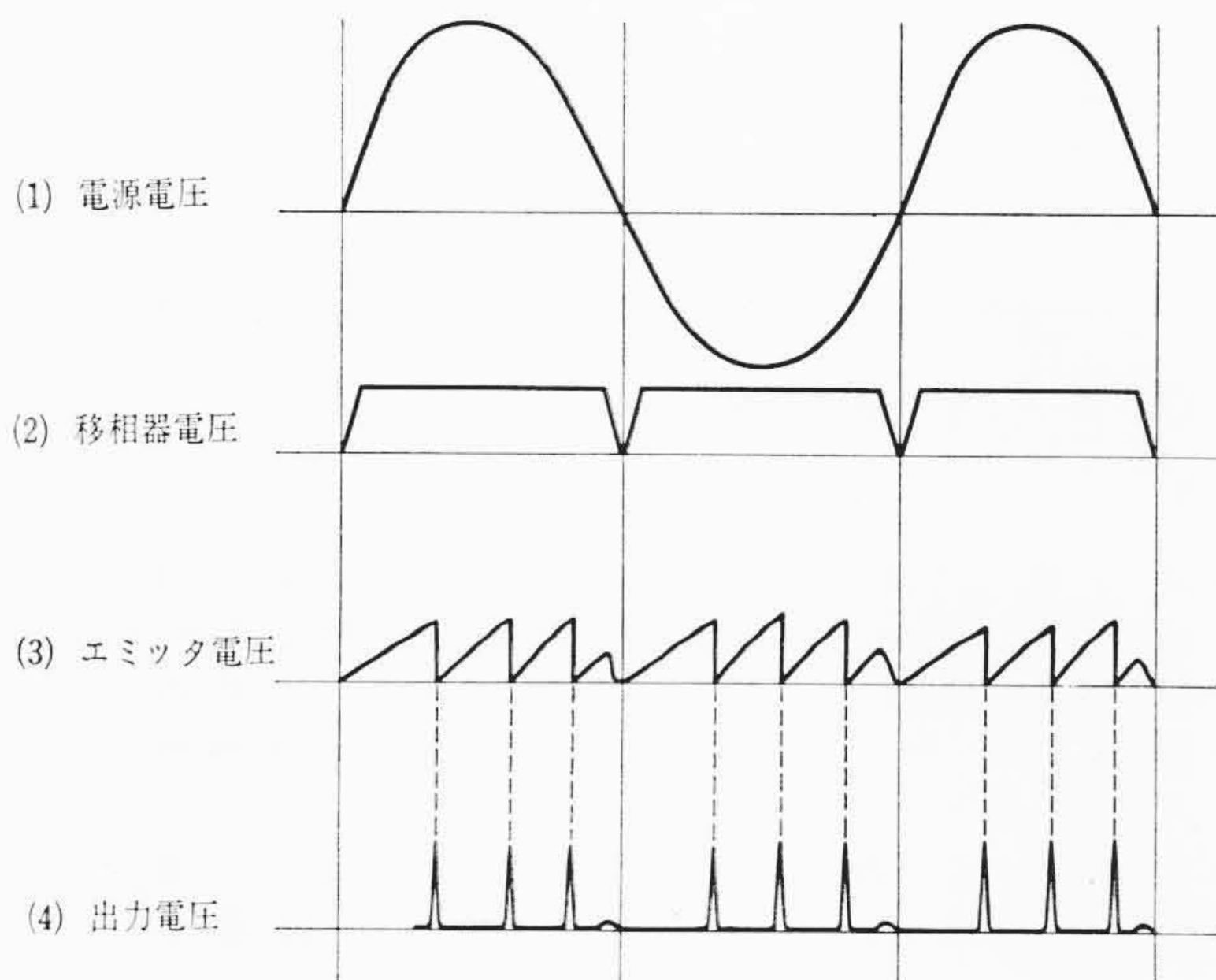
- (1) 電源電圧に対して点弧位相が各サイクルで一定で安定していること。
- (2) 位相を30~120度ぐらいの範囲で連続的に調整できること。
- (3) 通電開始時は突流電流を防止するためスロープコントロールがきくこと。
- (4) SCRの点弧後不必要な電流を流さないように出力はパルス



第12図 点弧回路各部波形

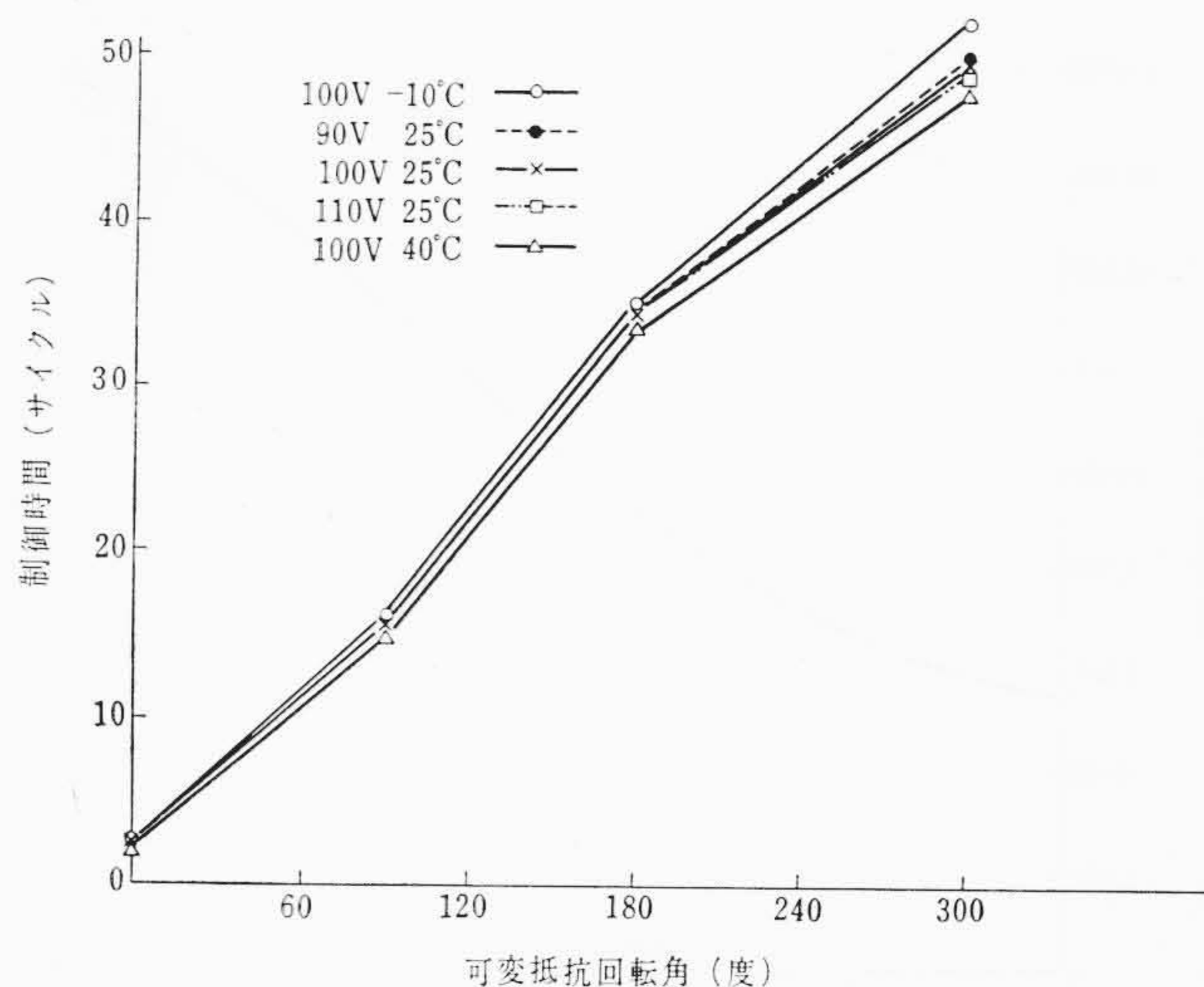


第13図 移相器基本回路

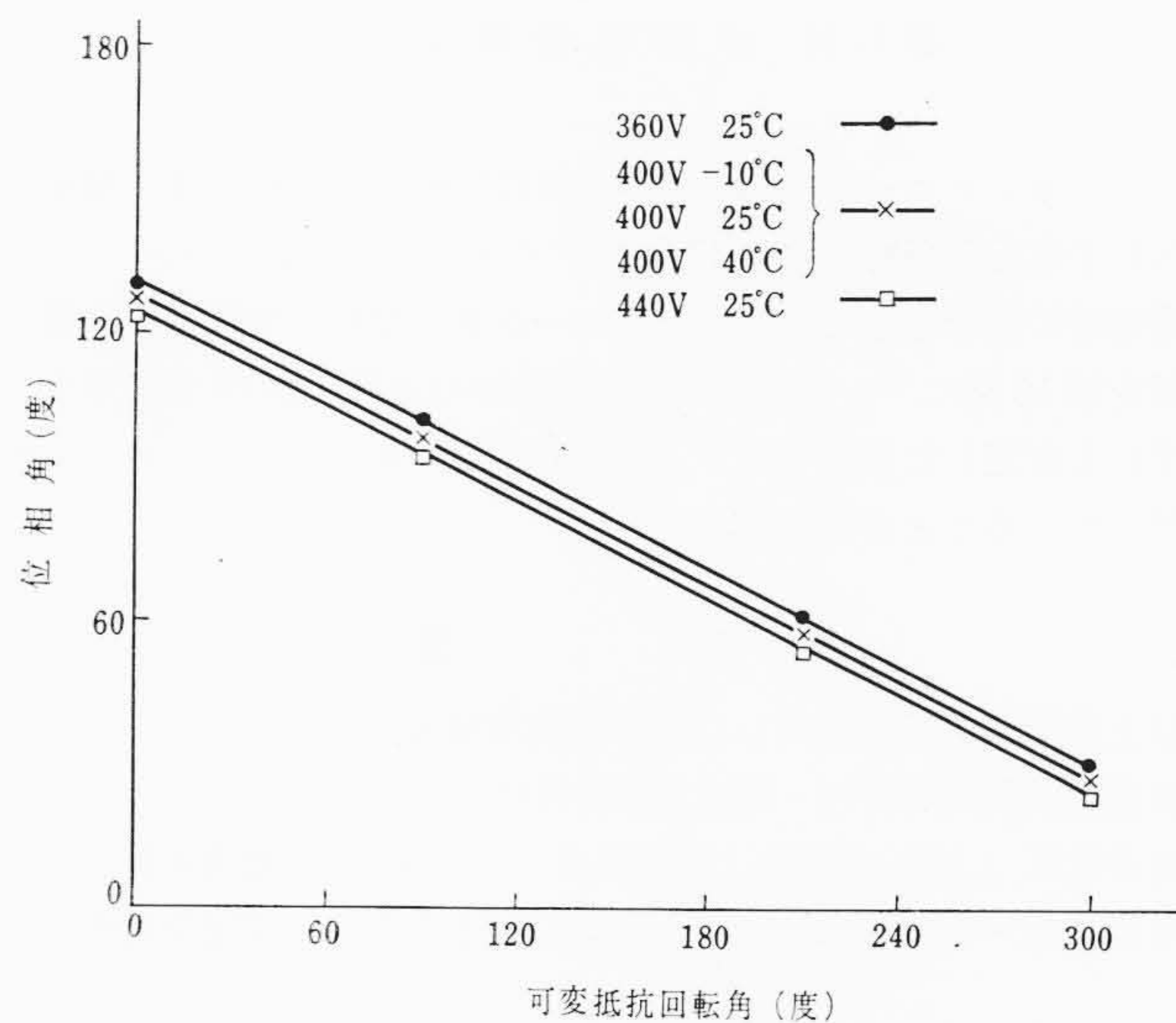


第14図 移相器各部波形

電流であること。
 などの条件を満たす必要がある。
 比較的簡単な回路構成でこのような条件を満たしている単接合トランジスタによる同期移相器をヒートコントロール回路に採用した。その基本回路は第13図に、波形は第14図に示すとおりである。
 電源電圧を全波整流して台形波を作り、可変抵抗VRを通して単接合トランジスタのエミッタに加える。エミッタの電位は可変抵抗VRとコンデンサCによって定まる時定数で上昇し、ある電位に



第15図 時間制御特性



第16図 位相制御特性

達すると単接合トランジスタは導通状態となり、Cの電荷はエミッタ→ベース→パルス変圧器を通して放電する。Cが放電するまでの時間はVRの値を変えることにより調整できるのでイグナイトロンの点弧位相も変わることになる。なお台形波の電圧が零になるとき単接合トランジスタは導通状態となり、Cは一度放電するので各半サイクルごとに同一状態をくり返す。したがって常に一定の位相角でイグナイトロンを点弧させることができる同期移相器となっている。

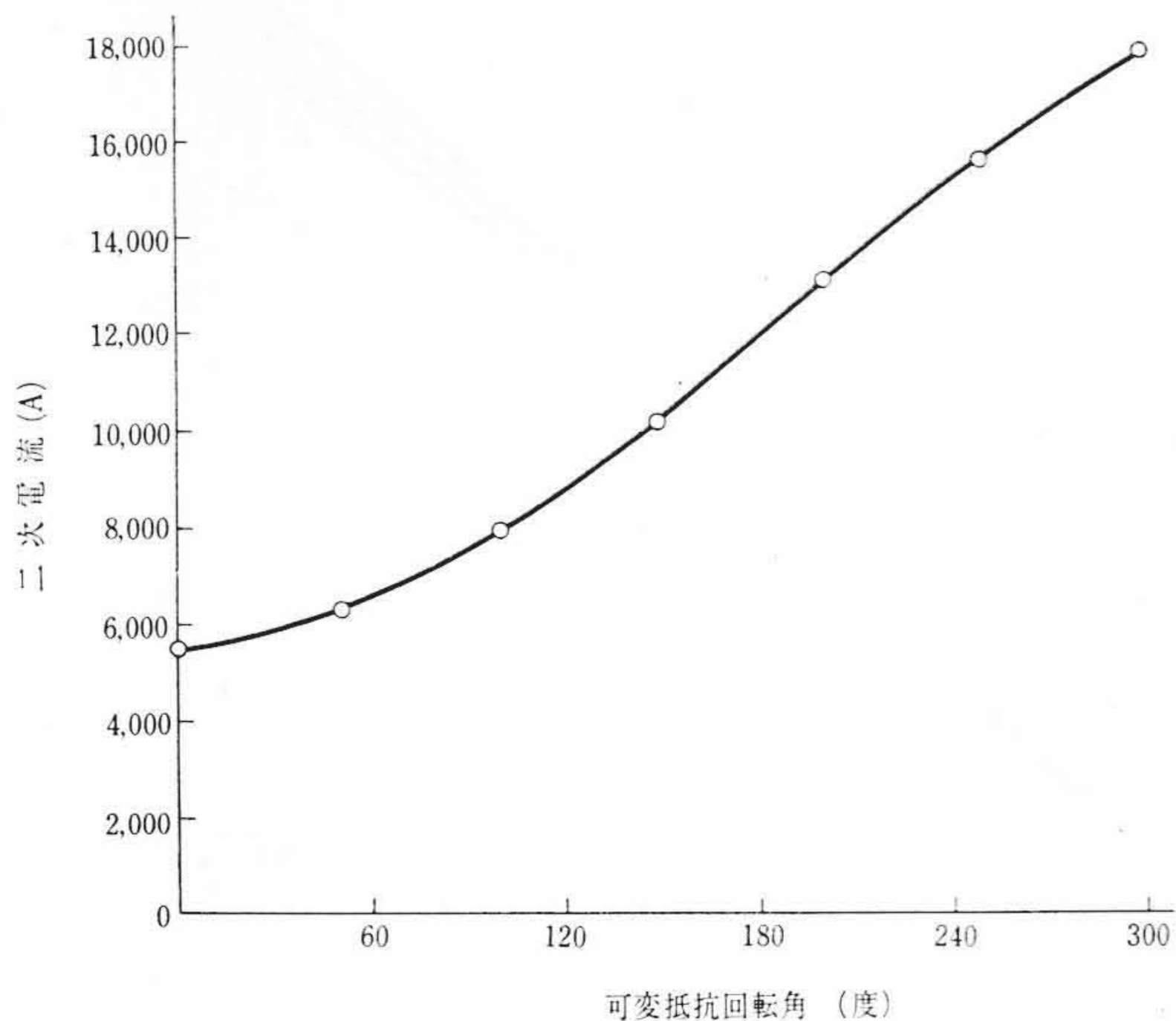
4. 試験結果

4.1 制御時間特性

スクイズ・溶接・保持時間は可変抵抗により調整されるが、この可変抵抗の回転角と制御時間の関係は第15図に示すとおりである。±10%の電圧変動に対する時間の変化は調整時間最大るときで±1%以下であり、25°Cを基準として-10~+40°Cにおける時間の変動は±5%以下であり、安定した特性を示している。

4.2 ヒートコントロール回路の特性

台形波の零点から最初のパルスが出るまでの位相角を可変抵抗の回転角に対して測定した位相制御特性は第16図に示すとおりである。±10%の電圧変動に対する位相の変化は±5%以下であり、周囲温度の変化による影響はほとんどなく、すぐれた特性をもっている。



第17図 溶接電流制御特性

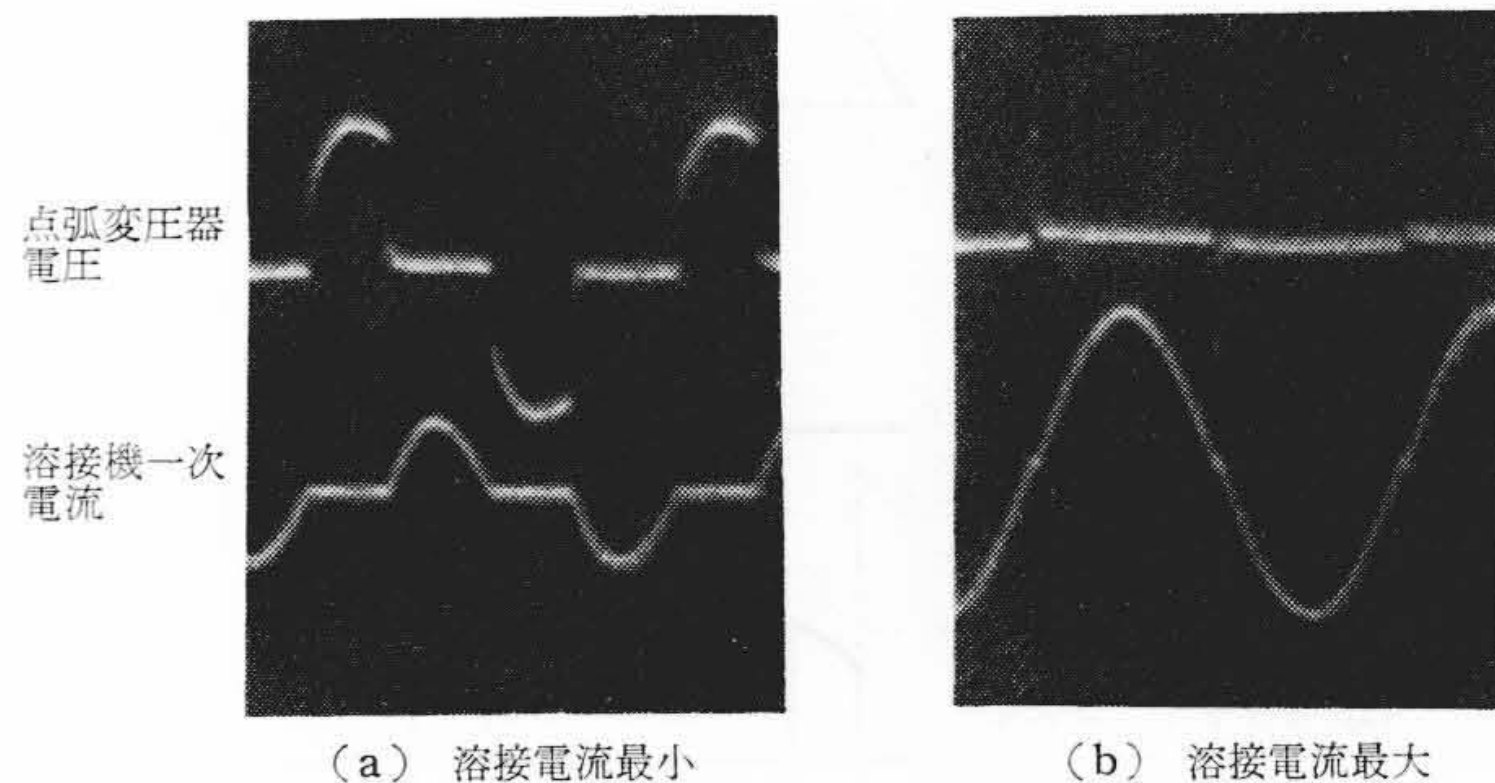
ヒートコントロール回路の可変抵抗の回転角と溶接電流の関係をあらわす電流制御特性は第17図に示すとおりである。

通電時の波形として点弧変圧器の一次電圧波形と溶接機一次電流波形を第18図に、一次電流の通電開始時の波形を第19図に示す。いずれも安定した波形であり、通電時にはスロープコントロールが作用していることがわかる。

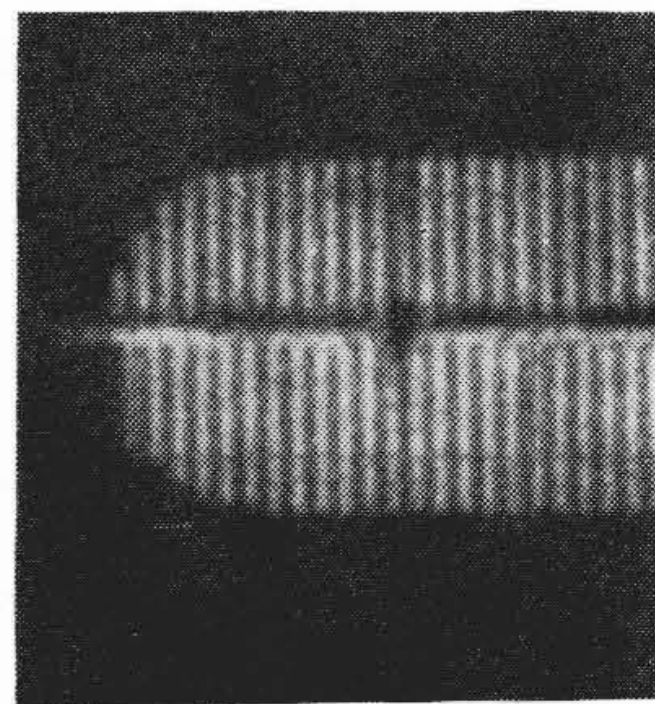
5. 結 言

以上半導体素子を使用した点溶接機用制御装置の構成と、この制御装置の制御時間特性・電流制御特性について報告した。

電源電圧 $\pm 10\%$ の変化・周囲温度 $-10\sim 40^{\circ}\text{C}$ の範囲において制御時間特性・位相制御特性とも $\pm 5\%$ 以下の変動で安定な特性を示



第18図 点弧変圧器電圧と一次電流波形



第19図 溶接電流通電開始時波形

すことがわかり、さらに可搬点溶接機と組み合わせて動作試験を行なった結果、信頼性が十分にあることを確認した。

本制御装置がすぐれた性能をもち保守が容易であることから、今後自動車産業、電気機器産業などの量産工場において広く活用されることが期待される。

参 考 文 献

- (1) 川上：電子回路(昭38-7 共立)

第27巻 目 次 第12号

- ・アンテナのうた
- ・植物を育てる人工太陽
- ・夏炉冬扇か？——冬の冷蔵庫——
- ・“読み”“書く”エレクトロニクス
- ・おふろ物語
- ・電圧調整器のはなし
- ・みどり太陽とダムの日向路——綾川水系の治水と利水を見る——

- ・随筆「民家を求めての旅」
- ・成果のかけに—— Ω 印管継手を生むもの——
- ・電線百話「型やぶり平形ケーブル」
- ・読者の声「蛍光ランプの色と演色性」
＜カラー頁＞
- ・明日への道標「日本海にほえる」
- ・ハイライト「ビルに花咲く新しい装飾美」

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座東京71824番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座東京20018番