

# 磁気増幅器を用いたグラインバーの格子制御装置

吉岡孝幸\* 松村睦夫\*\*

## Grid Control of the Glainver by Magnetic Amplifier

By Takayuki Yoshioka and Mutsuo Matsumura  
Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The grid control of the Glainver, a glass tube small capacity mercury arc rectifier in use for battery charge, has hitherto been done with thyratrons and peak transformers. By this method, however; the operation of the Glainver is put under the effect of variations of atmospheric temperatures and source voltage. Besides, instantaneous starting of the Glainver is not feasible because it takes considerable time for thyratrons to reach the state of steady operation.

To eliminate these disadvantages, the writers adopted the grid control method which uses magnetic amplifier, to each grid of the Glainver are given the A.C. voltage that lags  $\pi/2$  to the corresponding anode voltage by phase shifting transformer, the D.C. bias by the magnetic amplifier and the auxiliary D.C. bias by the source transformer. To the voltage winding of the magnetic amplifier is given the negative m.m.f. by the Glainver D.C. output voltage through the voltage regulating resistance VR, and it is compared with the constant positive m.m.f. fed by the voltage stabilizer. By adjusting VR, i.e. by changing the effective D.C. bias, one can set the D.C. output voltage of the Glainver to any desired value. The use of resistance that is interlocked with VR, enables to change the auxiliary D.C. bias without changing the D.C. bias by magnetic amplifier, i.e. keeping the magnetic amplifier at a most advantageous working point.

The Glainver rectifier employing this feed back grid control method revealed to have the following features:

- (1) The continuous fine adjustment of the D.C. output voltage is possible.
- (2) The variations of the atmospheric temperature, source voltages and frequencies have no appreciable effects on the output voltage.
- (3) The instantaneous starting and stable, steady operation are made possible.

### 〔I〕 緒 言

格子付グラインバー（硝子製水銀整流器）は従来蓄電池充電用或は直流発電機電圧の自動調整，直流電動機の自動速度調整等の制御用直流電源として用いられて来た<sup>(1)(2)</sup>。蓄電池充電用グラインバーの格子制御方式としては従来サイラトロンと尖頭変圧器との組合せに依るも

のが採用されていたが，この方式では外界温度，電源電圧の影響を受け易く，動作が不安定となる傾向があり，更に起動時にサイラトロンが定常動作状態となる迄に相当の時間を要するので瞬時起動が出来ないこと及び寿命が短い等の欠点がある。

尚，格子なしグラインバーを用いて直接主変圧器のタップを切替えるものも充電用に用いられているが，この場合には出力電圧を微細に調整するためにはタップを非

\* \*\* 日立製作所日立工場

常に沢山設けねばならぬ困難がある。

これらの欠点を改良する方式として、構造堅牢、保守容易で信頼性の大きい磁気増幅器を用いた格子制御のグライバー整流器を完成したのでここに御紹介する。

〔II〕装置仕様

三相グライバー整流器

型.....	C E
式.....	B G
電源電圧.....	220V, 60 $\sim$
出力電圧.....	90 $\sim$ 160V
定格出力電流.....	50A

第1図は本装置の外観を、第2図にキュービクル内部を示す写真である。

〔III〕動作原理

第3図は本方式に依る格子制御グライバー整流器の接続図であり、以下各部分の動作原理を簡単に説明する。

(1) 定電圧装置

定電圧装置の目的は主磁気増幅器に常に一定の直流バイアス電流を与えるにあり、その構造は第4図に示すように可飽和リアクトルとその直流励磁線輪を励磁する磁気増幅器とから成り、第5図の特性の飽和及び不飽和要素をもつ定電圧検出器によつて電源電圧(入力電圧)の変動量を拡大し、その差電流によつて磁気増幅器を動作せしめ可飽和リアクトルを制御して出力電圧を一定に保たしめる。第6図は電源電圧の変動に対する交流出力電圧の変化を実験的に求めたもので、電源電圧の220V $\pm$ 40Vの広範囲に亘つて定電圧特性が得られる。

(2) 点弧回路

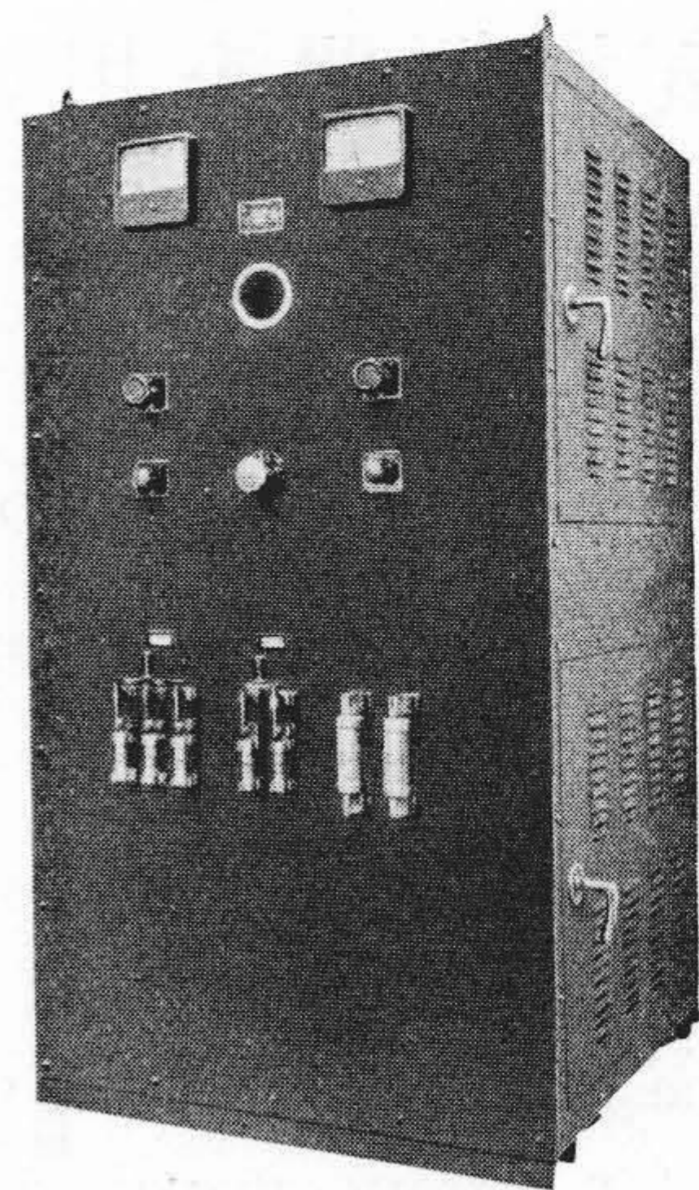
第3図に示す如く、電流継電器を用いて1つの押釦スイッチを押すだけで点弧させ得るようになってい

(3) 格子制御回路

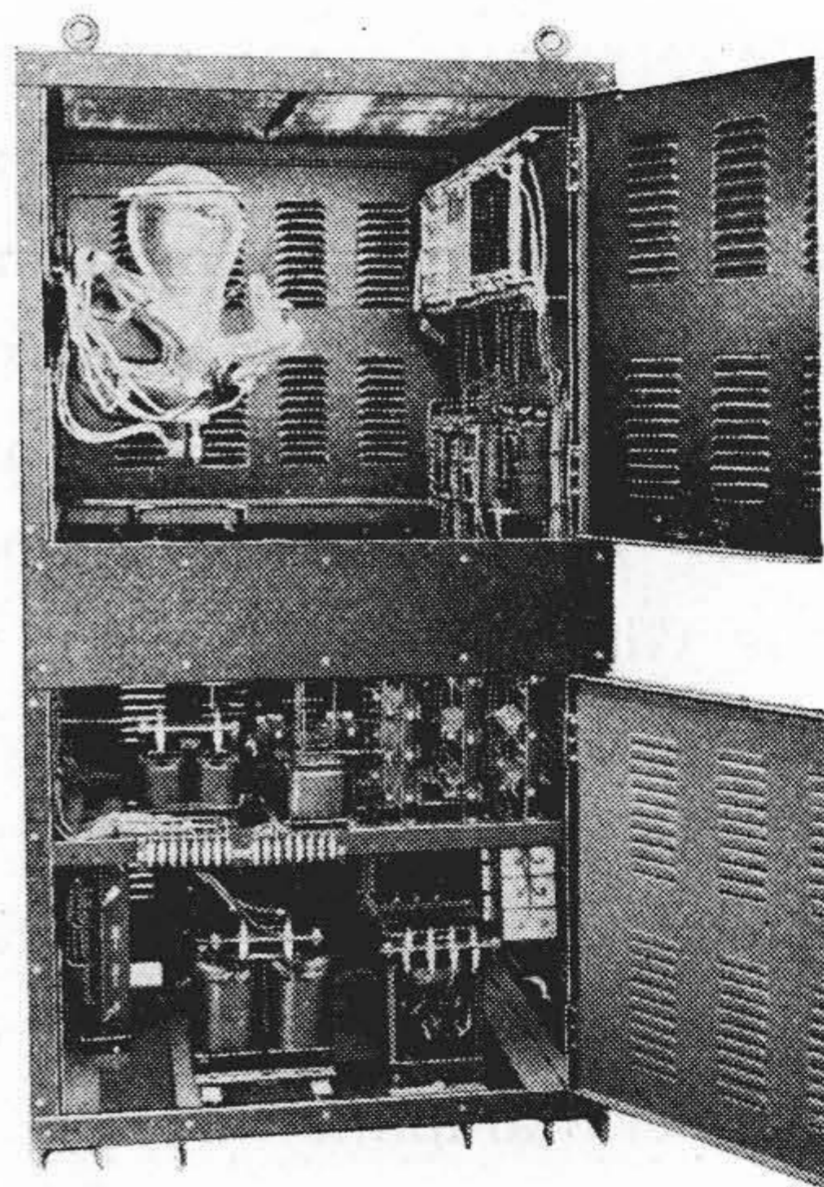
格子制御方式としては制御格子に交流正弦波電圧と直流バイアス電圧とを重畳して加えておる。即ち各格子にはそれに対応する陽極電圧よりもそれぞれ $\pi/2$ 位相の遅れた交流正弦波電圧(最大値 $e_{ac}$ )が移相変圧器によつて加えられ、これに重畳される直流バイアス電圧の大きさ $e_{dc}$ を変えることに依つて陽極の点弧角 $\theta_i$ が変り、従つてグライバー整流器の直流出力電流の大きさが変化するのである。第7図から明かな如く、 $\theta_i$ の値は

$$\cos \theta_i = \frac{e_{dc}}{e_{ac}} \dots \dots \dots (1)$$

で表わされる。但し、グライバーの実際の点弧特性は簡単でないが、近似的に各陽極は、それに対応する格子電圧が正となる瞬間に点弧するものと仮定した。又、管内



第1図 三相グライバー整流装置の外観  
Fig.1. External View of the 3-phase Glainver Rectifier Equipment



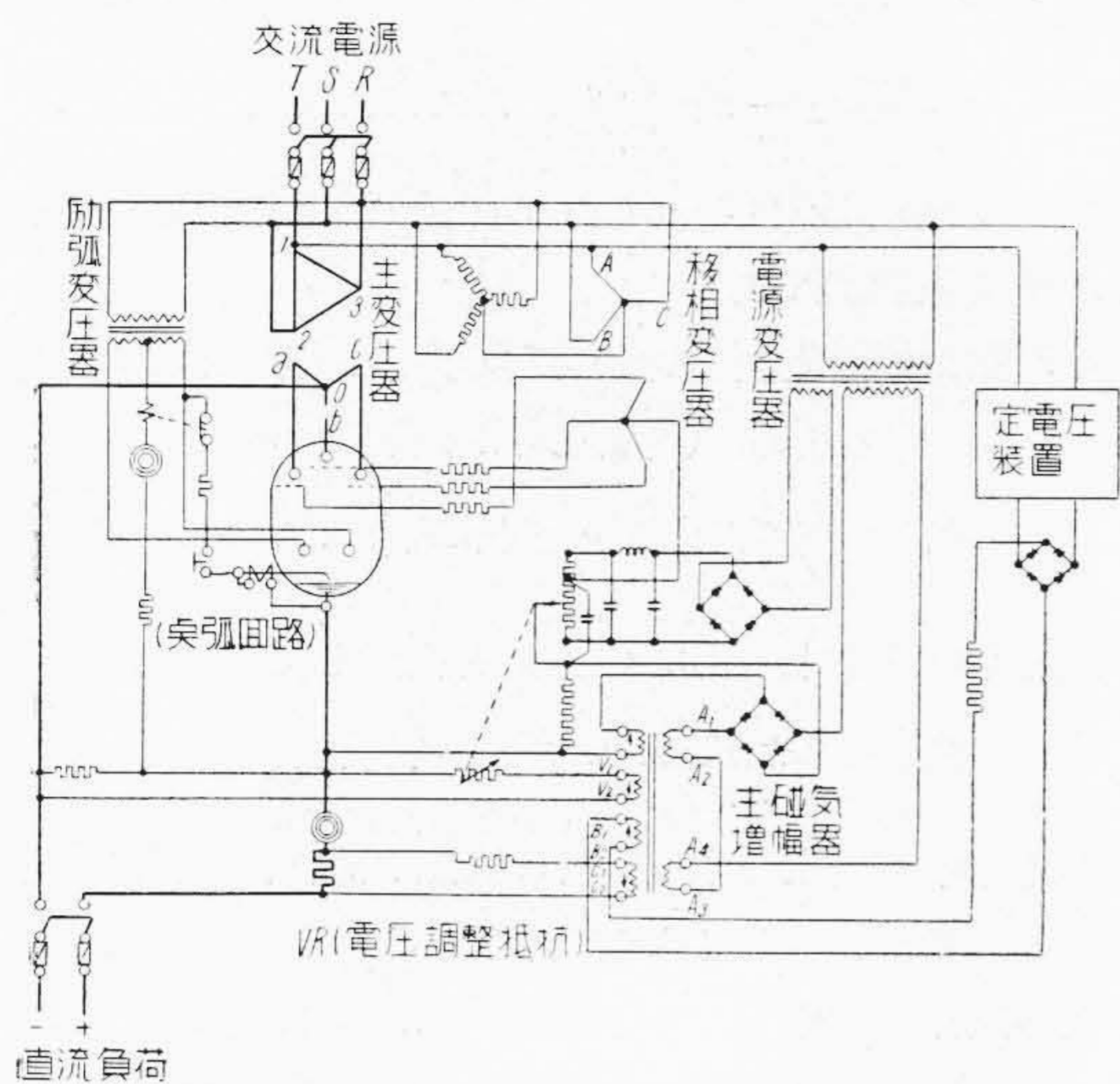
第2図 三相グライバー整流装置のキュービクル内部  
Fig.2. Internal View of 3-phase Glainver Rectifier Cubicle

アーク降下を陽極電圧に比して無視すると、グライバー直流出力電圧平均値 $E_{ac}$ は近似的に次式で与えられる。

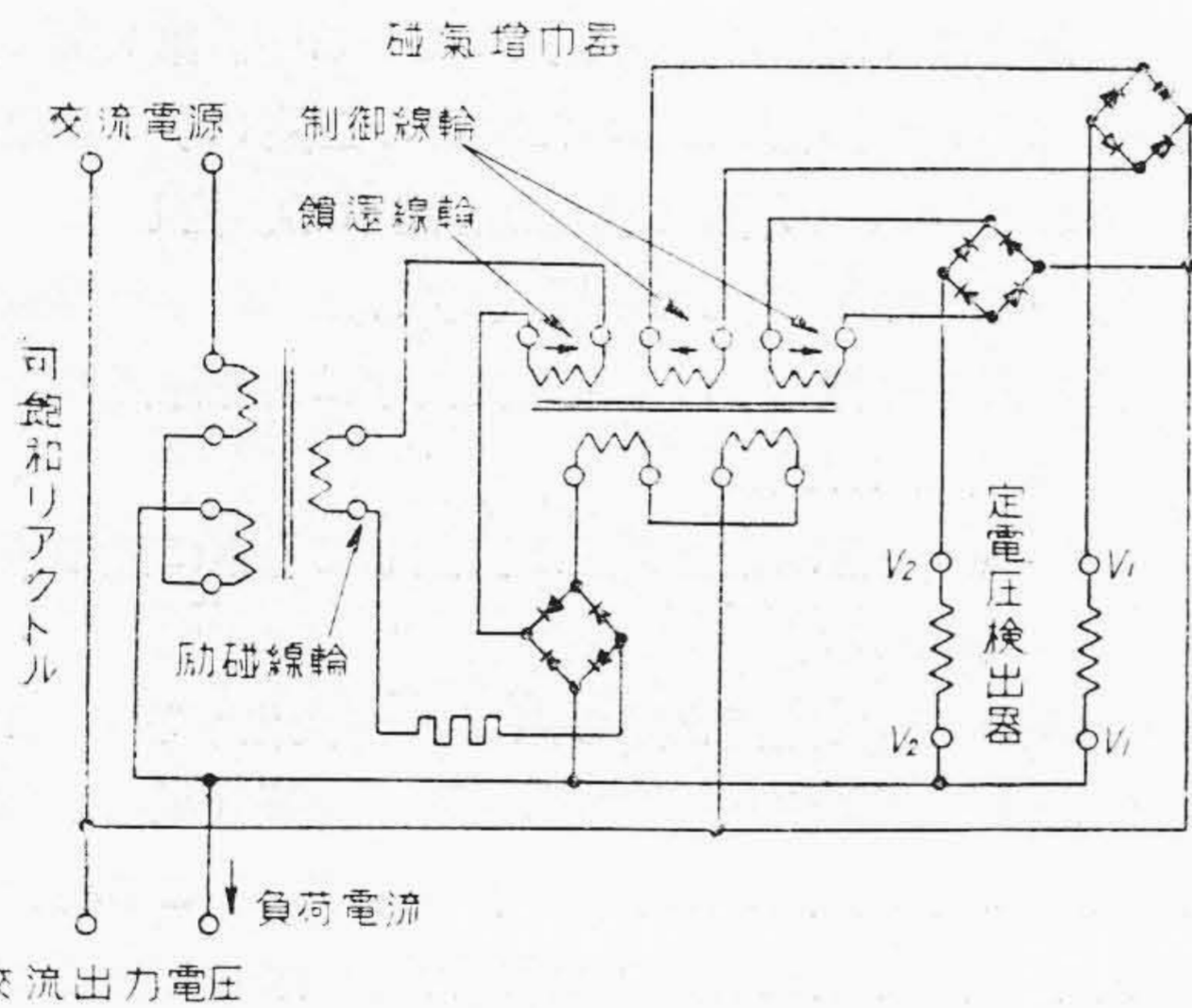
$$E_{ac} = \frac{3}{\sqrt{2}\pi\beta} (e_{ac} + \beta E_s) \dots \dots \dots (2)$$

ここに $E_s$ は陽極電圧(実効値)、 $\beta$ は $\frac{e_{ac}}{E_s}$ の比で一定値である。即ち直流出力電圧は陽極電圧一定のとき格子直流バイアス電圧の変化に対し直線的に変る。

直流バイアス電圧としては各格子共通に主磁気増幅器の出力電圧、即ちその負荷抵抗の両端間の電圧 $e_M$ と、電源変圧器から別に供給される補助直流電圧 $e_A$ との和



第3図 磁気増幅器に依る格子制御三相グラインバー整流器接続図  
Fig. 3. Connection Diagram of the 3-phase Glainver Controlled by a Magnetic Amplifier



第4図 定電圧装置接続図  
Fig. 4. Connection Diagram of the Voltage Stabilizer

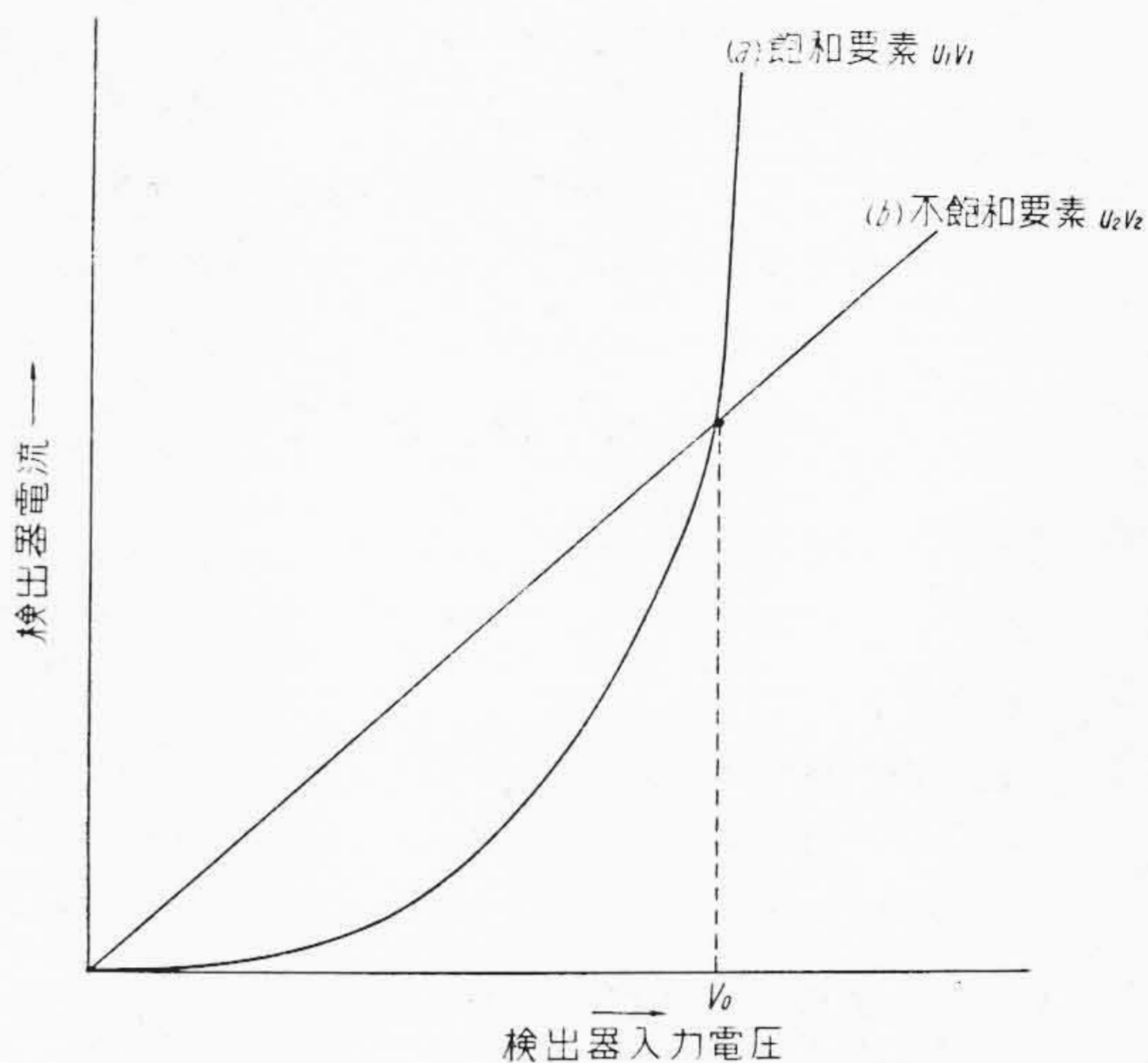
が加えられる。即ち

$$e_{ac} = e_M + e_A \dots \dots \dots (3)$$

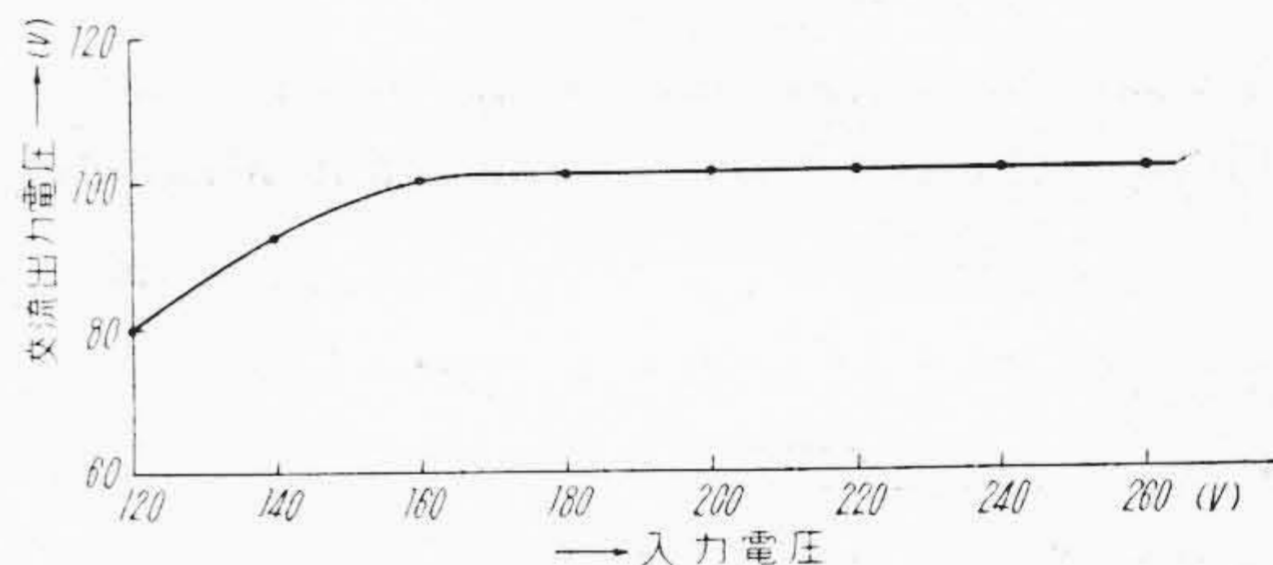
主磁気増幅器は、三種の制御線輪即ちバイアス線輪  $B_1B_2$ 、電圧線輪  $V_1V_2$ 、及び電流線輪  $C_1C_2$  を備え、その特性は第8図(次頁参照)に示される<sup>(3)</sup>。

(A) 無負荷の場合

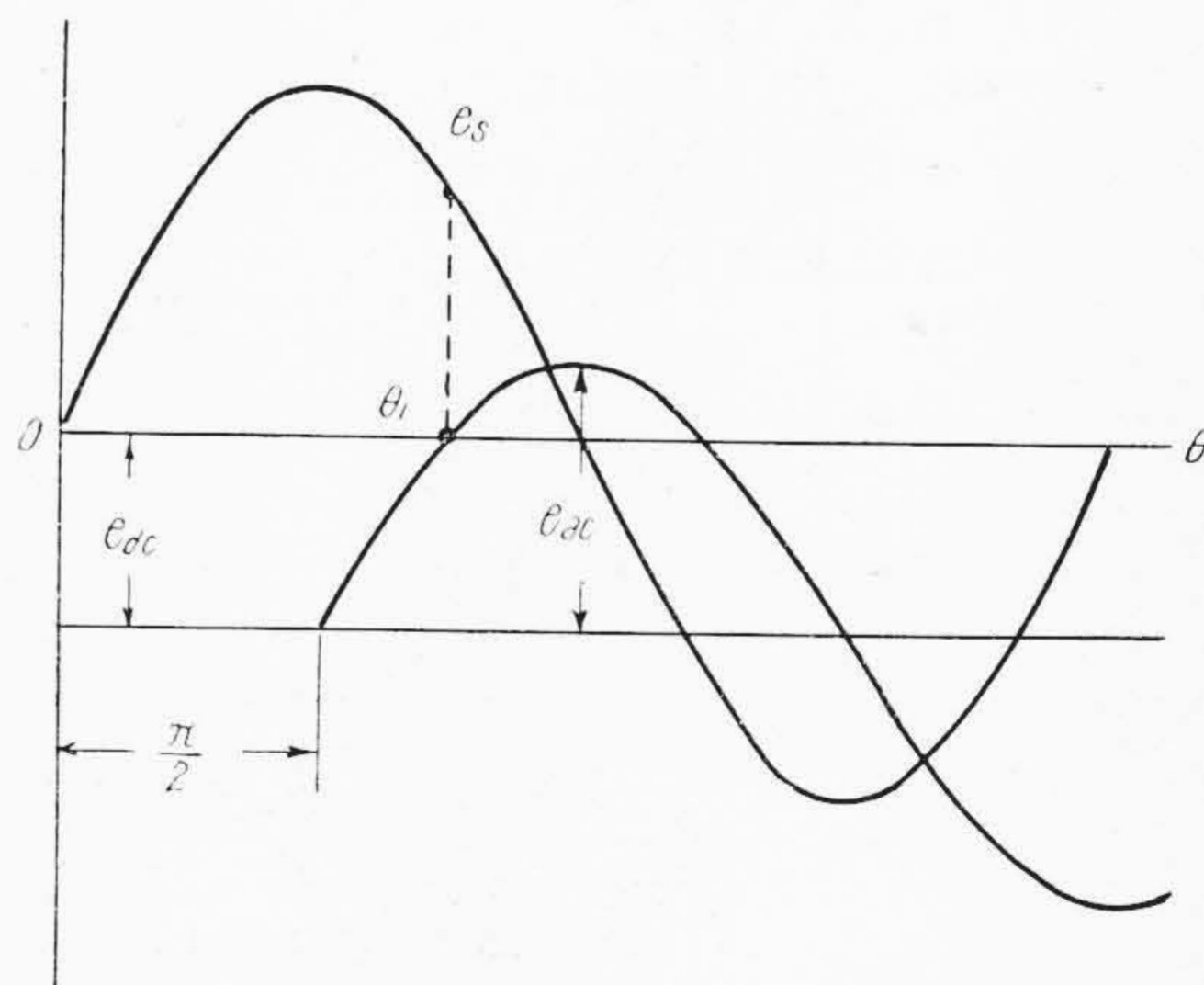
$B_1B_2$  には定電圧装置から一定の正方向起磁力  $nBi_B$  が与えられ、 $C_1C_2$  には電流は流れず起磁力を発生しない。 $V_1V_2$  は電圧調整用抵抗  $VR$  を介してグラインバーの出力電圧  $E_{ac}$  に依つて励磁され  $B_1B_2$  とは逆方向の



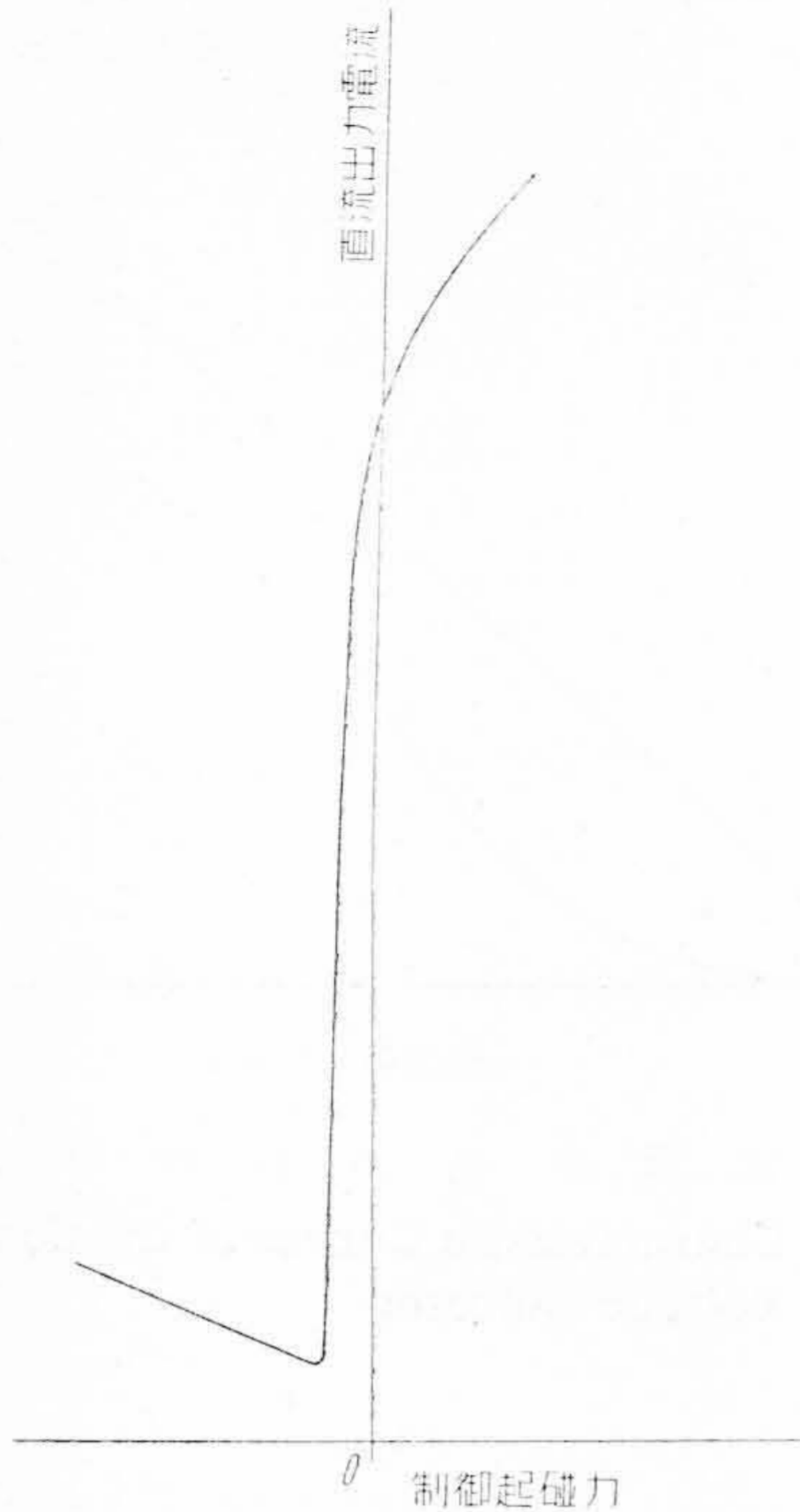
第5図 定電圧検出器の特性  
Fig. 5. Characteristic Curves of the Constant Voltage Detector



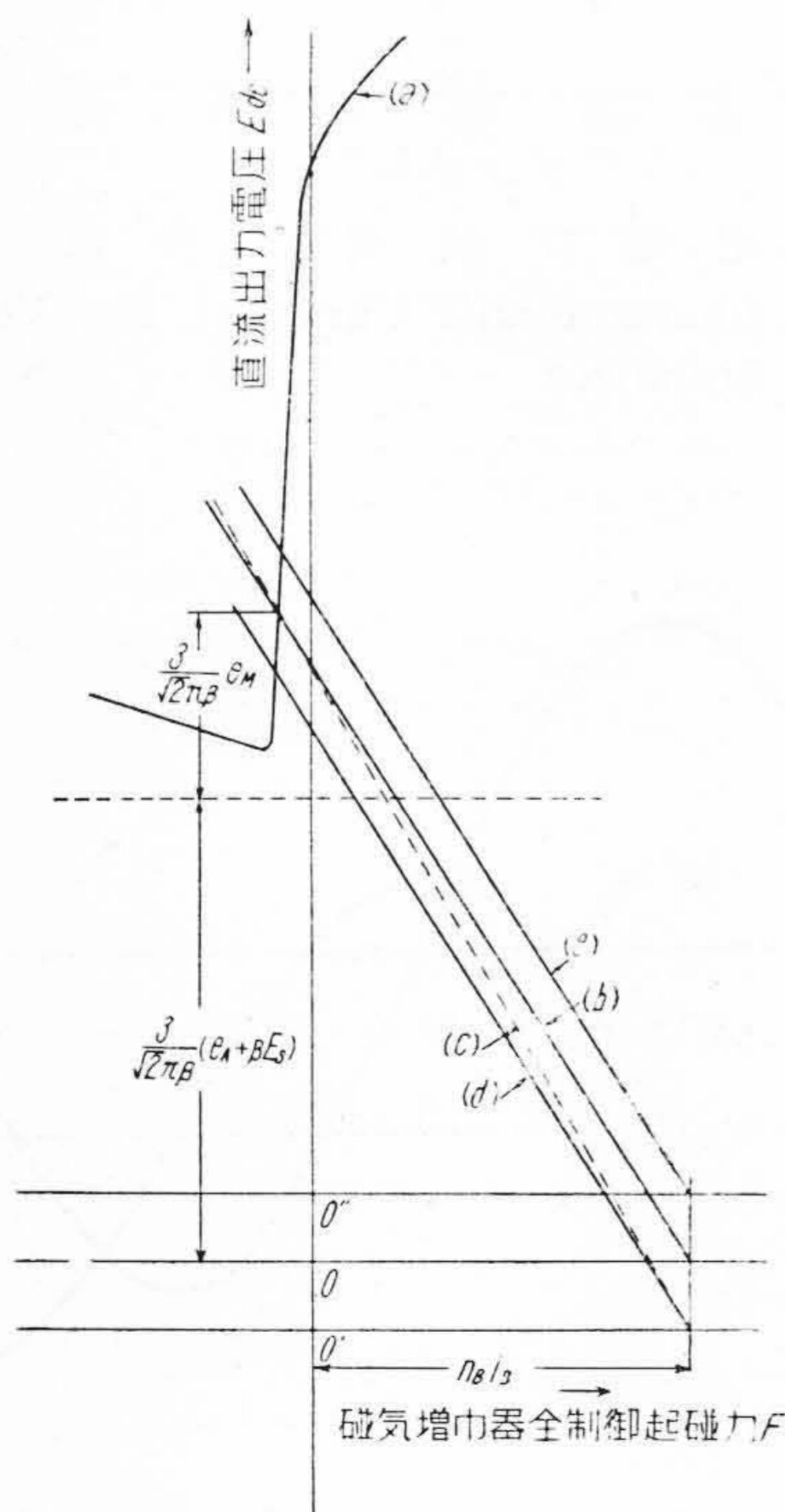
第6図 定電圧装置の特性  
Fig. 6. Characteristic Curve of the Voltage Stabilizer



第7図 点弧角と格子電圧との関係説明図  
Fig. 7. Illustration of the Relation between the Ignition Angle of the Glainver and the Grid Voltage



第 8 図 主 磁 気 増 幅 器 の 特 性  
 Fig. 8. Characteristic of the Main Magnetic Amplifier



第 9 図 装 置 の 動 作 点 説 明 図  
 Fig. 9. Illustration of the Working Points of the Equipment

起磁力  $n_V \cdot \frac{E_{dc}}{R_{VR}}$  を発生するから、全制御起磁力  $F$  は

$$F = n_B i_B - n_V \frac{E_{dc}}{R_{VR}} \dots \dots \dots (4)$$

ここに  $n_B, n_V$  はそれぞれ  $B_1 B_2, V_1 V_2$  の巻数,  $R_{VR}$  は  $VR$  の抵抗値である。

第 9 図は本装置全体の動作点及びその特長を示す説明図である。即ち (2), (3) 両式より得られる

$$E_{dc} = \sqrt{\frac{3}{2\pi\beta}} (e_M + e_A + \beta E_S) \dots \dots \dots (2)'$$

は曲線 (a) で表わされ, (4) 式を変形して得られる

$$E_{dc} = \frac{n_B i_B - F}{n_V} R_{VR} \dots \dots \dots (4)'$$

は直線 (b) で表わされ, 両者の交点が動作点を示し, その  $E_{dc}$  値がグラインパー出力電圧の大きさを与える。この説明図から次の二つの特長が明かにされる。

(i)  $E_{dc}$  の値は  $R_{VR}$  の値の変化と共に連続的に変化する。

本装置では第 3 図に示される如く  $R_{VR}$  の増加と補助直流電圧  $e_A$  の増加とを比例的に運動せしめ, 規定の陽極電圧に於ては磁気増幅器出力電圧  $e_M$  をほぼ一定値に保つてその動作点を増幅率が極めて大きい直線的跳躍特性の最適点に設定する方法を採っている<sup>(6)</sup>。第 9 図の直線 (c) は  $R_{VR}$  を増加せしめた場合の直線 (b) の移動状態を表わし  $E_{dc}$  の増加の様相が示される。但し, この場合 (2)' 式で  $e_A$  が増して曲線 (a) は上方に平行移動するが, 便宜上曲線 (a) の位置を変えずに坐標原点  $0$  を下方  $0'$  に移動させた。

(ii)  $E_{dc}$  の値は電源電圧が変動しても常に設定値に保たれる。

電源電圧従つて陽極電圧の値  $E_S$  が変化すると, 直線 (b) は (4)' 式に依り不変であるが, 曲線 (a) は (2)' 式に従つてその位置が上下に平行移動する。この場合も曲線 (a) の位置を変えずに坐標原点を移動せしめると, 電源電圧が増した場合には原点  $0$  は  $0'$  に, 直線 (b) は直線 (d) の位置に移動する。即ち  $e_M$  が減少して  $E_{dc}$  は一定に保たれる。電源電圧が減少した場合も逆の動作が行われ結局  $E_{dc}$  は一定に保たれる [曲線 (e)]。

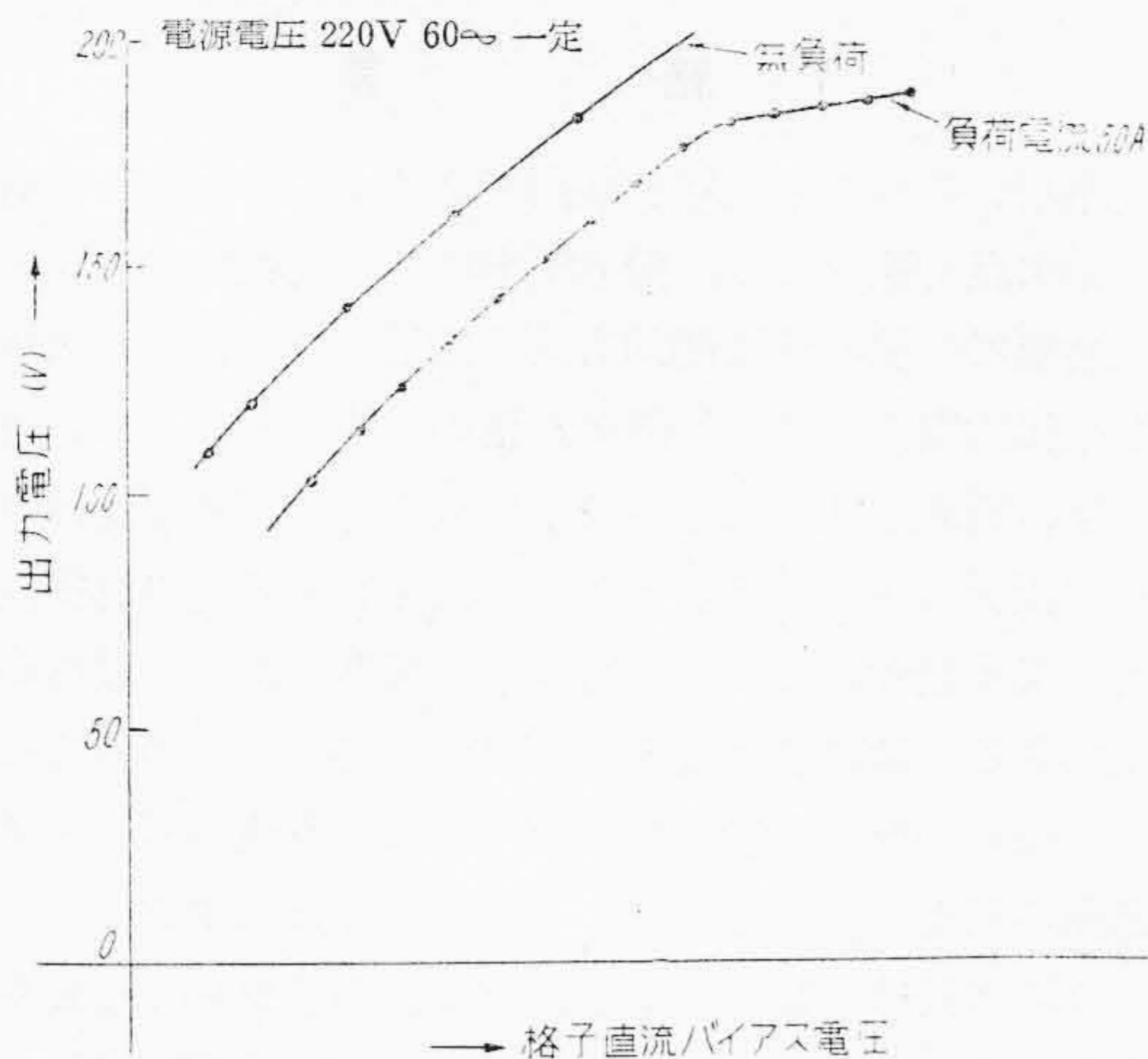
(B) 負荷状態

負荷状態では,  $C_1 C_2$  に負荷電流  $I$  に比例する起磁力  $n_c k I$  が  $B_1 B_2$  の起磁力と逆方向に加えられるから (4) 式, (4)' 式はそれぞれ

$$F = n_B i_B - n_V \frac{E_{dc}}{R_{VR}} - n_c k I \dots \dots \dots (5)$$

$$E_{dc} = \frac{n_B i_B - n_c k I - F}{n_V} \cdot R_{VR} \dots \dots \dots (5)'$$

となる。ここに  $n_c$  は  $C_1 C_2$  の巻数,  $k$  は比例常数。即ちこの場合, 第 9 図の直線 (b) が  $I$  の大きさに比例し



第10図 格子直流バイアスの変化に対するグラインバーの無負荷及び負荷出力電圧特性  
Fig.10. Characteristics of Glainver Output Voltage Versus Grid D.C. Bias under Loaded and Unloaded Conditions

て下方に平行移動し  $E_{ac}$  の値がそれに応じて減少する。即ち出力電圧は負荷電流の増加に対して垂下特性を示し、 $n_c$  の値を適当に選定すれば所要の特性を持たせることができる。この垂下特性は蓄電池の浮動充電又は定電流充電を行う如き場合に必要なものである。

[IV] 試験結果

(1) 無負荷試験

(A) 出力電圧の連続的变化特性

電源電圧を 220V, 60 $\sim$  一定として電圧調整用抵抗  $VR$  を加減することによつて格子直流バイアス電圧  $e_{ac}$  を変えた場合の無負荷出力電圧特性が第10図に示され、 $e_{ac}$  の変化に対し出力電圧は直線的に変わり、(2) 式が近似的に成立することが知られる。

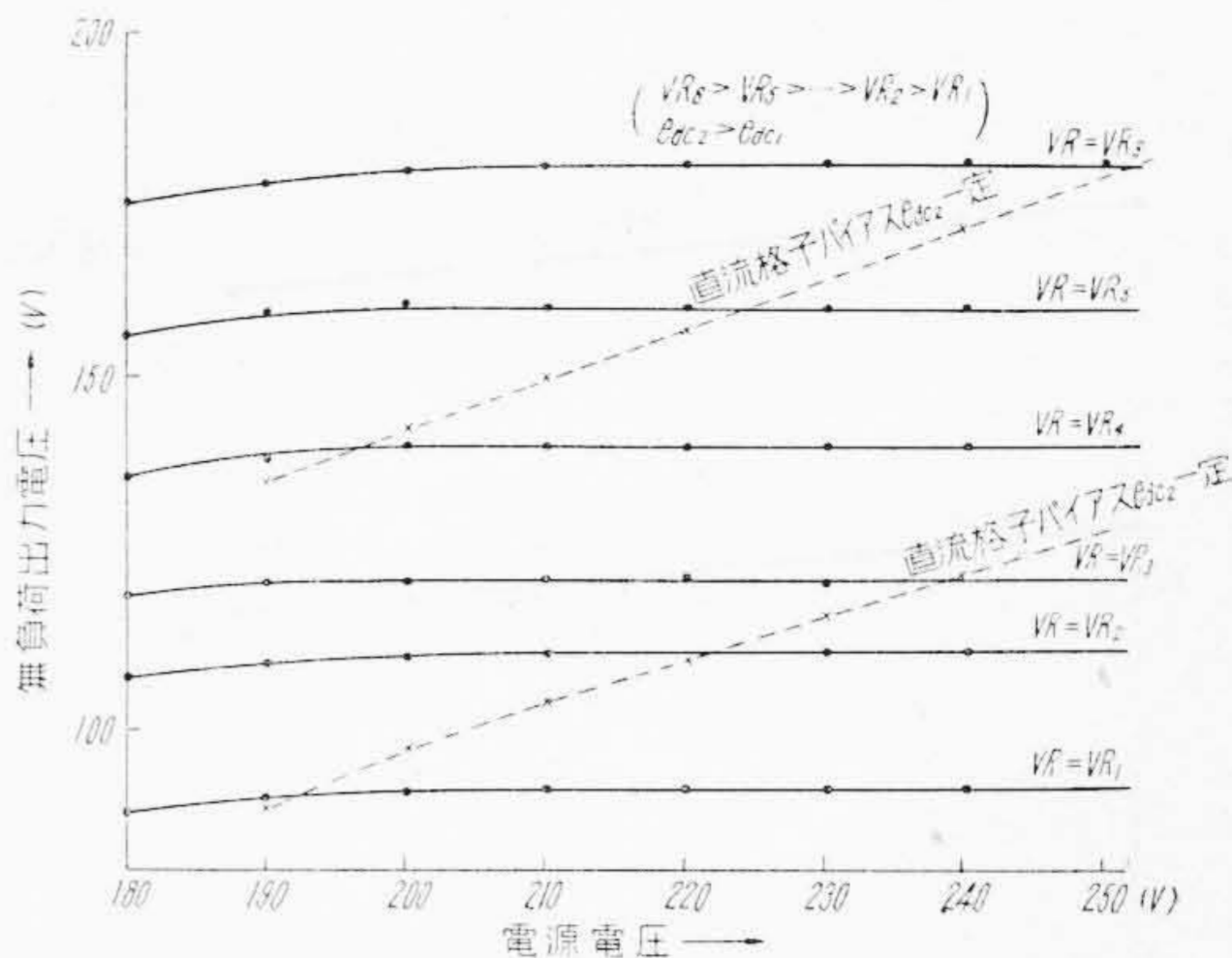
(B) 出力電圧の定電圧特性

$VR$  を或値に設定して電源電圧の周波数を 60 $\sim$  一定とし、その大きさを変えた場合の出力電圧変化は第11図に示す通りで、電源電圧の 220V  $\pm$  10% の変化に対し、出力電圧は図示の如き広範囲に亘つて最大  $\pm$  0.55% の変動を受けるに過ぎないというほど完全に近い定電圧特性を得た。

なお、饋還回路を用いないで別の直流電源から直接一定の格子バイアス電圧を与えた状態で電源電圧の大きさを変化させると第11図の点線で示される如く出力電圧は直線的に変わる。これら2種類の特性の差から饋還回路の動作効果が判然と示される。

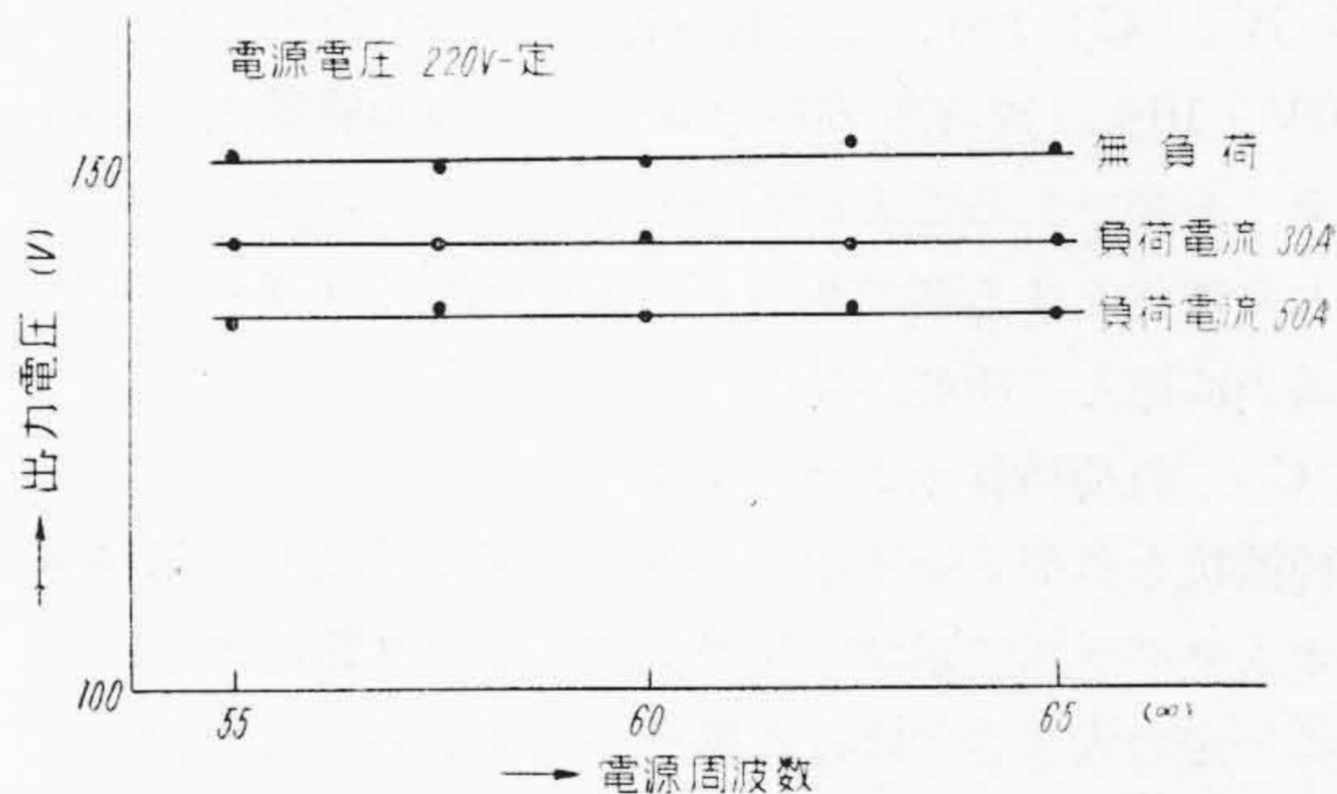
(C) 出力電圧の周波数特性

$VR$  を或値に設定し、電源電圧を 220V 一定に保ち、



第11図 電源電圧の変動に対するグラインバー無負荷出力電圧特性 (点線は一定の直流格子バイアスを加えた場合)

Fig.11. Characteristics of Glainver Output Voltage Versus Source Voltage at no Load (Dotted Lines Show the Case of Constant D.C. Grid Bias)



第12図 出力電圧の周波数特性  
Fig.12. Characteristics of Output Voltage Versus Source Frequencies

その周波数を 55 $\sim$  から 65 $\sim$  の間に変えた場合の出力電圧の変化は第13図に示す如く測定誤差の範囲内で略々一定に維持される。

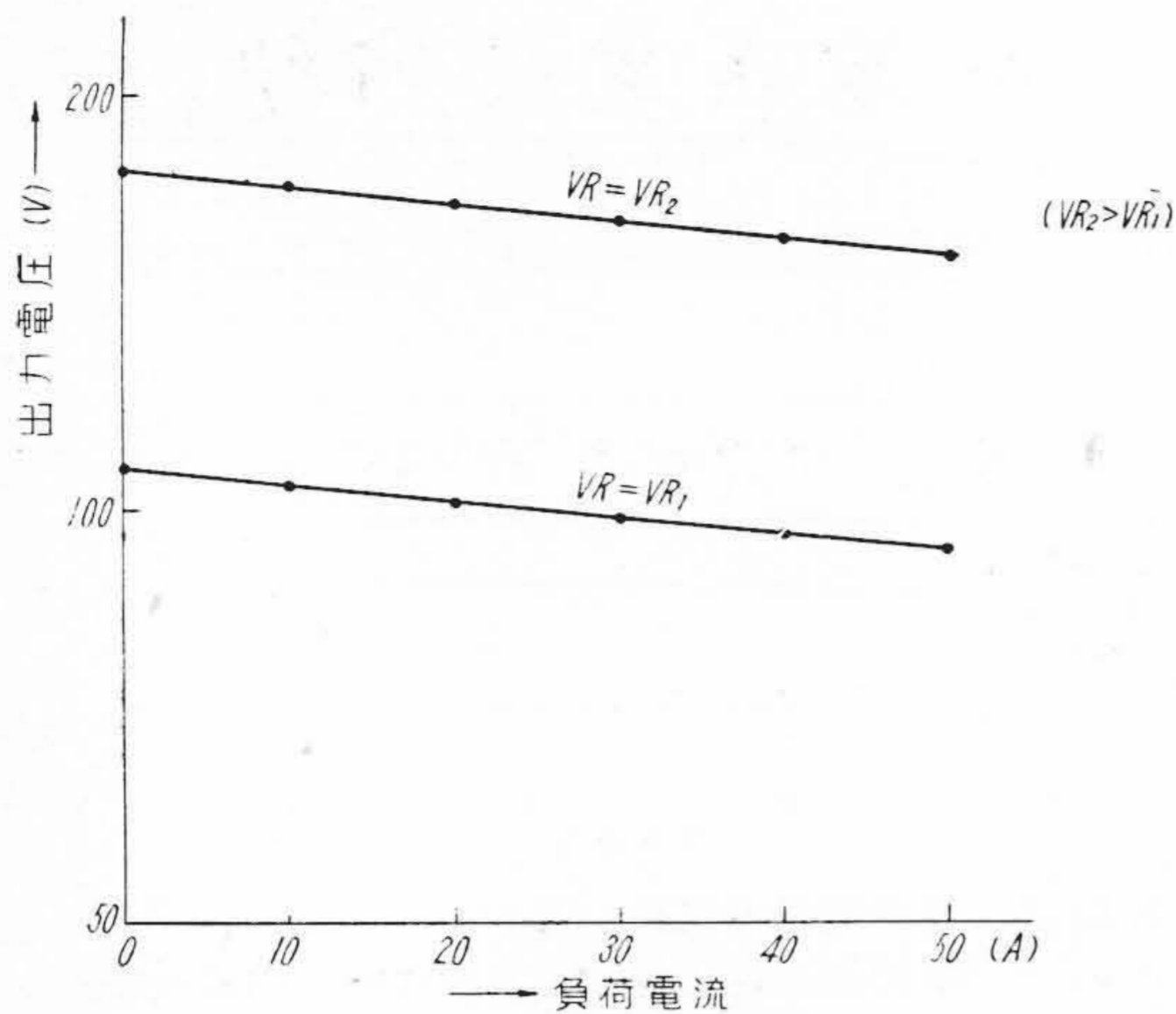
(2) 負荷試験

(A) 出力電圧の連続的变化特性

電源電圧を 220V, 60 $\sim$  に保つて純抵抗負荷に一定電流 50A が流れるよう負荷抵抗を調整しつゝ  $VR$  加減をして格子直流バイアス電圧を変えた場合の出力電圧特性は第10図に示す如く負荷に到る迄の浮游抵抗のために無負荷の場合の特性をほぼそのまま下方に平行移動した形である。尚、水平的に折れ曲つた部分は格子制御不能の部分を示す。

(B) 出力電圧の垂下特性

$VR$  を或値に設定した状態で負荷抵抗を調整して無負荷から定格 50A 迄負荷を連続的に変化せしめた場合の



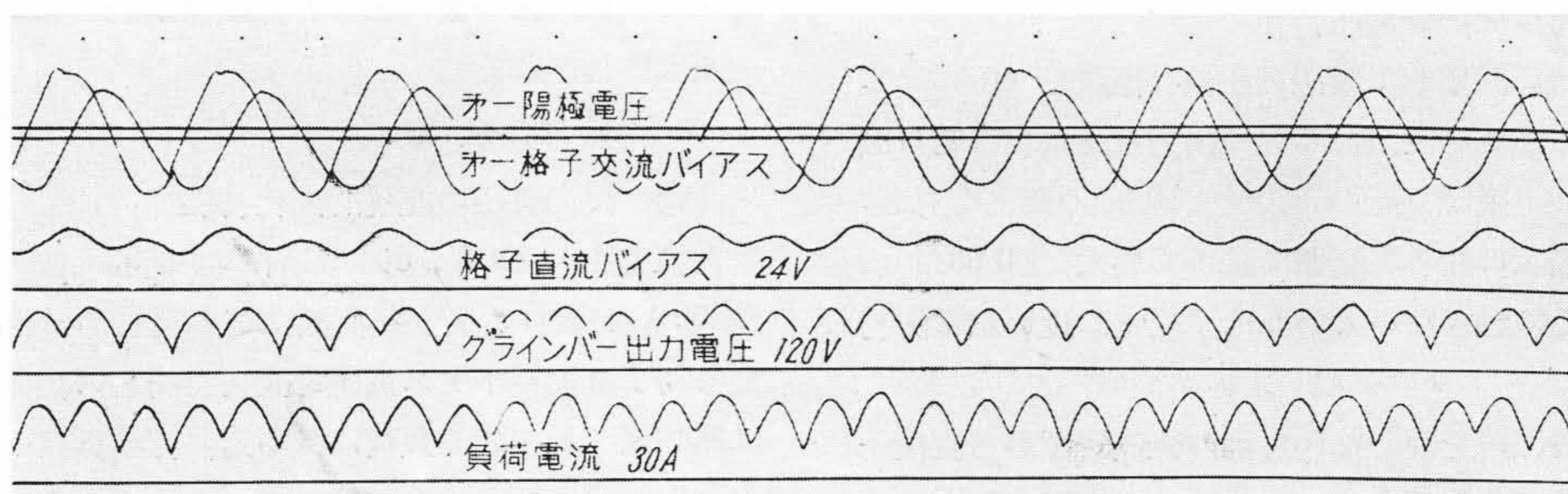
第13図 負荷電流変化に対するグラインバー出力電圧特性

Fig. 13. Characteristics of Glainver Output Voltage Versus Load Current

出力電圧特性は第13図の如き垂下特性を示す。本章(1)の(B), (C)より, この垂下特性は電源電圧の大きさ  $220V \pm 10\%$ , 周波数  $60 \sim \pm 5$  の変動の範囲内では殆ど全く不変であることが明かとなる。この点は本装置の最大の特長とする処であつて, 前述の如く  $C_1C_2$  の巻数を適当に選んで所要の特性を持たせ得る。

#### (C) 負荷試験オシログラム

純抵抗を負荷とせる場合の各部電圧電流波形を第14図のオシログラムに示す。格子直流バイアス電圧波形は完全に一定の大きさではなく幾分歪んでいる。この歪は主磁気増幅器の出力電圧中の高調波や, 格子電流波形等のために生ずるもので, 適当な濾波回路によつて或程度迄軽減し得るが, 完全な一定格子直流バイアス電圧を得るのは困難で, 又幾分歪んでいても性能上何等不都合なものではないことが判つた。



第14図 純抵抗負荷の場合のオシログラム  
Fig. 14. Oscillogram when a Purely Resistive Load is Applied

## [V] 結 言

従来用いられて来た格子制御グラインバー整流器の有する諸欠点を除くため, 構造堅牢にして信頼性の大なる磁気増幅器に依る饋還制御方式を採用して厳密なる試験の結果出力電圧の連続的微小調整が可能であること, 外界温度, 電源電圧の大きさ及び周波数等の変動を受けない一定出力電圧を得ること等の特長を有するものを完成した。又本装置に依れば瞬時起動が可能であり, 動作が安定である。故に蓄電池充電用直流電源としてのみでなく, 一般に連続的微小調整可能の定電圧直流電源として広範囲の用途に使用されることが出来ると信ずる。

終りに本装置の製作に際し色々と御指導を賜つた日立製作所日立工場稲木部長, 泉課長, 楊主任, 村田主任に, 又終始熱心に御協力を頂いた五島, 大貫両氏に厚く感謝の意を表する次第である。

## 参 考 文 献

- (1) 小野: グラインバーに依る直流発電機電圧自動調整 日立評論 Vol. 20 249 (昭 12-4)
- (2) 小野: 電子管制御による電動機速度精密自動調整の諸方式 日立評論 Vol. 25 185 (昭 17-4)
- (3) 例えば,  
McClure: Application of Magnetic Amplifiers E.E. June, (1950)  
Finzi etc.: Magnetic Amplifier Characteristics E.E. Dec., (1950)
- (4) 青木: 水銀整流器と放電管 第4章 (昭 21)
- (5) Chestnut & Mayer: Servomechanisms and Regulating System Design Vol. 1 p. 205 (1951)
- (6) 実用新案申請中