

# 整流器式直流アーク溶接機の電流制御特性

## Current Control Characteristic of Rectifier Type DC Arc Welder

秋 山 修\*  
Osamu Akiyama

坂 部 昭\*  
Akira Sakabe

森 実 伸 明\*\*  
Nobuaki Morizane

### 内 容 梗 概

自由磁化直列形・拘束磁化直列形・並列式自己飽和形の可飽和リアクトル三種を取り上げ、三相整流回路に使用した場合のゲート電流の制御特性を検討した。鉄心の磁化曲線を角形であると仮定すれば制御電流とゲート電流の間に等アンペアターンの法則が成立するが、普通ケイ素鋼板の鉄心の場合には負荷電圧が高くなるとこの関係が成立せず制御磁化力を大きくすることが必要である。特に拘束磁化直列形では30~50%増すことが必要である。

三種の可飽和リアクトルを整流器式直流アーク溶接機の電流制御機構として使用する場合、外部特性から見れば自由磁化直列形ではソフトアーク特性、ほかの二種ではフォースフルアーク特性を示し、また、過渡特性・出力電流の波形について三種を比較し、時定数の短いこと、脈動率の比較的少ないことなどの点から並列式自己飽和形が特性的にすぐれていることを示した。

### 1. 緒 言

アーク溶接機の出力特性としては、アークを安定に持続するために負荷電圧が変化しても電流の変化割合の少ない垂下特性が要求される。アーク負荷は抵抗に相当するので垂下特性を得るのに内部リアクタンスを大きくし、抵抗とリアクタンスにかかる電圧に位相差があることを利用している。具体的な方法としては、

- (1) 漏えい変圧器
- (2) 不飽和リアクトル
- (3) 可飽和リアクトル

による方法がある。可飽和リアクトルによる方法はほかの方法と比較して

- (1) 電流調整が容易である。
- (2) 電流調整範囲が広い。
- (3) 構造が簡単である。
- (4) 特性調整が可能である。

などの長所があり、整流器式直流アーク溶接機の電流制御機構に一般に用いられている。

さらに、溶接機の特長にも垂下性の良いソフトアーク特性とする以外に、フリージングを防ぐために短絡時の電流が大きくなるフォースフルアーク特性としたり、ホットスタート・クレータフィラー・アークブースタなどの補助装置を付加するためにも、小さな制御電流を操作するだけで電流調整のできる可飽和リアクトルがアーク溶接機の変換インピーダンスとして適している。

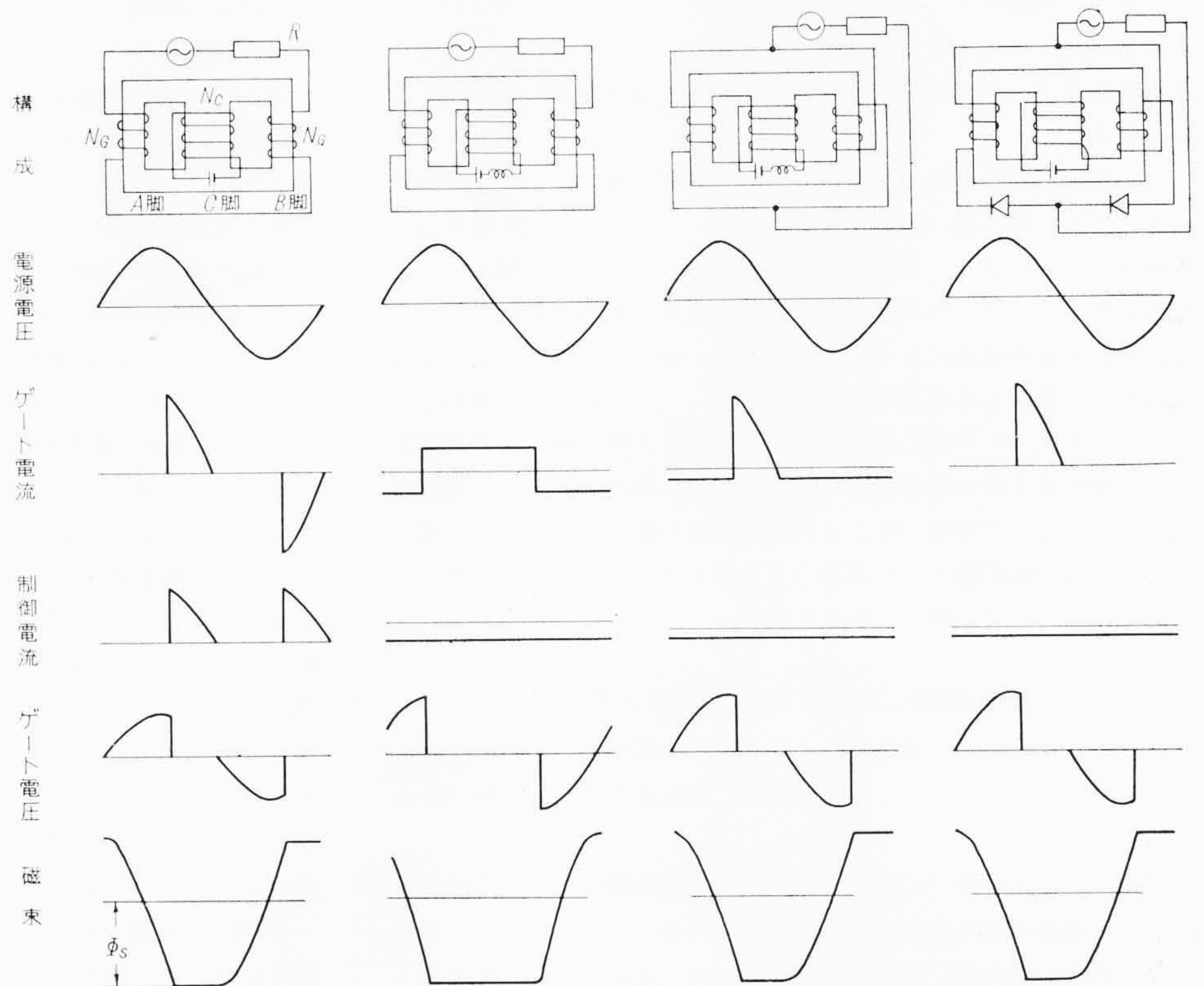
可飽和リアクトルは磁気増幅器として制御機器に広く用いられているが、ほとんど単相の場合であり、溶接機の電流制御機構のように一定制御電流で負荷の状態が変わるものとか三相整流回路に接続されたものについての研究は十分になされているとはいえない。

三相整流回路に接続された可飽和リアクトルについて構成を自由磁化直列形・拘束磁化直列形・並列形と自己飽和形を組み合わせた形の並列式自己飽和形の三種に分け、構成の相異による制御特性の違いを電圧電流波形・静特性・動特性より検討し、アーク溶接用の電源としてどのような構造のものがよいか考察した結果を報告する。

### 2. 単相回路に接続された可飽和リアクトル

単相回路に接続された可飽和リアクトルはその接続の方式により直列形・並列形・自己飽和形に大別される。このうち直列形については制御回路の構成により自由磁化と拘束磁化に分けられ、ゲート電流の制御機構は各方式により著しく異なる。各方式の構成および鉄心の磁化特性を理想的角形と仮定した場合のゲート電流・ゲート電圧・磁束の変化状態を第1図に示す。

直列形可飽和リアクトルで制御巻線以外にインダクタンスを含ま



(a) 直列形(自由磁化) (b) 直列形(拘束磁化) (c) 並列形 (d) 自己飽和形

第1図 可飽和リアクトルの構成および波形

\* 日立製作所亀戸工場

\*\* 日立製作所日立工場



ない自由磁化の場合は第 1 図(a)のごとくなり、C脚は短絡状態で磁束変化がないのでA B両脚の磁束変化は等しくなるから電源電圧はゲート巻線A Bに二分され、磁束の変化する間はゲート電流は零でありA脚が飽和したところでゲート電流が流れる。飽和したA脚では磁束の変化がなく電圧は零となり、不飽和のB脚ではゲート巻線を一次、制御巻線を二次とする変圧器のような関係になりB脚に生ずる起磁力をC脚で打ち消すことが必要で、仮定した磁化特性より励磁電流を無視できるから制御電流によって定まるゲート電流が流れる。次の半サイクルではA B脚の状態が逆になる。回路の抵抗が大きい場合には通電するまでの位相角も電流の振幅も小さく、回路の抵抗が小さければ位相角も電流の振幅も大きくなり一定励磁ではどちらの場合でも平均値が等しくなり、次の関係式が成立する。

$$I_c N_c = I_g N_g \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに  $I_c$ : 制御電流平均値  
 $N_c$ : 制御巻線巻回数  
 $I_g$ : ゲート電流平均値  
 $N_g$ : ゲート巻線巻回数

制御回路にインダクタンスが存在し脈動電流が流れない回路の場合には拘束磁化となり第 1 図(b)となる。電源電圧がゲート巻線にかかり生ずる磁束が制御巻線による磁束と加わる脚では飽和状態で電圧降下はなく、打ち消し合う側の脚で制御電流に等しい磁化力をゲート巻線に生ずる。制御電流は拘束磁化で脈動分がないからゲート電流も同様に方形波電流となり、この場合にも(1)式が成立する。回路に抵抗がない場合には電流は 90 度遅れの波形となる。

並列形可飽和リアクトルの場合にも直列形と同様制御回路のインピーダンスの大きさにより制御機構がやや異なるが、いずれの場合にも

$$I_c N_c = \frac{1}{2} I_g N_g \quad \dots\dots\dots (2)$$

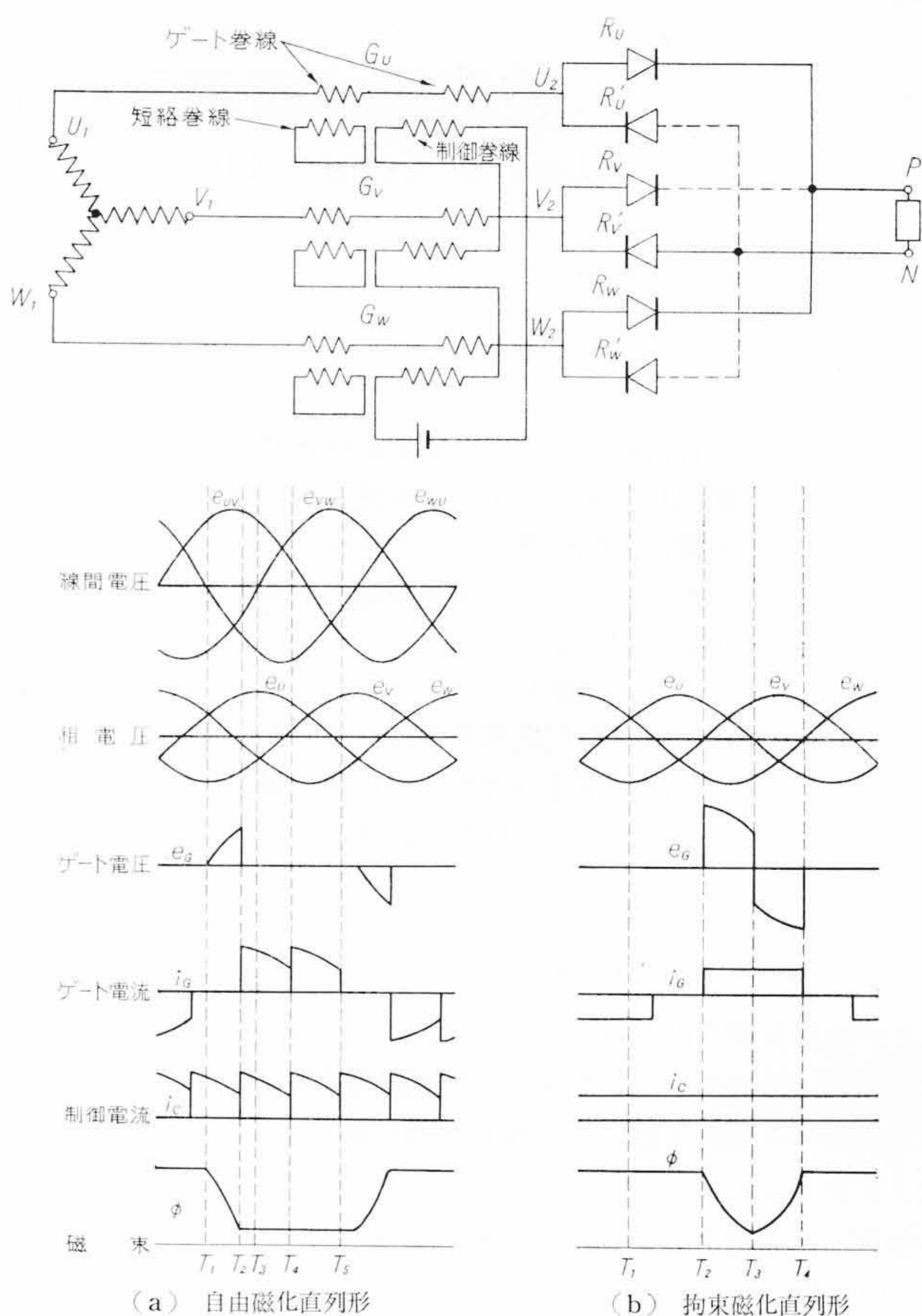
が成立する。制御回路のインピーダンスがゲート巻線のインピーダンスより大きければ第 1 図(c)の波形となる。鉄心の飽和期間中は電源電圧と抵抗によって定まる電流が流れ、不飽和期間では負方向に制御電流によって定まる一定電流が流れ、ゲート巻線は交流電源に接続されており直流分を含み得ないから正負各電流の平均値が等しくなる。

自己飽和形回路の場合には直列形・並列形の場合と全く制御機構を異にする。第 1 図(d)に示すようにゲート回路の一端に整流器を接続することにより、電源電圧の正の半サイクルの間A脚のみに通電し負の半サイクルの間B脚のみに通電する。制御電流は小さくA脚は最初不飽和状態にある。正の電圧がかかるとともにA脚の磁束は増加し、飽和して電源電圧と抵抗によって定まる電流が流れる。次の半サイクルにB脚に電圧がかかったときA脚の磁束を初期値に戻し、飽和後A脚の電流と同じ電流がB脚に流れる。ゲート電流は並列形と異なり負電流が阻止され制御回路の磁化力に制限されないため、制御回路の磁化力は初期の磁束値を与えるだけでよくゲート回路の磁化力に比し著しく小さくなる。

### 3. 三相回路に接続された可飽和リアクトル

整流器式直流アーク溶接機には平滑な出力電流が得られること、変圧器の利用率がよいことから一般に三相全波整流方式が採用されている。

三相全波整流回路では最高電位の相より最低電位の相へ電流が流れ中間の電位の相は通電を阻止される。内部インピーダンスを無視できる場合には各相の電圧の最高・最低間の電圧が出力電圧となり出力電流もそれに対応した波形となる。線電流は各相電圧の最高または最低のときに流れることになり 1 サイクルのうち  $2\pi/3$  期間正



第 2 図 可飽和リアクトルの回路および動作波形

負に現われる。

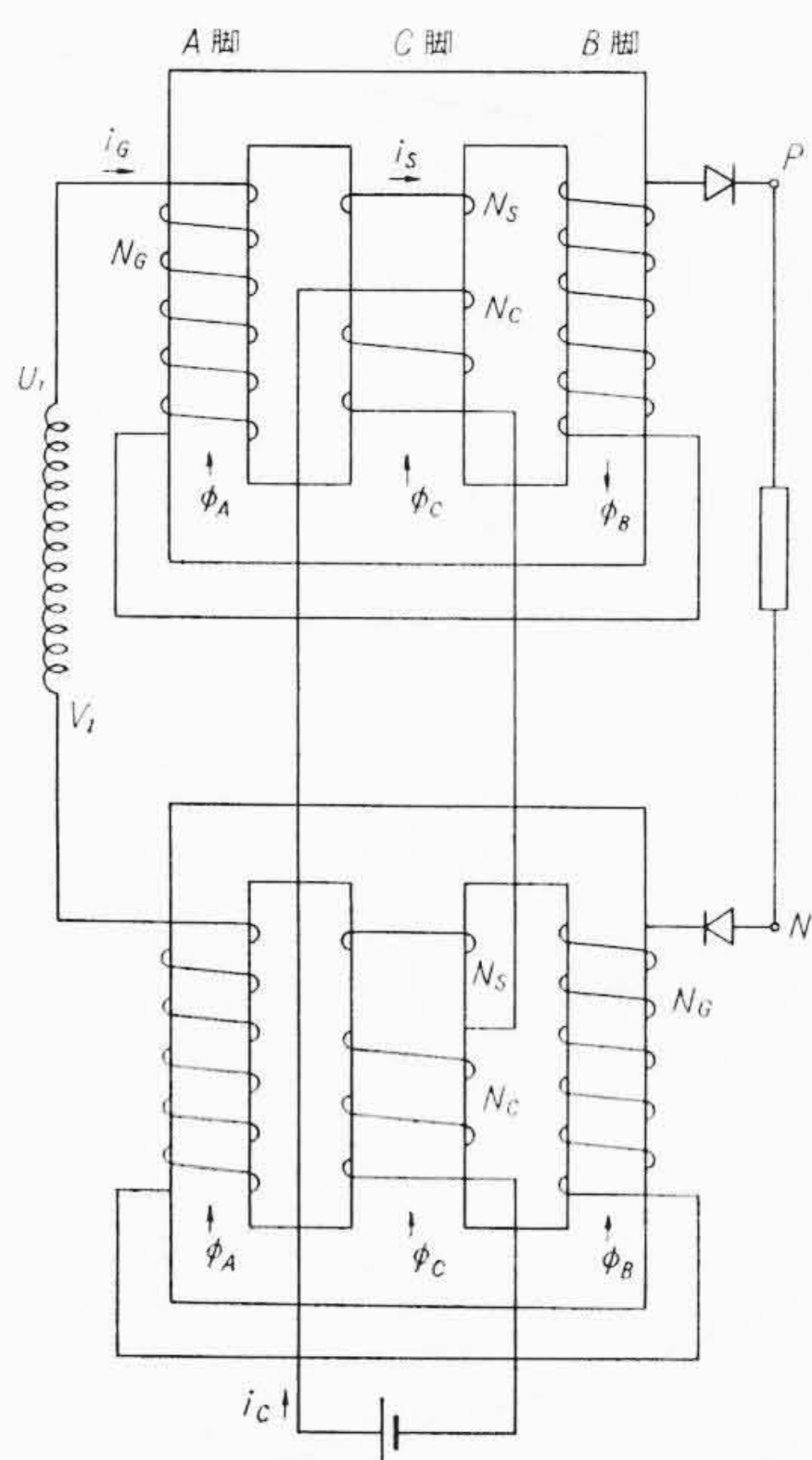
三相回路に可飽和リアクトルを接続した場合にも制御回路の構成により自由磁化と拘束磁化に分けられる。三相整流回路では最高最低電位の二相間に電流が流れる。したがって、制御巻線 3 個を直列に接続した回路では通電中の二相の制御巻線に対し不通電の相の制御巻線はリアクタンスとなり拘束磁化条件となる。それゆえ、三相回路では 3 個の制御巻線を並列に接続するか、制御巻線に重ねて短絡巻線を設けることにより制御電流は脈動し得ることになり自由磁化となる。このどちらの形においても第 2 図に示す波形の  $T_1$  以後に U 相の電位が最高になったところで U 相の可飽和リアクトルのゲート巻線に電圧が印加される。 $T_1$  において導通している整流器は  $R_w$ ,  $R_v'$  であるから P 点の電位は  $W_1$ , N 点の電位は  $V_1$  に等しく出力電圧は  $e_{vw}$  であり、U 相のゲート巻線にかかる電圧は  $U_1P$  間の電圧  $e_{uw}$  でこの電圧により磁束変化を生ずることになる。

#### 3.1 自由磁化直列形可飽和リアクトル

自由磁化の場合には初期磁束は不飽和点にありゲート巻線に電圧が印加されて磁束変化が生じ飽和磁束に達したところでゲート電流が流れる。第 2 図(a)の場合  $T_2$  にて飽和した後は  $U_1$  の電位がそのまま P の電位となり、 $T_2 \sim T_3$  間では負荷電圧は  $e_{uv}$  となる。 $W_2$  は電流が流れなければ  $W_1$  の電位に等しく  $U_1V_1$  の中間の電位であり W 相は整流器により通電を阻止されている。 $T_3 \sim T_4$  間では V 相の電位より W 相の電位が低くゲート巻線  $G_w$  には負の電圧がかかり磁束変化が生ずるが、まだ飽和に至っていないので負荷電圧は  $e_{uv}$  のままである。 $T_4$  になり W 相のゲートが飽和すると以後  $T_5$  までの間 N 点の電位は  $W_1$  の電位に等しく  $-e_{wu}$  の電圧が負荷抵抗にかかる。

U 相から V 相へ流れる  $T_2 \sim T_4$  間にできる可飽和リアクトルの閉回路を考えると第 3 図のようになる。W 相の制御コイルは短絡巻線があるため U 相、V 相の制御巻線から見ると短絡状態である。したがって





第3図 可飽和リアクトルの閉回路

$$\phi_A = \phi_1 - \phi_2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\phi_B = \phi_1 + \phi_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに  $\phi_A$ : A脚の磁束

$\phi_B$ : B脚の磁束

$\phi_1$ : ゲート巻線の磁化力による磁束

$\phi_2$ : 制御巻線の磁化力による磁束

C脚には短絡巻線があるので交流磁束は通り得ず  $\phi_2$  は一定磁束でなければならない。ゆえに

$$\frac{d\phi_2}{dt} = 0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$e_{GA} = -N_G \frac{d\phi_A}{dt} = -N_G \frac{d\phi_B}{dt} = e_{GB} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに  $e_{GA}$ : A脚のゲート巻線の電圧

$e_{GB}$ : B脚のゲート巻線の電圧

$N_G$ : ゲート巻線の巻回数

AB両脚の磁束変化は等しくゲート巻線にかかる電圧は電源電圧を二分していることがわかる。

B脚が飽和するとA脚の磁束  $\phi_A$  はC脚を通ろうとするのでA脚とC脚とで変圧器のような作用が生ずる。しかしC脚には短絡巻線があるのでA脚の磁化力を打ち消しC脚には交流磁束が生じない。ゲート電流、制御電流、短絡巻線の電流による磁化力について考えると、U相ではB脚が飽和しており

$$i_G N_G - i_S N_S - i_C N_C = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

短絡巻線の電流は交流分のみでありC脚の磁化力の平均値は

$$\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} (i_S N_S + i_C N_C) dt = I_C N_C \quad \dots\dots\dots (8)$$

したがって

$$I_G N_G - I_C N_C = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

ここに  $i_G$ : ゲート電流瞬時値

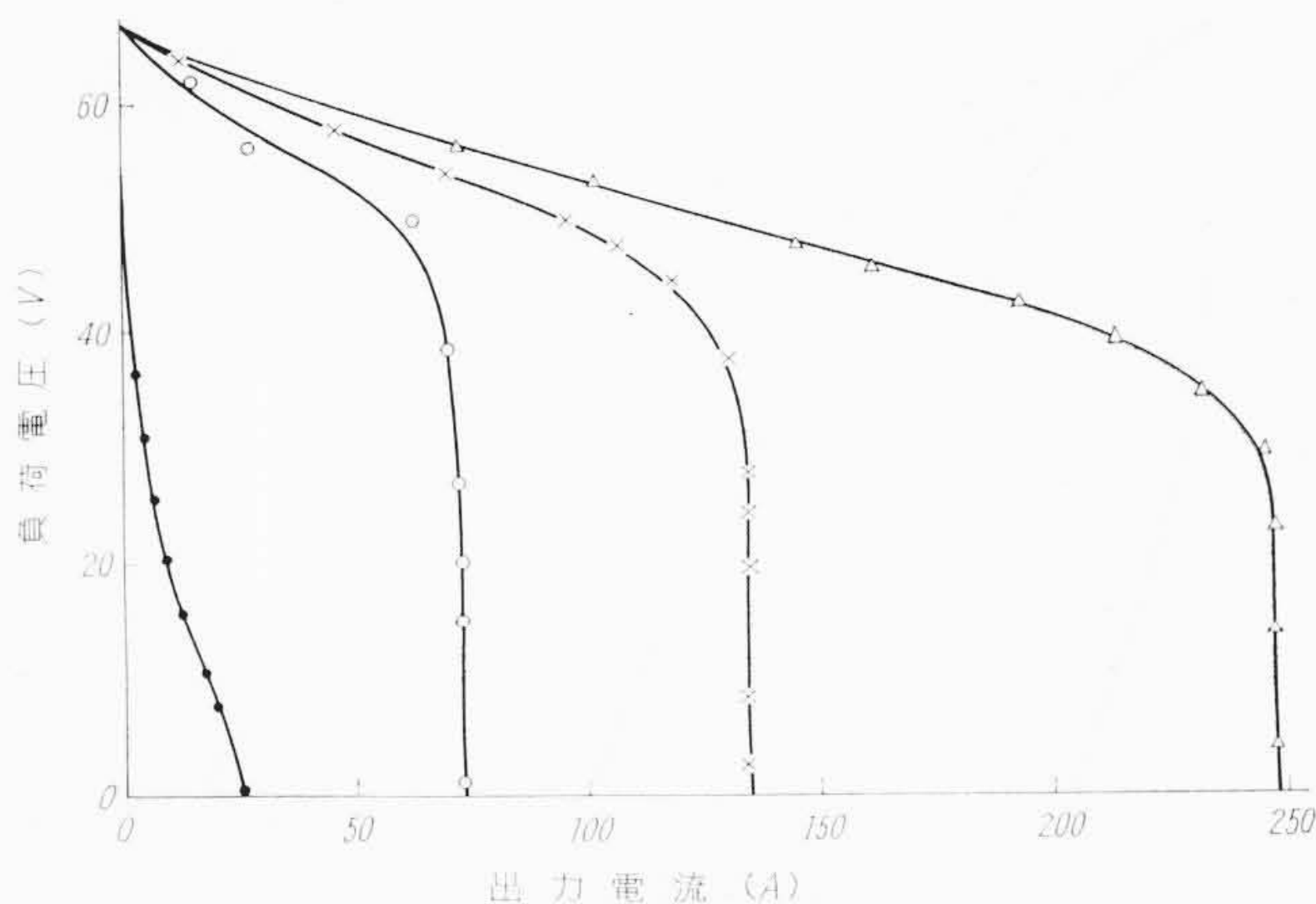
$i_C$ : 制御電流瞬時値

$i_S$ : 短絡巻線の電流瞬時値

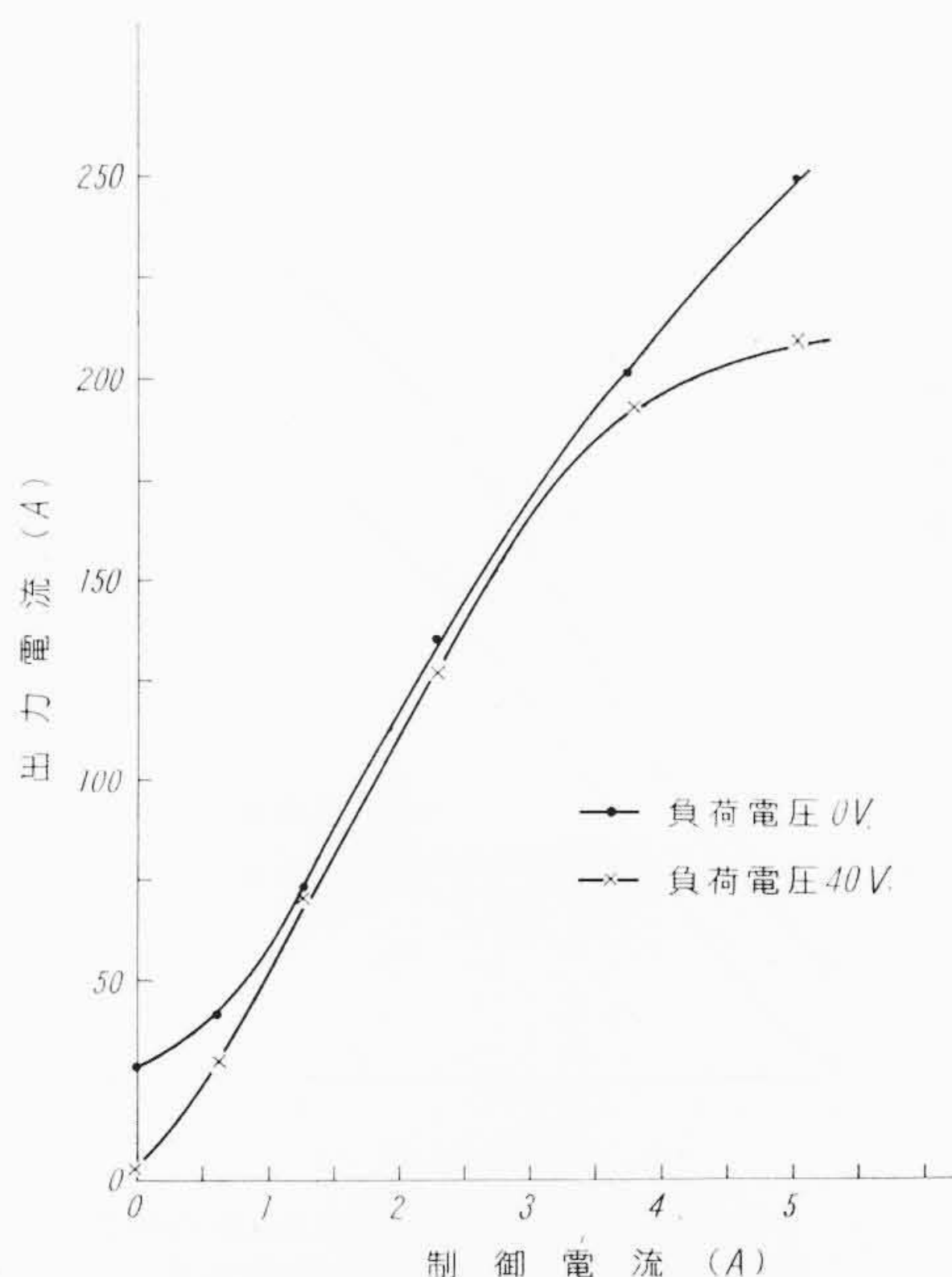
$N_C$ : 制御巻線巻回数

$N_S$ : 短絡巻線巻回数

ゆえに制御電流とゲート電流の平均値の間には単相回路の場合と同じく、(1)式の等アンペータンの法則が成立する。



第4図 自由磁化直列形外部特性



ゲート巻線巻回数 14 T 制御巻線巻回数 560 T

第5図 自由磁化直列形制御特性

第3図からわかるように各相電流は120度の位相差をもつ同一波形であるから出力電流と線電流の関係は

$$I_G = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |i_G| dt = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_D dt = \frac{2}{3} I_D \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここに  $I_D$ : 出力電流平均値

$i_D$ : 出力電流瞬時値

(1)および(10)より

$$I_C N_C = I_G N_G = \frac{2}{3} I_D N_G \quad \dots\dots\dots (11)$$

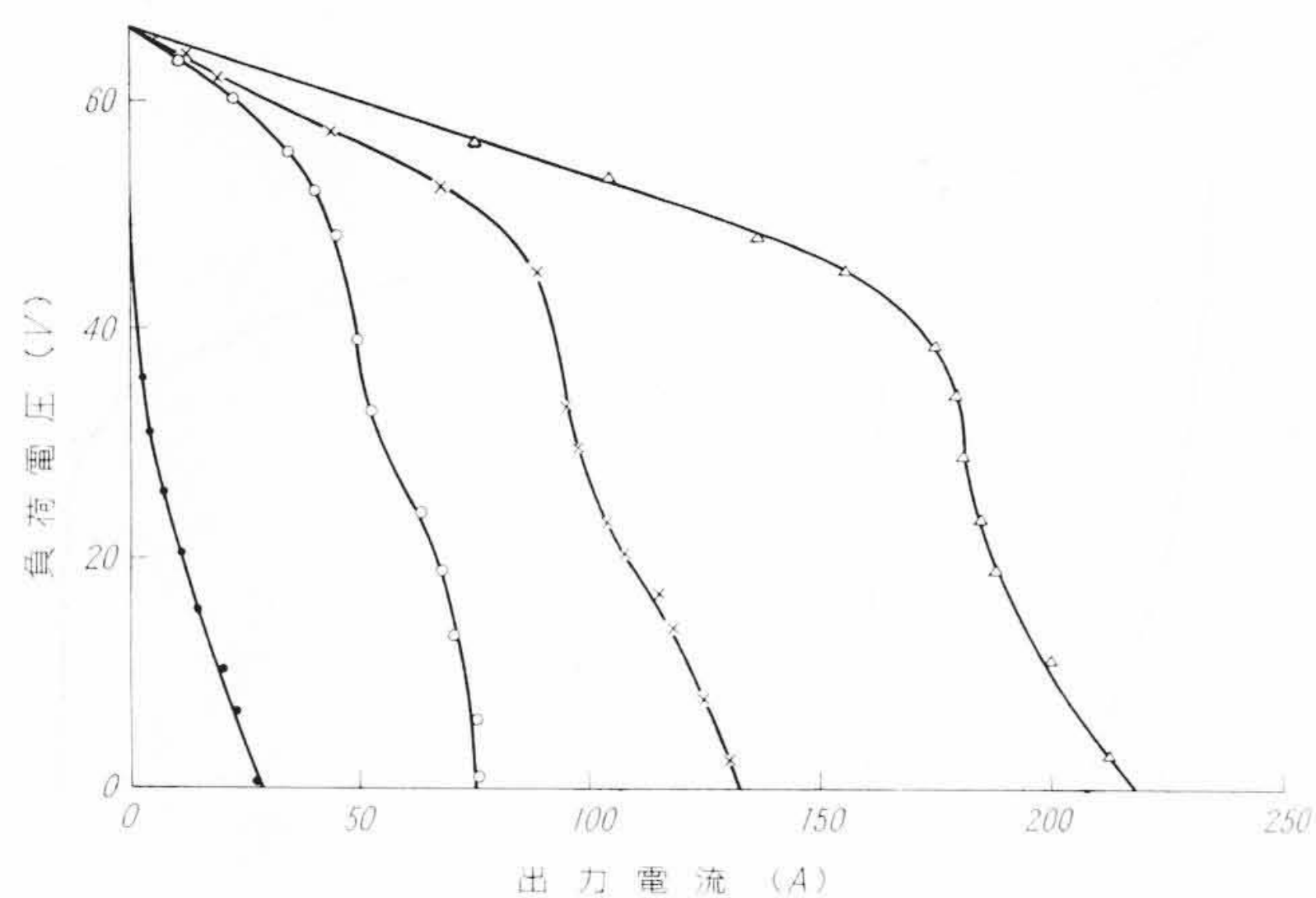
自由磁化の場合の負荷電圧と出力電流の関係を示す外部特性を第4図に、制御電流と出力電流の関係を第5図に示す。負荷電圧が低く出力電流の大きいところでは等アンペータンの法則が成立し、負荷電圧が高くなるとリアクトルにかかる電圧が小さくなり磁化曲線が角形でないために等アンペータンの法則からずれてくる。外部特性は垂下性がよくソフトアーク特性となっている。

### 3.2 拘束磁化直列形可飽和リアクトル

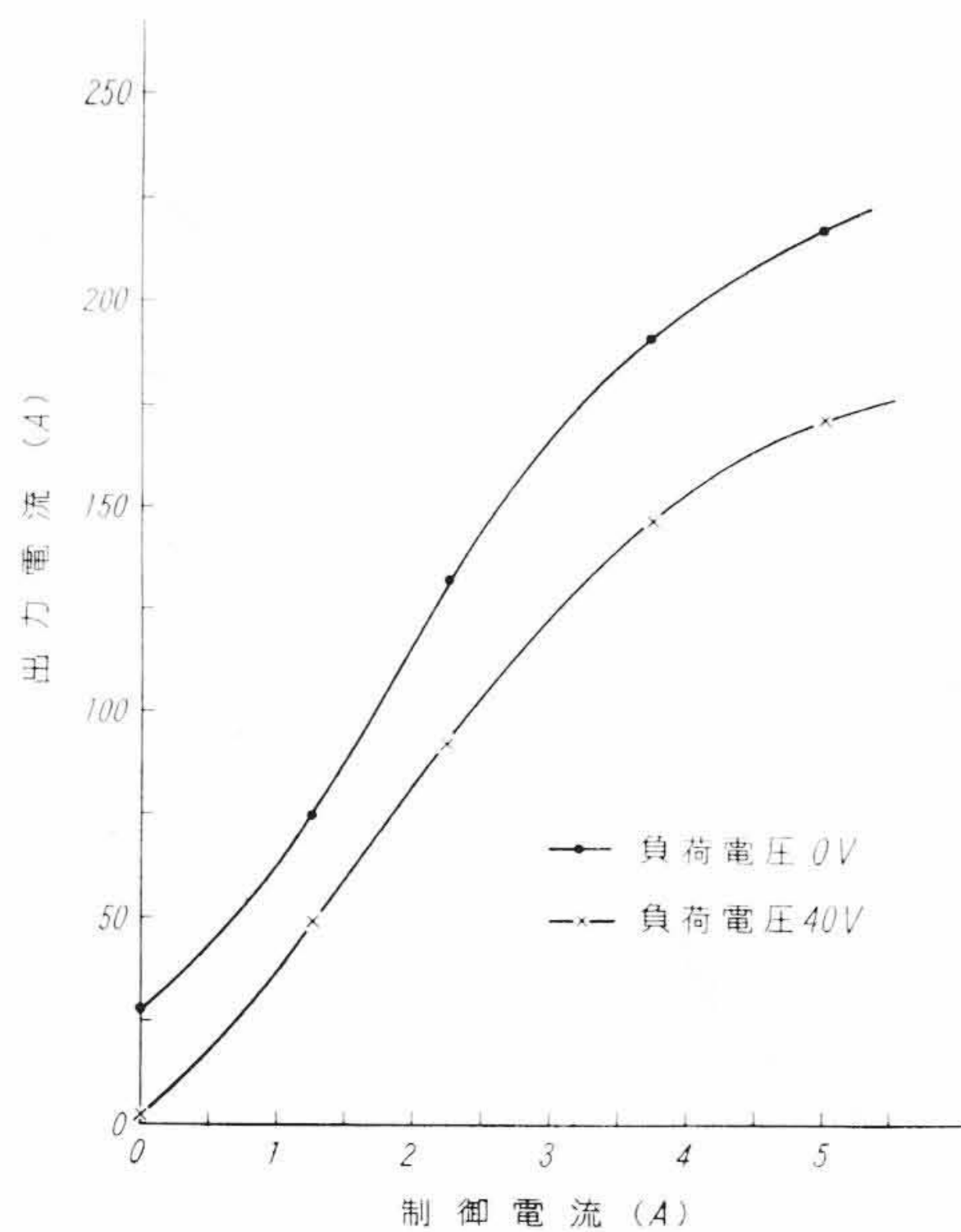
短絡巻線を持たない回路では不通電期間の制御巻線がインダクタンスとして作用し制御電流の脈動が少ない拘束磁化となるから、ゲート電流は制御電流の磁化力を打ち消し得る大きさに制限され(1)式によって定まる方形波電流となる。

電流の急変は磁束が零となる点で起るから正弦波電圧であれば最





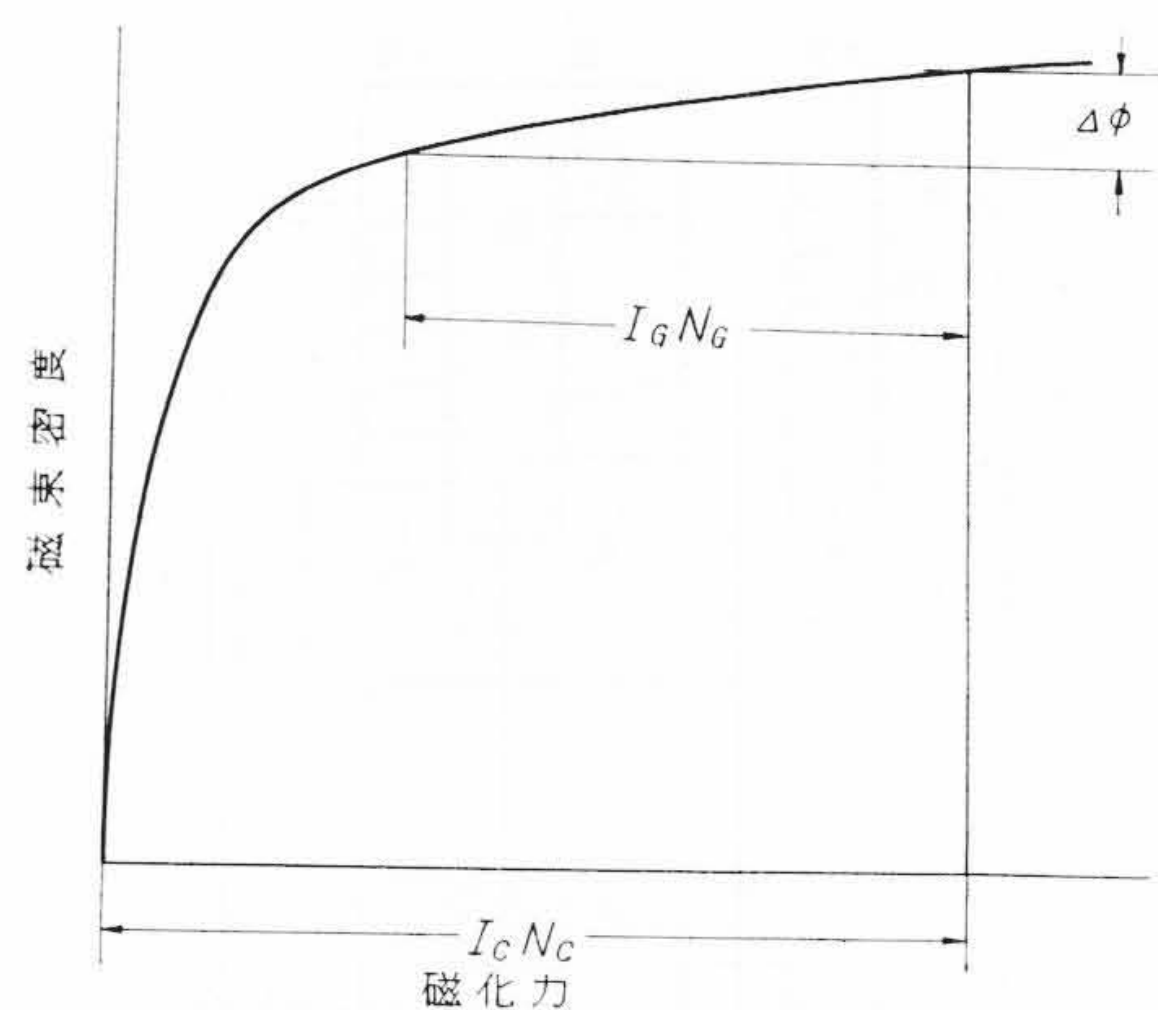
第6図 拘束磁化直列形外部特性

ゲート巻線巻回数 14 T 制御巻線巻回数 560 T  
第7図 拘束磁化直列形制御特性

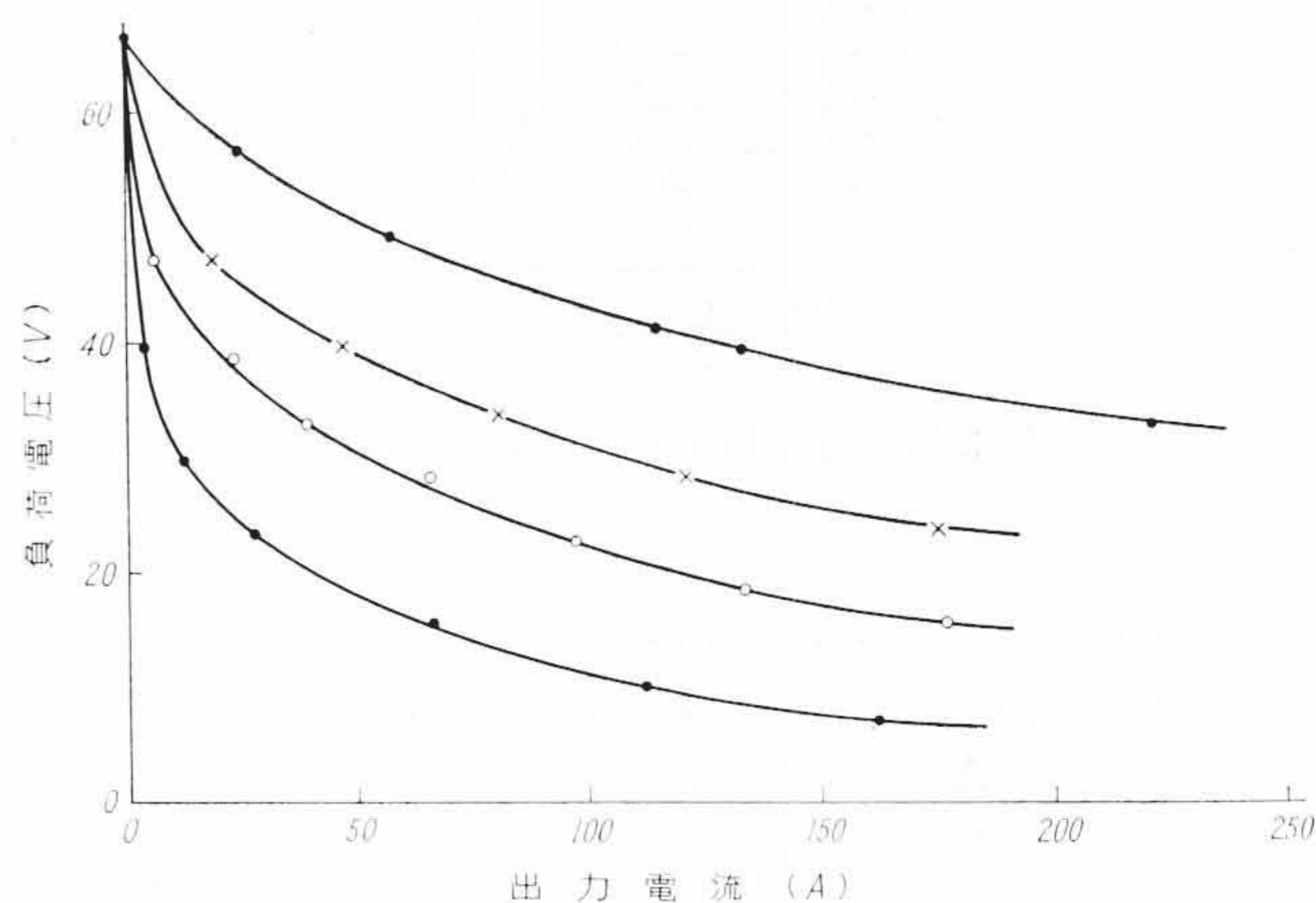
大値のところで通電することになる。出力側を短絡し内部抵抗が無視できれば第2図(b)に示すように $T_1$ ではW相に電流が流れておりPの電位は $W_1$ の電位である。U相のゲート巻線 $G_U$ には磁束が零となる $e_{uw}$ の最高電圧の $T_2$ より電圧がかかり同時に電流が流れる。 $T_2 \sim T_3$ 間では $e_{uw}$ で磁束が変化し、 $T_3$ にてNの電位が $V_1$ より $W_1$ に変わり $e_{uv}$ の電圧で磁束が変化し飽和磁束へ戻る。拘束磁化の外部特性を第6図に、制御特性を第7図に示す。鉄心の磁化特性が角形でなく第8図のような特性をもつために高磁束密度のところでも磁束変化があり、負荷電圧の高いところではゲート巻線にかかる電圧が低くなりゲート磁化力が制御磁化力を完全に打ち消さなくとも電圧降下を生じてしまうので等アンペアターンの関係からずれてくる。出力側を短絡した場合にはゲート巻線にかかる電圧が大きく磁束変化も大きくなりゲート磁化力は制御磁化力を打ち消すだけ流れる必要があり、(1)式が満足されるようになる。以上のような理由により拘束磁化直列形の外部特性はフォースフルアーク特性となる。

### 3.3 並列式自己飽和形リアクトル

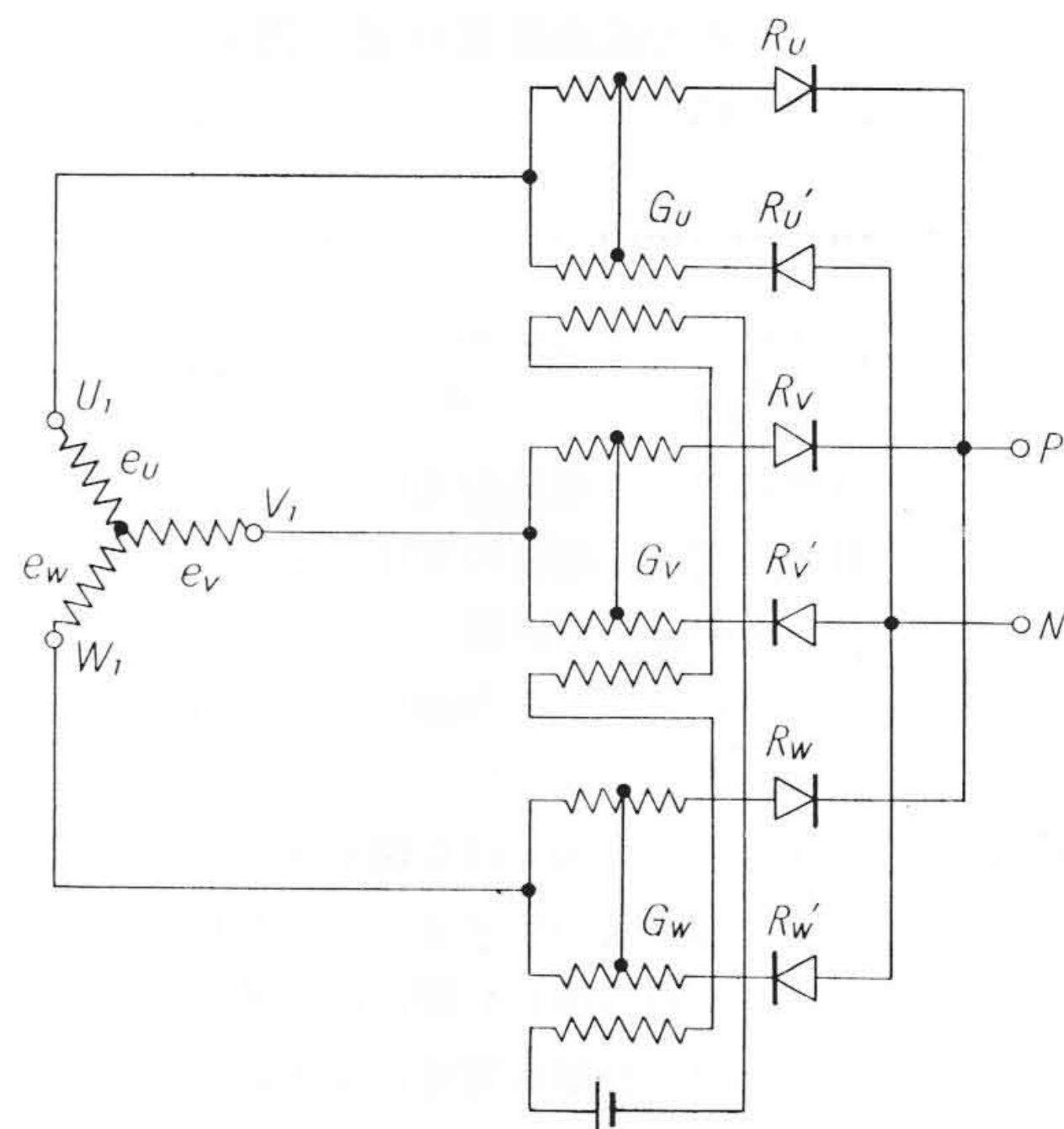
自己飽和形リアクトルでは制御電流を一定に保ち不飽和な初期磁束を与えておき、ゲート巻線に半波整流電圧を加えると初期磁束から飽和磁束まで変化して電圧を吸収し、飽和した後はゲート巻線のインピーダンスは零になり電源電圧と外部抵抗によって定まる電流が流れる。この方式では外部特性は第9図に示すように定電圧特性に近いので、垂下特性を与えるためにゲート巻線の一部を短絡し並列形可飽和リアクトルと自己飽和形可飽和リアクトルを結合した方



第8図 制御磁化力とゲート磁化力の関係



第9図 自己飽和形外部特性



第10図 並列式自己飽和形可飽和リアクトル回路

法\*, 溶接電流を検出し制御巻線に帰還し帰還後の調べにより定電圧特性から電圧特性まで連続可変できる方法\*\*を考案した。次にリアクトル結合形について述べる。三相回路に適用した接続図を第10図に一相分のリアクトルの構造図を第11図に示す。

U相が最高電位になってゲート巻線 $G_U$ に電圧がかかる。この電圧は

$$e_G = -(N_{1A} + N_{2A}) \frac{d\phi_A}{dt} \dots \dots \dots (12)$$

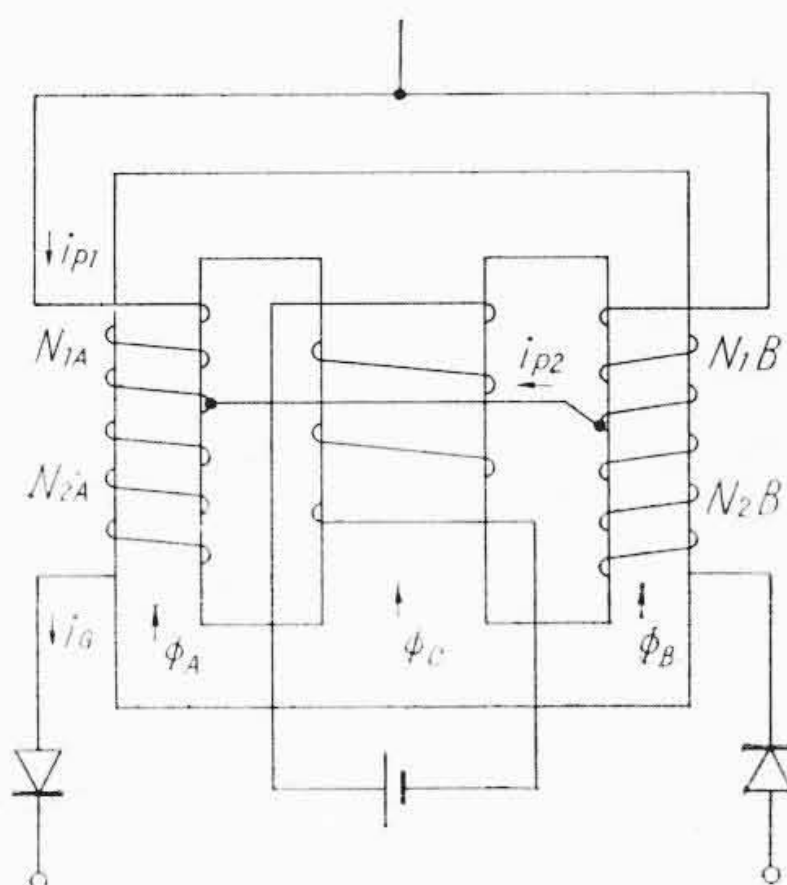
ここに  $N_{1A}$ : 並列に接続されるゲート巻回数

$N_{2A}$ : 自己飽和形に接続されるゲート巻回数

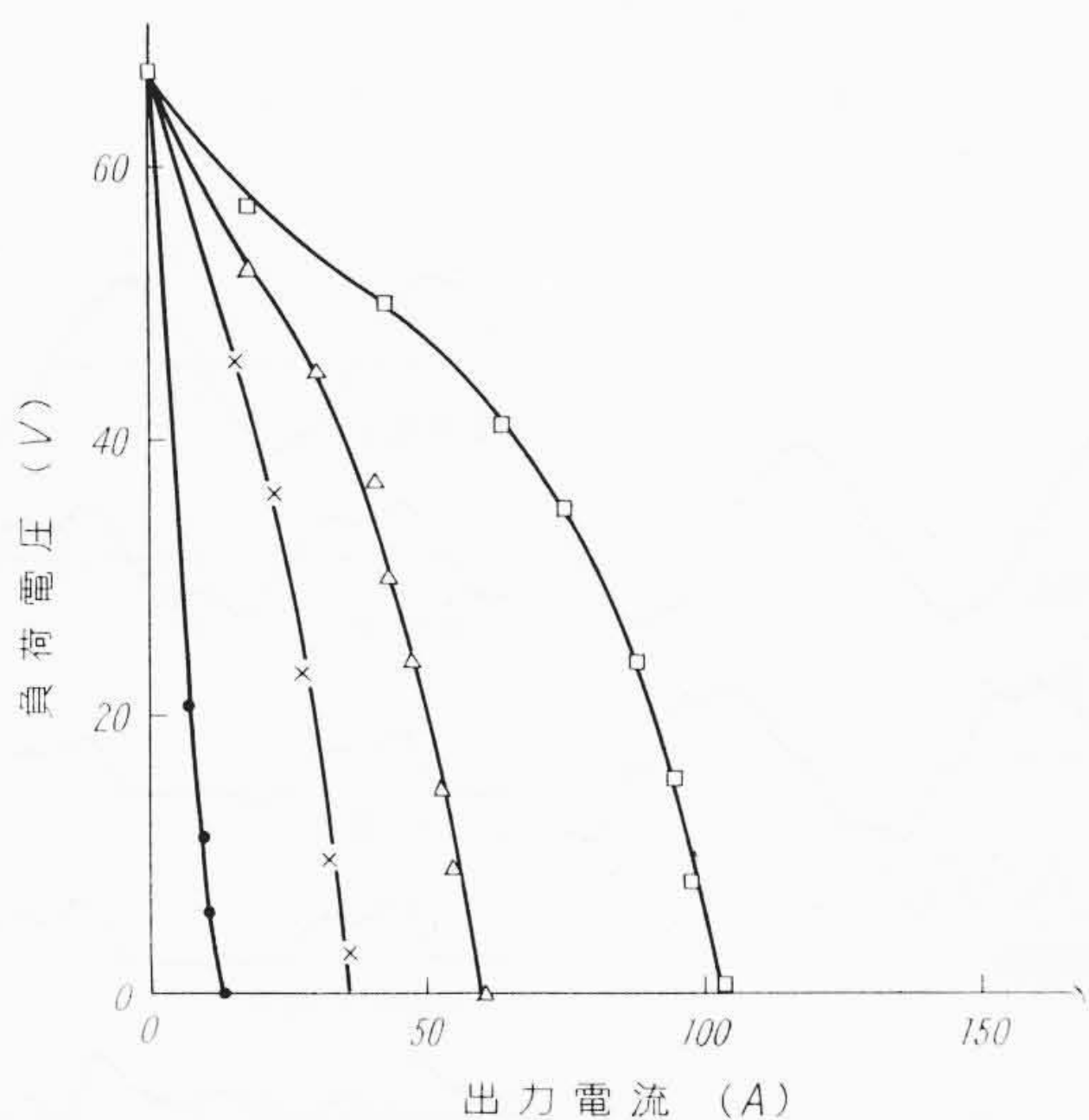
\* 実用新案出願中

\*\* 特許出願中





第11図 並列式自己飽和形可飽和リアクトル構成図



第12図 並列式自己飽和形外部特性（並列巻線 18 T）

$N_{1A}$ ,  $N_{2A}$  は同一鉄心に巻かれており

$$e_{1A} = \frac{N_1}{N_2} e_{2A} \dots\dots\dots (13)$$

$N_{1A}$ ,  $N_{1B}$  巻線は並列に接続されており

$$e_{1A} = e_{1B} \dots\dots\dots (14)$$

したがって

$$\frac{d\phi_A}{dt} = \frac{d\phi_B}{dt} \dots\dots\dots (15)$$

すなわち、 $T_1$  以後に A 脚では磁束が増大し B 脚では磁束が減少しその変化は同じである。

ゲート電流は  $N_{1A}$ ,  $N_{2A}$  で異なり正の半サイクルのうち整流器が通電している 120 度の間では

$$i_{P1} + i_{P2} = i_G \dots\dots\dots (16)$$

その他の期間では

$$i_{P1} - i_{P2} = 0 \dots\dots\dots (17)$$

ここに  $i_{P1}$ : 並列形ゲート巻線の電流

$i_{P2}$ : 短絡部の電流

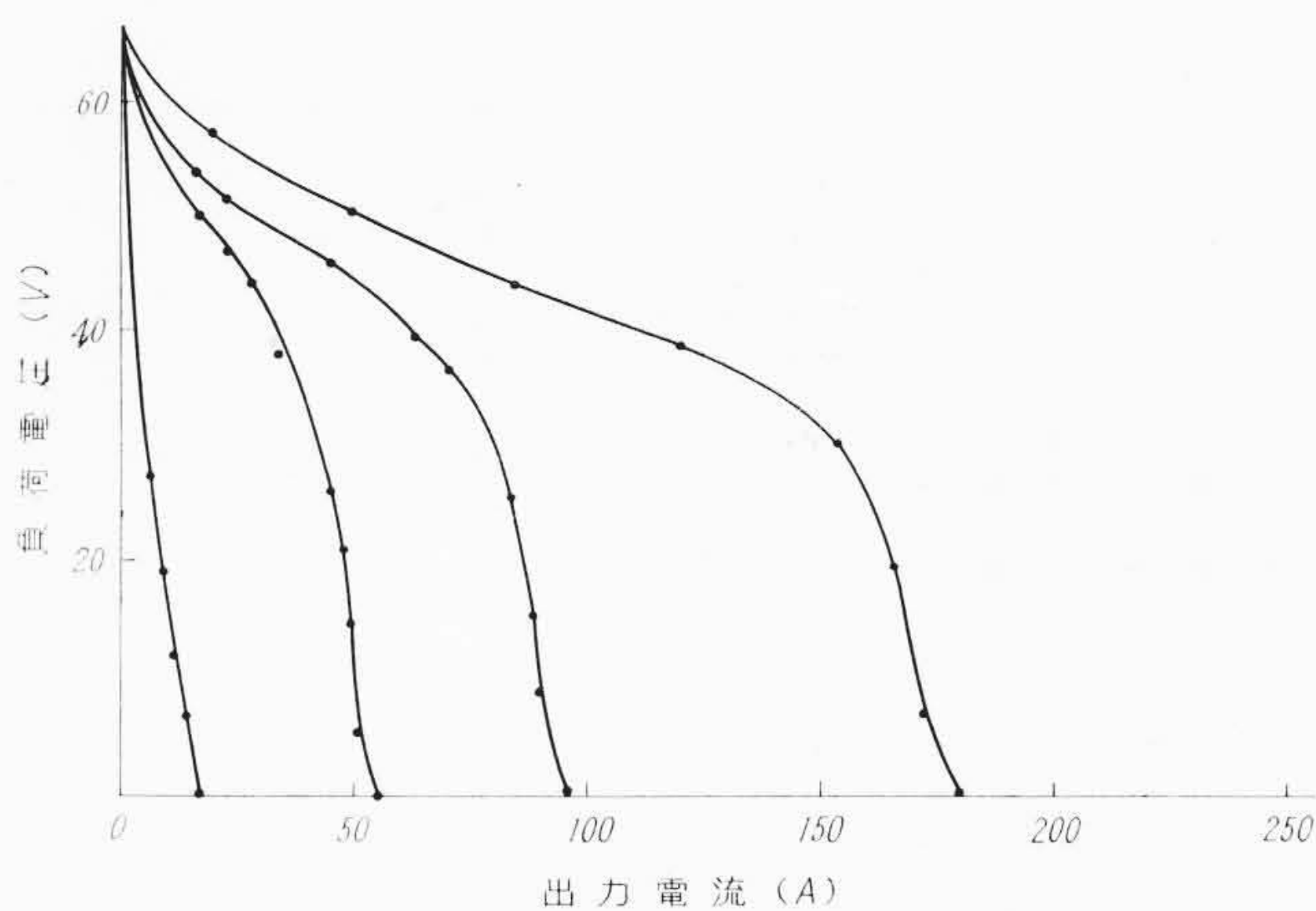
並列形に接続された部分の電流は直流分が含まれず

$$I_{P1} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} |i_{P1}| dt = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\alpha + \frac{2}{3}\pi} i_G dt = \frac{1}{3} I_D \dots (18)$$

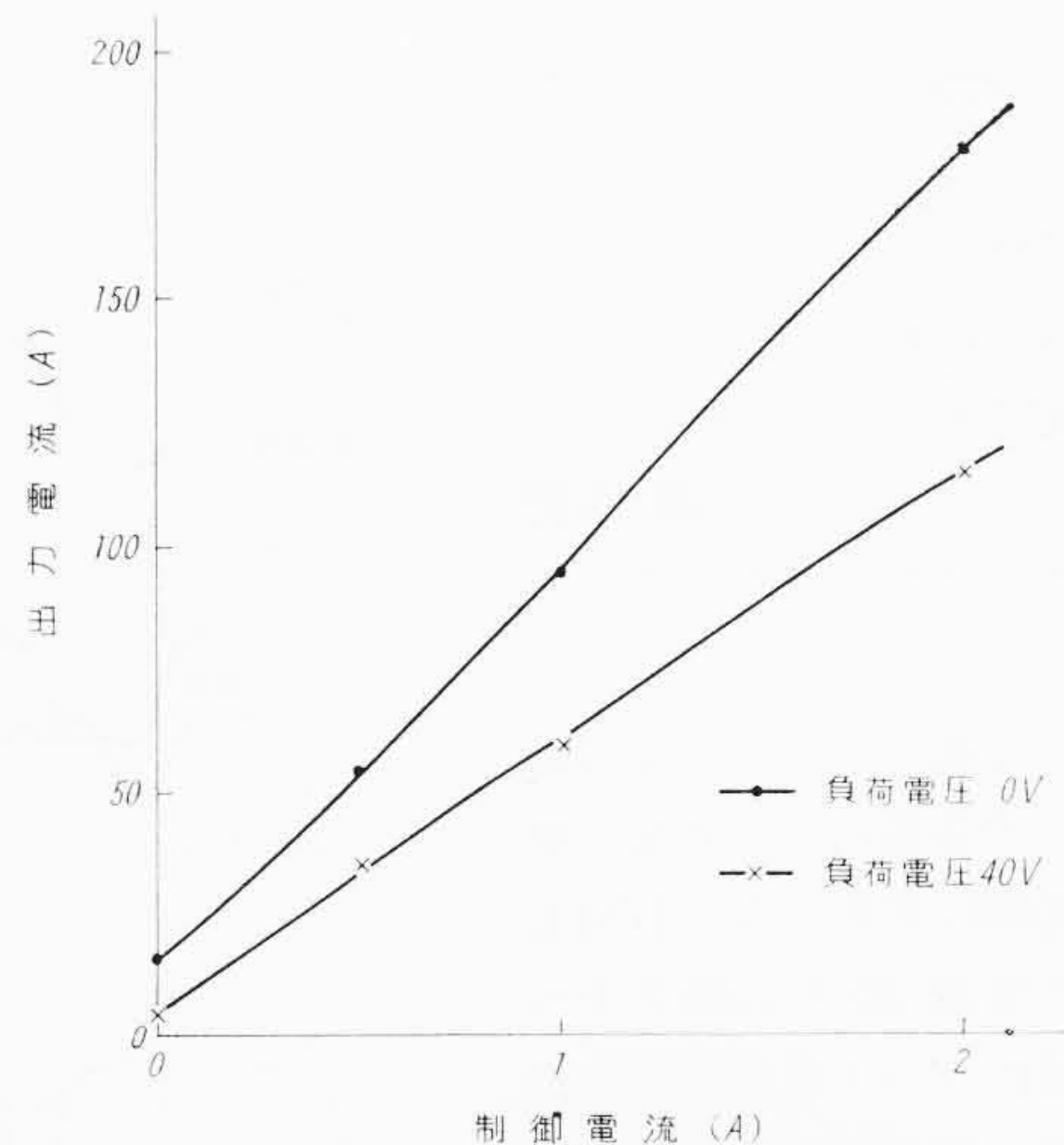
(2), (18) 式より

$$I_{CN} = \frac{1}{2} I_{P1} N_{1A} = \frac{1}{6} I_D N_{1A} \dots\dots\dots (19)$$

以上のように並列式自己飽和形ではゲート巻線の電圧降下は磁束変化によるから並列形・自己飽和形を加えた片側の足の全巻数により定まり、ゲート電流の制御特性は並列形に結線された巻線のみになるので制御磁化力を著しく減少できる利点がある。



第13図 並列式自己飽和形外部特性（並列巻線 7 T）



第14図 並列式自己飽和形制御特性（並列巻線 7 T）

この方式による外部特性を第12, 13図に、負荷電圧をパラメータとする制御特性を第14図に示す。ゲート全巻回数に対し並列形巻回数を減らせば外部特性は傾斜をもつようになり(19)式も成立しなくなる。また短絡時に制御磁化力とゲート磁化力は(19)式を満足する第12図の場合でも負荷電圧が高くなると成立しなくなる。これは拘束磁化直列形の場合と同様磁化曲線が完全な飽和とならぬためである。

次に負荷電流を検出し負帰還を行なって垂下特性を得る方式について述べる。第15図に接続図を示すが、制御巻線  $N_c$  にのみ電流を流すと前述のように自己飽和形可飽和リアクトルで第16図の実線に示すような定電圧特性を有する。

負荷電流の検出は交流変流器または直流変流器を使用する。

負荷電流  $I_L$  と検出電圧  $V_f$  には次の式が成立する。

$$V_f = k I_L \dots\dots\dots (20)$$

ただし  $k$ : 比例定数

一方、可変抵抗器 VR のセットにより制御巻線  $N_c$  に  $i_c$  なる電流が流れている。帰還巻線  $N_f$  に流れる電流  $I_f$  は次の条件を考える必要がある。

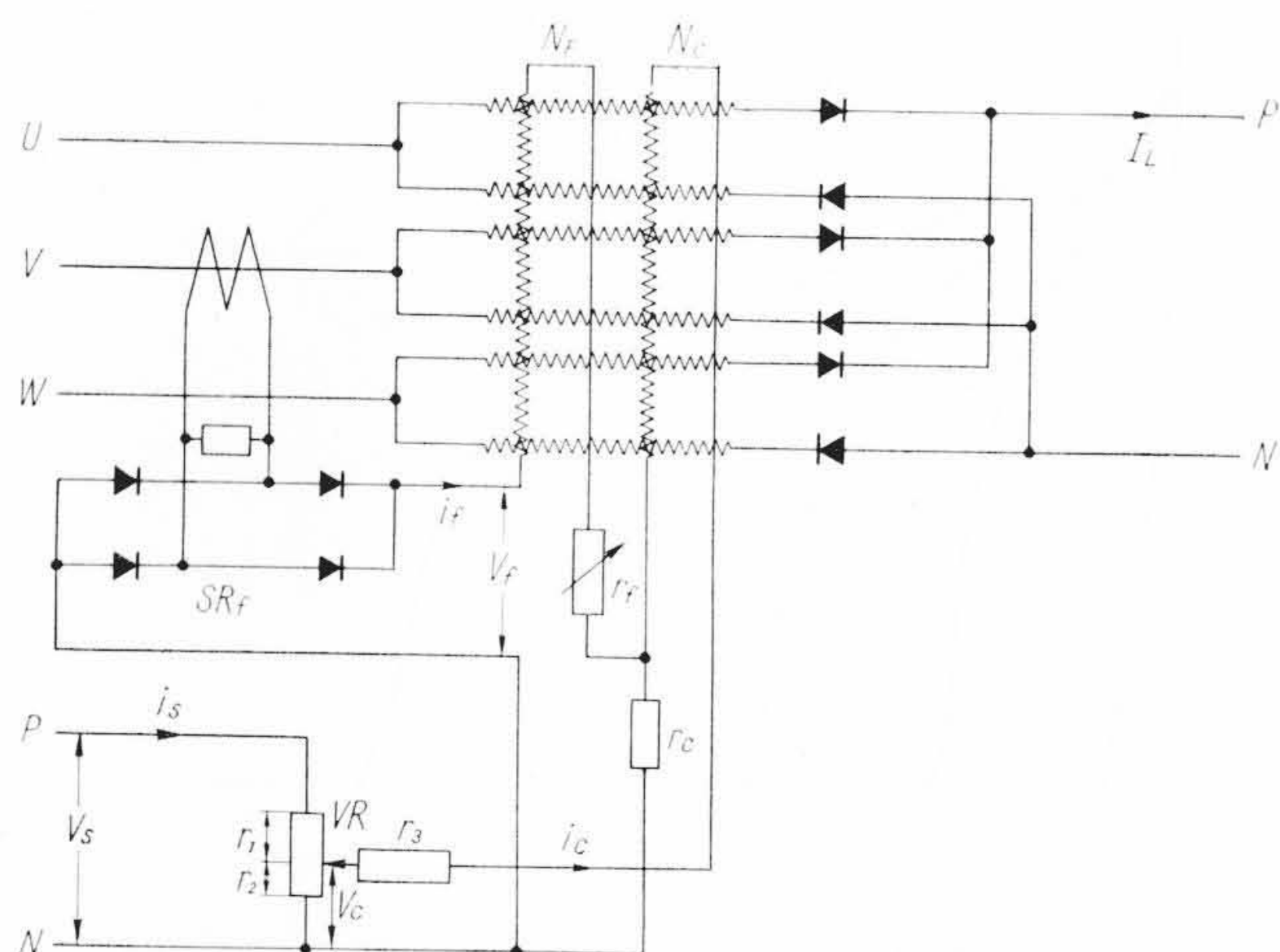
$$(1) \quad V_f < i_c r_c \dots\dots\dots (21)$$

$$(2) \quad V_f \geq i_c r_c \dots\dots\dots (22)$$

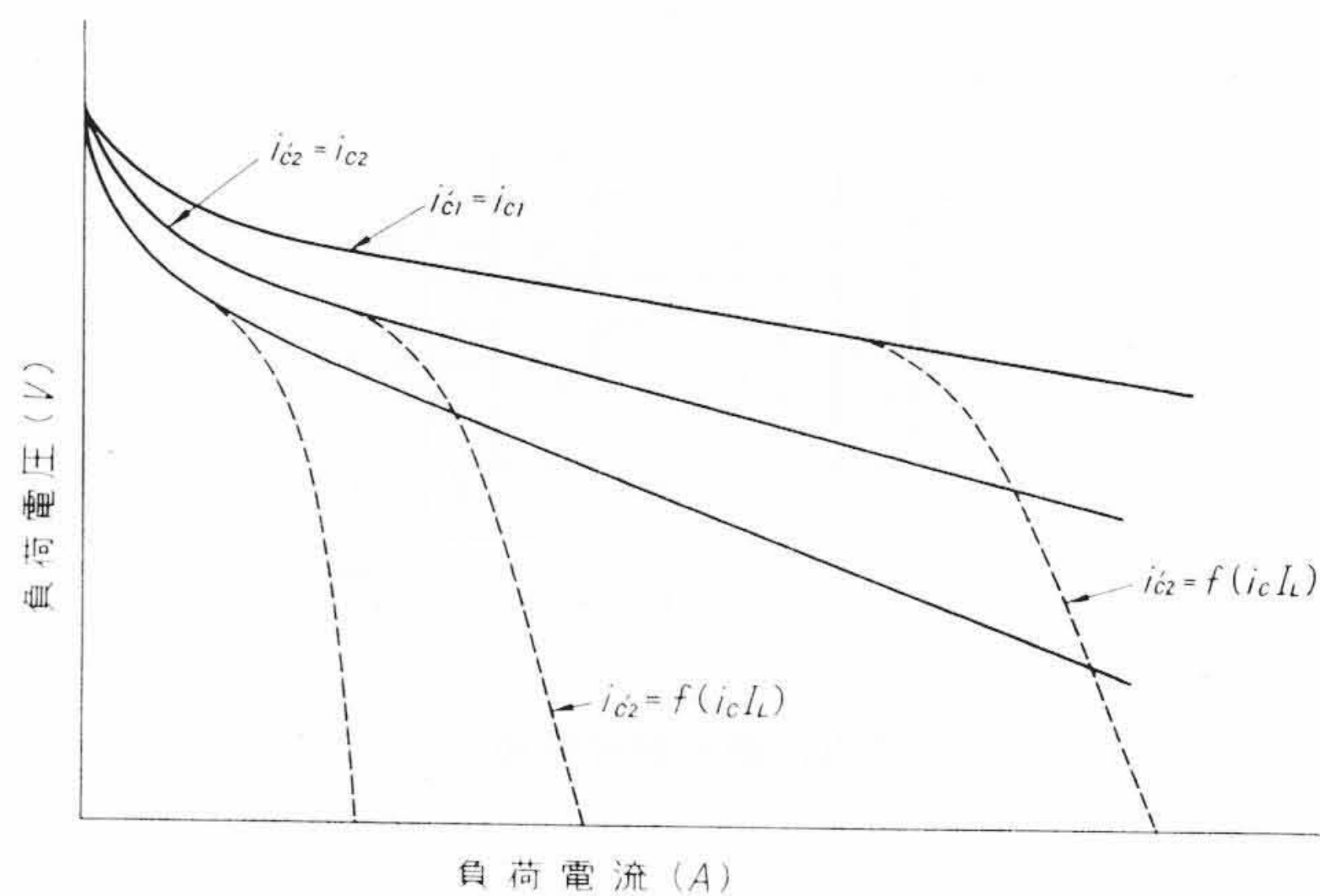
(21) 式が成立する範囲においては  $i_f < 0$  となり  $SR_f$  に阻止され、 $i_f$  は流れ得ず  $i_c$  のみとなり負荷特性は定電圧特性となる。

(22) 式が成立するときは  $i_f \geq 0$  となり、励磁アンペアターンを減少するように流れ、負荷電流の増加に伴い等価制御電流は減少し負荷特性は垂下特性となる。





第15図 接続図



第16図 定電圧特性

また、帰還回路にある可変抵抗器  $V_f$  の調整により、垂下の度合が変化し、任意の特性にセットできる。

帰還巻線に電流が流れる時期は  $i_c$  により規定されるので  $VR$  により負荷電流のセットに応じて第16図点線のような垂下特性を有するものである。

第17図に三種の方式による可飽和リアクトルの各部の電圧電流波形を示す。出力側は抵抗負荷で負荷電圧 35 V 出力電流 80 A の場合である。ゲート電圧ゲート電流波形は鉄心の磁化曲線が理想的角形でないために第2図(b)に示す波形と異なっているが、自由磁化直列形では電圧が二脚に分圧され飽和時にゲート電流が流れること、拘束磁化直列形では一脚にのみ電圧がかかり磁束変化のある間ゲート電流が流れること、並列式自己飽和形では磁束の飽和時にゲート電流が流れることが波形から確認できる。

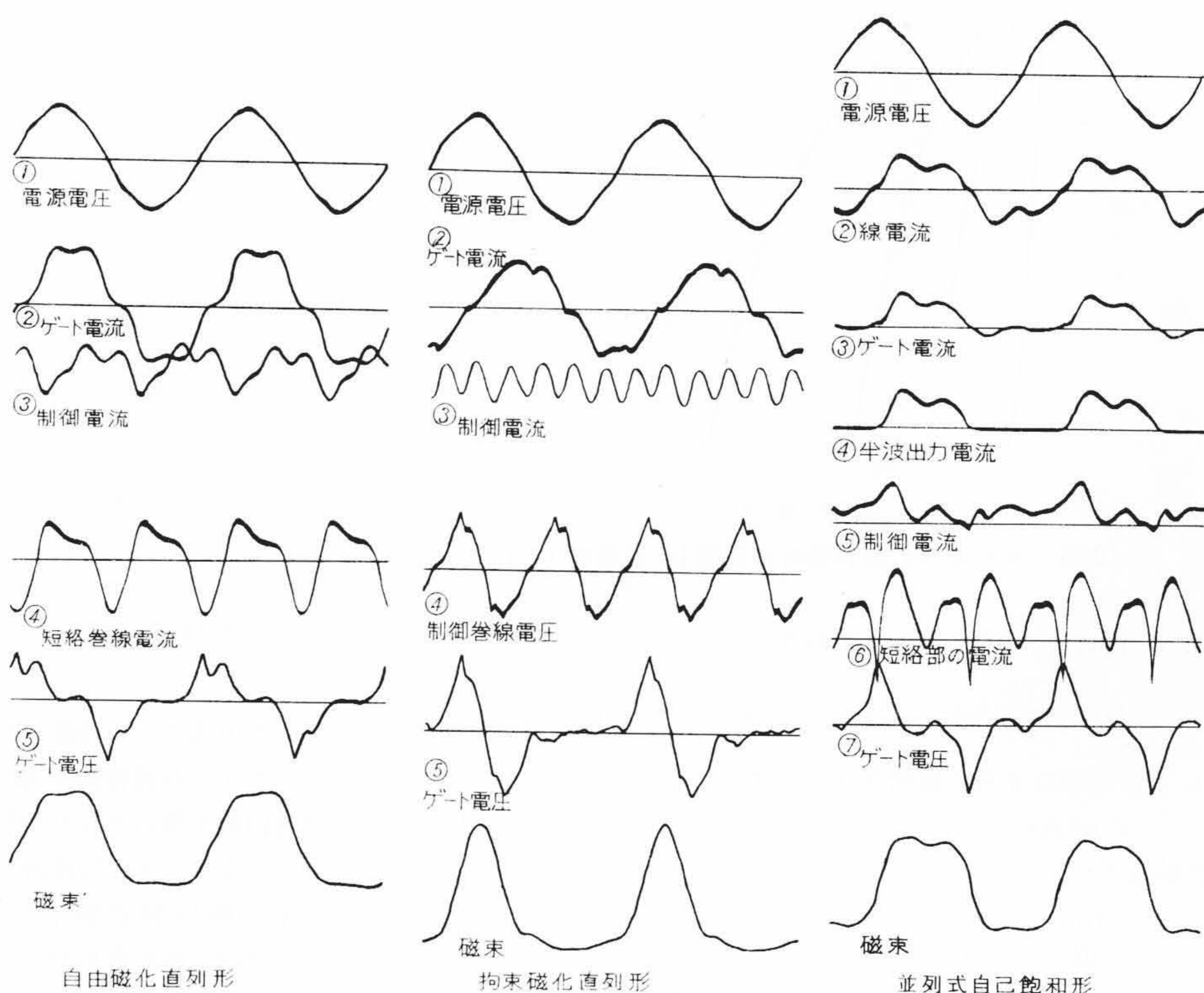
第18、19図に三種の方式の負荷電圧・出力電流の過渡特性を示す。

無負荷状態より抵抗負荷に変えた場合に出力電流が安定するまでの時間は並列式自己飽和形で最も短かく約 0.3 秒、拘束磁化直列形で約 0.6 秒、自由磁化直列形で約 1.5 秒である。出力電流の脈動の少ない順をあげると自由磁化直列形、並列式自己飽和形、拘束磁化直列形となる。

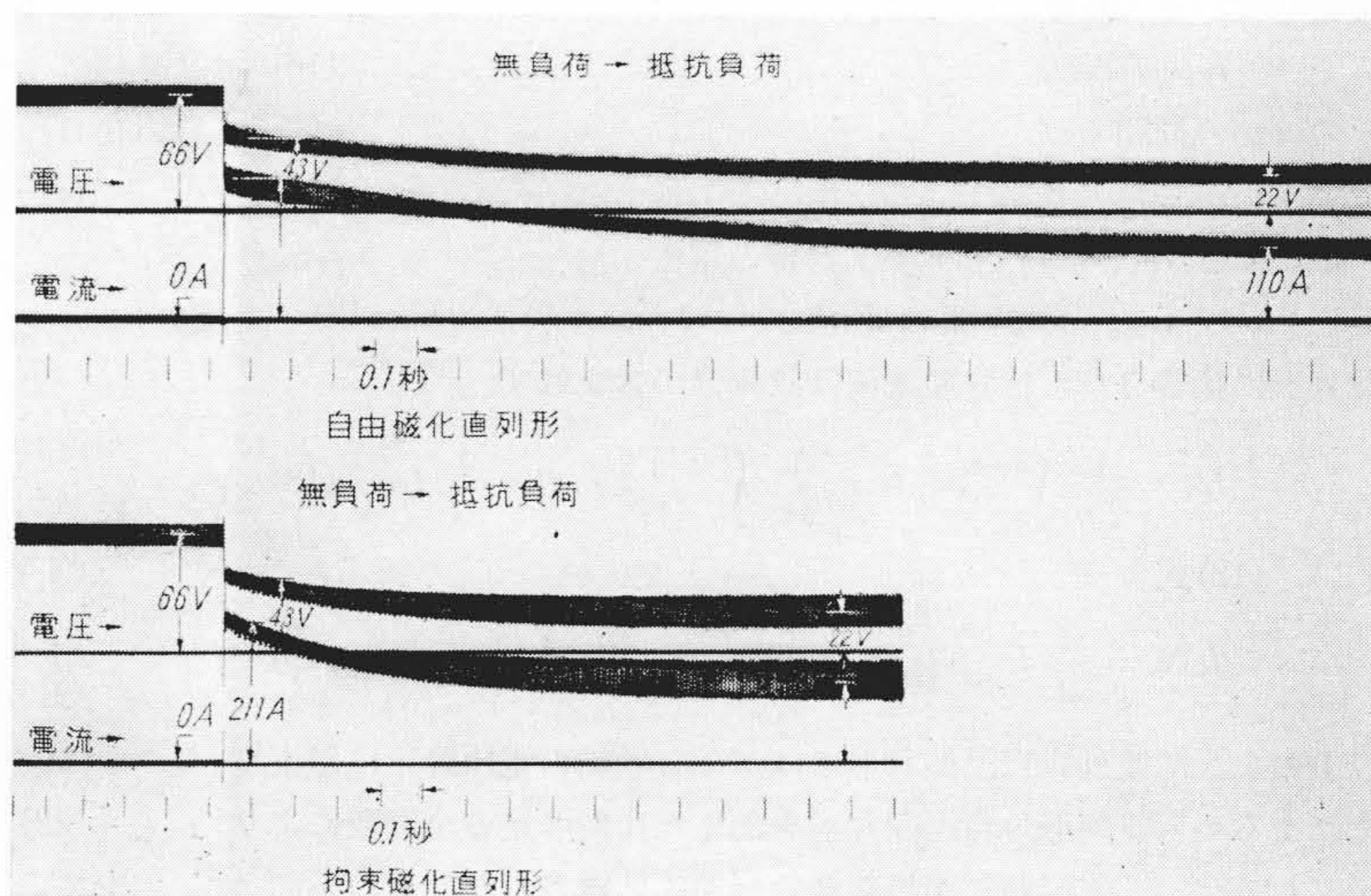
#### 4. 可飽和リアクトルの特性とアーク特性

三種の可飽和リアクトルを整流器式直流アーク溶接機の電流制御機構に使用した場合のアーク特性について考察する。アーク特性は外部特性・過渡特性・電流の脈動に影響される。

最近の傾向では、アークの安定性の面から外部特性にはフォースフルアーク特性が好まれる。フォースフルアーク特性でも短絡時にはフリージング防止のために大きな電流が要求されるが負荷電圧 20~30 V のアーク電圧の範囲では比較的電流変化の少ない特性がよい。

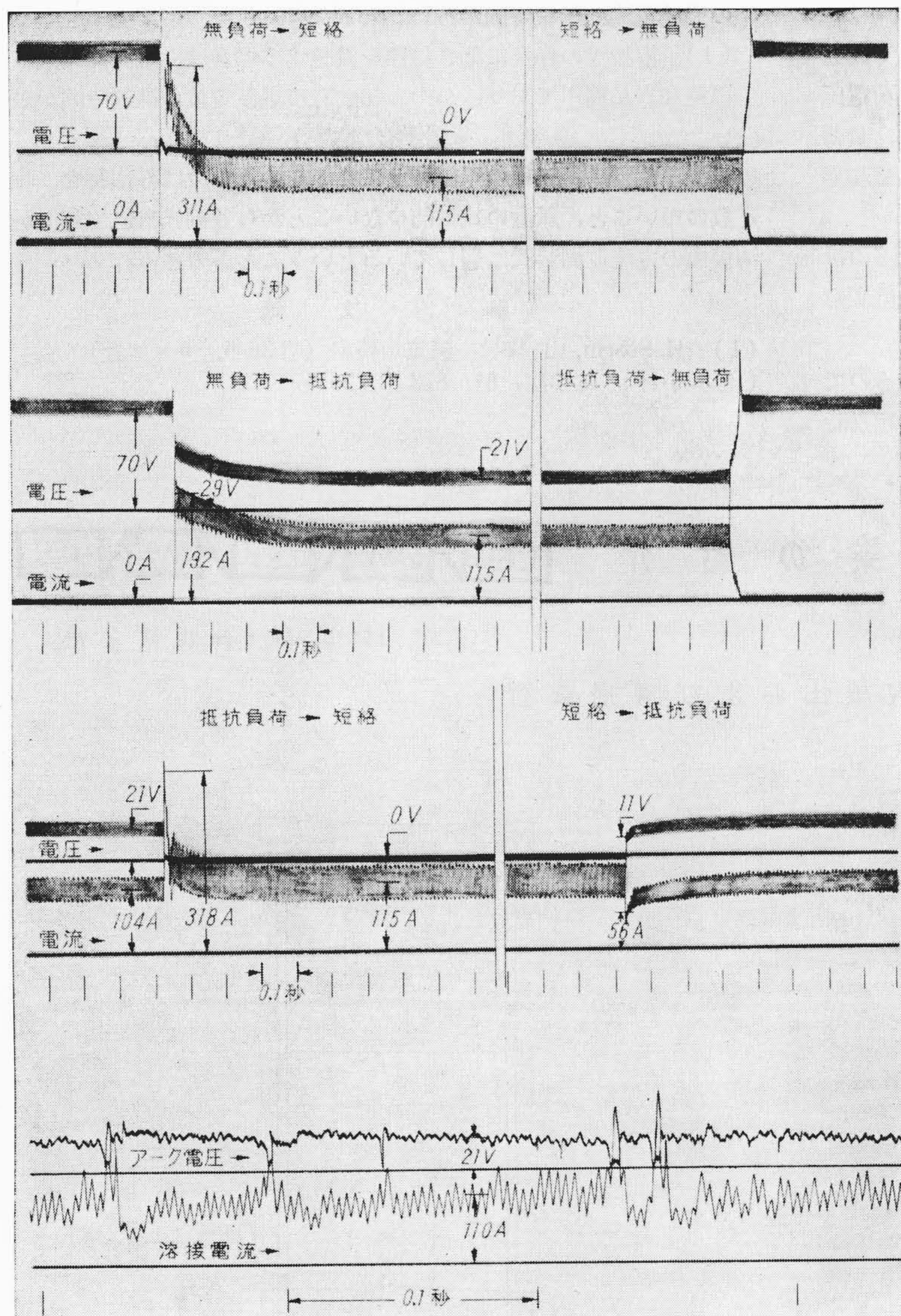


負 荷 電 圧 35 V      出 力 電 流 80 A  
第17図 各部の電圧電流波形



第18図 負荷電圧・出力電流の過渡特性 (直列形可飽和リアクトル)





第19図 負荷電圧・出力電流の過渡特性  
(並列式自己飽和形可飽和リアクトル)

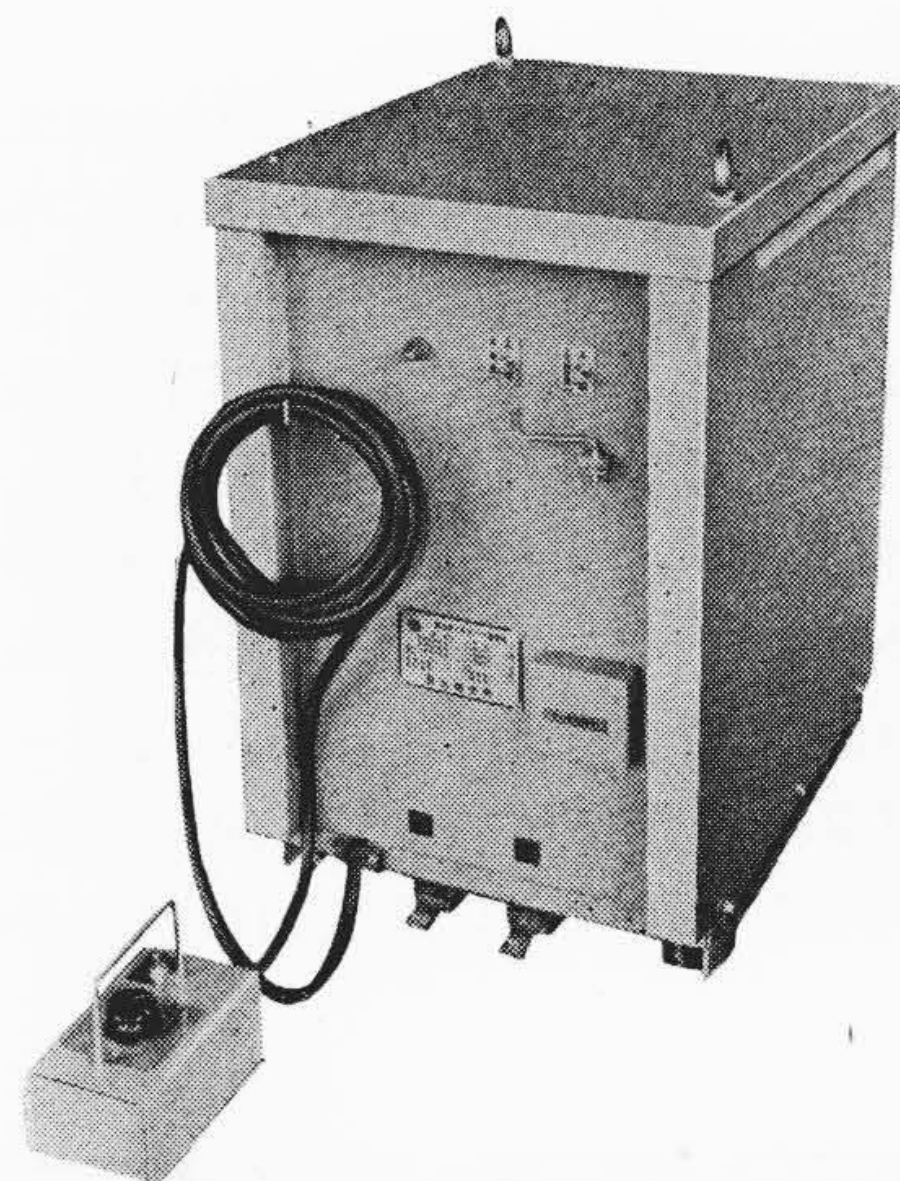
第1表 整流器式直流アーク溶接機標準仕様

| 形 式         | DN-P          | DN-P          | RCW-750       |
|-------------|---------------|---------------|---------------|
| 容 量         | 200           | 100           |               |
| 定 格 一 次 電 圧 | 200V          | 200V          | 200V          |
| 定 格 周 波 数   | 50 または 60 c/s | 50 または 60 c/s | 50 または 60 c/s |
| 相 数         | 3             | 3             | 3             |
| 定 格 出 力 電 流 | 200A          | 100A          | 750A          |
| 電 流 調 整 範 囲 | 5~200A        | 5~100A        | 20~1,100A     |
| 定 格 使 用 率   | 50%           | 50%           | 70%           |
| 定 格 負 荷 電 圧 | 30V           | 25V           | 45V           |
| 無 負 荷 電 圧   | 66V           | 66V           | 75V           |
| 重 量         | 215kg         | 165kg         | 1,100kg       |

特性調整付電撃防止付

アークの起動は出力側を短絡して行なわれるので起動のときに過大電流が流れる。ある程度の過大電流はアークの発生を容易にするので望ましいが過大電流が長時間流れ続けることは薄板の溶接を行なう場合に被溶接物に穴をあけるといふ弊害が生ずるのでアーク溶接上好ましくない。この点から起動時の過大電流は短時間で終わり定常電流に復することが必要である。

過大電流の発生は外部特性において負荷時の電流と短絡時の電流に差があることに起因するものと、起動時の短絡が電源電圧と電流の位相差に同期して行なわれないので可飽和リアクトルのゲート巻線の磁束が過度に飽和することによって生ずるものとがある。いずれのものでもゲート電流が過大に流れると制御電流もそれに応じて



第20図 整流器式直流アーク溶接機外観

増大する。制御電流はある時間遅れがあって定常値に復帰しそれにつれてゲート電流も定常値に復帰する。特に短絡巻線をもった直列形では制御電流の増大分が定常値に復帰しようとするのを短絡巻線が抑制するから過渡現象の継続時間が長い。この時間遅れは時定数によって定まるからアーク起動時の特性を問題にするとき可飽和リアクトルの時定数が短いことが必要である。この点から三種のうちで並列式自己飽和形がよく並列部の巻数の少ない形が望ましい。

アーク電圧の脈動はアーク自身が定電圧特性であるから必然的に小さくなり、電流の出力波形に脈動があるときは電流波形に強められて出る。抵抗負荷では電圧電流に同じように脈動ができるので実際のアーク負荷とやや異なる。電圧電流波形の脈動の点では自由磁化直列形が少なく、並列式自己飽和形がこれに次ぐ。いずれの場合でも鉄心が完全に飽和しないと電流変化にともない磁束変化が生じ、交流回路にインダクタンスが接続されたことになり電流波形の急変が抑制され波形の平滑化に役だつ。

起動時ばかりでなくアーク溶接中にも溶滴移行の場合に短絡状態が生ずる。第17図にはアーク溶接中に短絡現象が起こりやすいようにアーク長を短かくした場合の波形を示しているが、短絡すると瞬時に電流が大きくなり短絡を短時間におさえアーク再発生後定常電流に戻っている。このような点からも時定数の短い溶接機がアークの安定性に望ましいと考えられる。外部特性・過渡特性・電流の脈動の面から比較した場合並列式自己飽和形が最も望ましい特性をもっている。

以上の検討結果よりアーク特性の面で並列式自己飽

和形が望ましいことがわかり、この方式による新形の整流器式直流アーク溶接機を製作した。仕様を第1表に外観を第20図に示す。アーク特性の向上ばかりでなく操作性にも留意してあり、従来品に比し著しく小形軽量化されている。

## 5. 結 言

整流器式直流アーク溶接機の電流制御に用いる可飽和リアクトルとして自由磁化直列形・拘束磁化直列形・並列式自己飽和形の三種を取り上げ、三相回路に使用した場合について制御特性を検討した。また、外部特性・過渡特性・出力電圧電流波形よりアーク特性におよぼす影響を考察した。



その結果

(1) 等アンペアターンの法則は自由磁化直列形ではよく成立し、拘束磁化直列形では出力側の短絡時には成立するが負荷電圧が高くなると成立せず制御磁化力を大きくする必要があり、負荷電圧が20~30Vのときには約30%増となる。並列式自己飽和形では並列巻線と制御巻線との間に成立する。

(2) 外部特性は自由磁化直列形ではソフトアーク特性、そのほかの2種ではフォースフルアーク特性となる。並列式自己飽和形では並列部の巻数を大きくするとソフトアーク特性になる。

(3) 時定数はゲート巻線と制御巻線の巻数比に影響されるので制御巻線の巻回数が少ない並列式自己飽和形が最も小さく起動時

の過渡電流の継続時間が短い。

(4) 溶接等の作業に応じ特性を調整する場合は、電流帰還式自己飽和形が簡単であり、かつ、起動時の過渡電流の継続時間が短い。

以上のように、三種の可飽和リアクトルのうちでは外部特性、時定数の短いこと、脈動の比較的少ないことから並列式自己飽和形が溶接機の電流制御装置に適しているといえることができる。

#### 参考文献

- (1) H. Storm, 山村訳：磁気増幅器（昭36-5，コロナ社）
- (2) 小林：電学誌，81，872（昭36-5）



## 新案の紹介

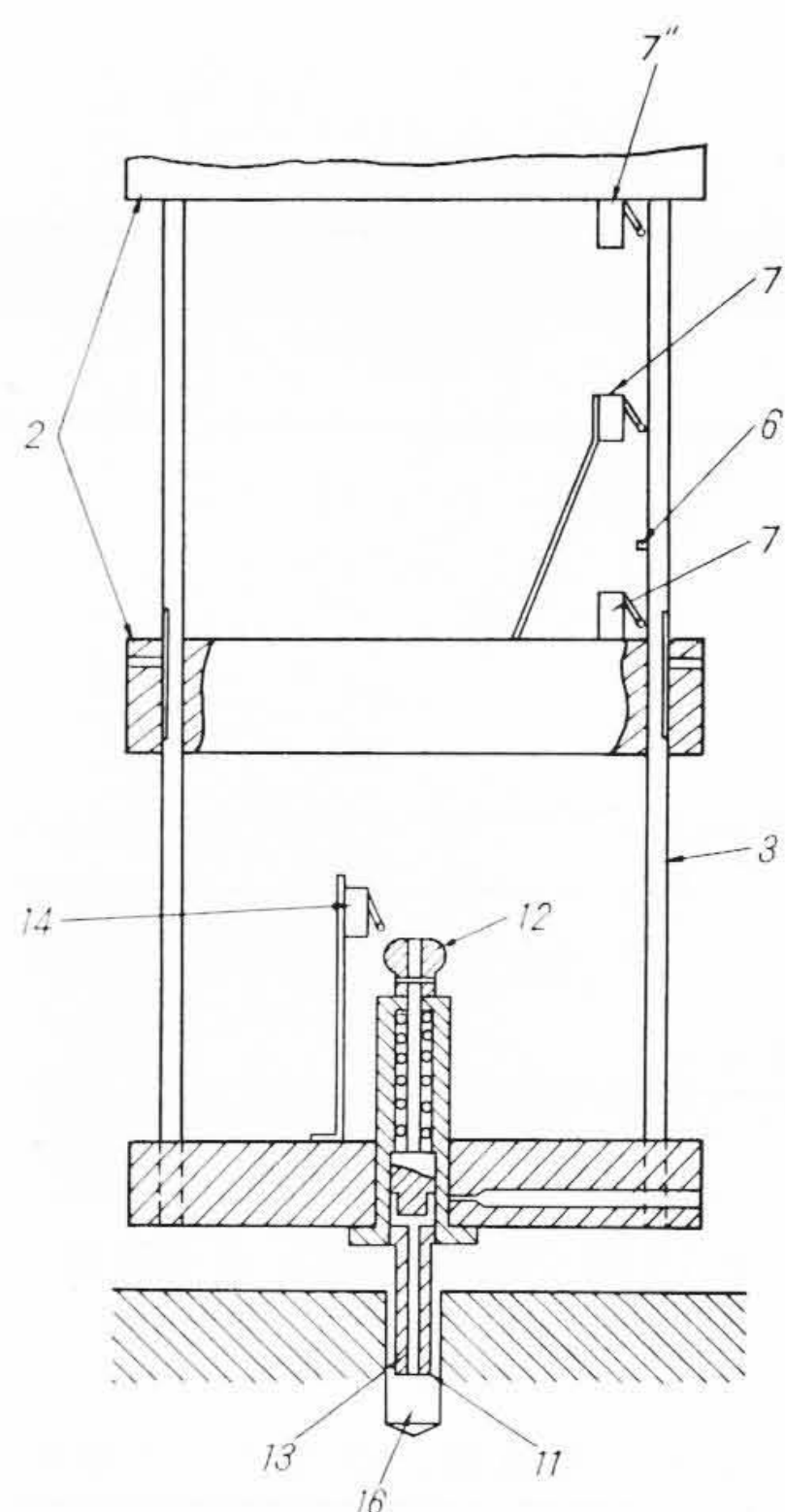


登録新案第712929号

中村昌夫・石渡欽之甫

### タップ下穴検出および清掃装置

タップ下穴内に切屑もしくはドリルの折損物が残った状態でタップ加工すると、タップが折損する恐れがある。この考案は、図示のごとく、ピストンロッド3の下降移動に伴って、タップ下穴検出用スピンドル11の下端部がタップ下穴16内にそう入すると、スピンドル11の軸心部に穿設された空気穴13より圧縮空気が噴出して、タップ下穴16内を清掃し、スピンドル11の下端部がタップ下穴16内に所定の深さまでそう入して、ピストンロッド3に取り付けられたドック6が下方のリミットスイッチ7に接触すると、スピンドル11が上昇移動して、タップ下穴16内より押し出し、スピンドル11が元の上昇位置に復して、ドック6が上方のリミットスイッチ7'に接触すると、スピンドル3の移動が停止して、タップ下穴16内の検出を完了するようにし、またタップ下穴16内に切屑などが残っているため、スピンドル11の下端部が所定の深さに達する前に切屑などに当たって下降移動が停止し、スピンドル11の上端部に取り付けられたドック12がリミットスイッチ14に接触すると、スピンドル11が一たん上昇移動し、ドック6が中央のリミットスイッチ7''に接触すると、スピンドル11が下降移動しつつ、空気穴13より圧縮空気を噴出してタップ下穴16内の清掃を行ない、これを3回繰り返してもなお、タップ下穴16内に切屑などが残っている場合には、ドック3が中央のリミットスイッチ7'に3度目に接触したとき、ランプが点灯し、ブザーが鳴って事故を報知するようにしたものである。したがって、本考案は、自動的に、タップ下穴の清掃および検出を行なうことができ、タップの破損を防止することができる。



#### 訂正

本誌45巻7号に誤りがありましたので、下記のように訂正いたします。

記

- (1) 42記頁右側下から8行目全部を最下行の「……がONとなり、低速」の次に入れる。
- (2) 129頁右側上より22行目(6)式  $C = \beta \frac{\Delta Q_r}{\Delta E} \dots\dots (6)$  を  $C = \frac{\Delta Q_r}{\Delta E} \dots\dots (6)$  にする。
- (3) 129頁右側下より24行目25行目の「……設計にあたっては電圧上昇率  $\beta$  を小さくするか、または転流点の  $di/dt$  を小さく……」の文中「電圧上昇率  $\beta$  を小さくするか、または」を削除する。
- (4) 162頁第10図写真と163頁第11図写真を入れ替えます。