

直流定電圧電源回路

【目的】ダイオードを使用して交流を整流にする整流回路、また整流波形から脈動部分を除去する平滑回路、及びツェナーダイオードによる安定化回路について学ぶ。

【原理】 1-1 単相整流回路

図 1(a), (b)は平滑回路としてコンデンサを用いた単相半波整流回路とその入出力電圧波形を示し、同図(c), (d)は単相全波整流回路とその入出力電圧波形を示す。図に於いて、 f , ω は電源周波数、電源角周波数で、 V_1 , V_{11} , V_{12} は素子に加えられる入力交流電圧の実効値、 v_1 , v_{11} , v_{12} は入力交流電圧の瞬時値。 V は直流出力電圧である。

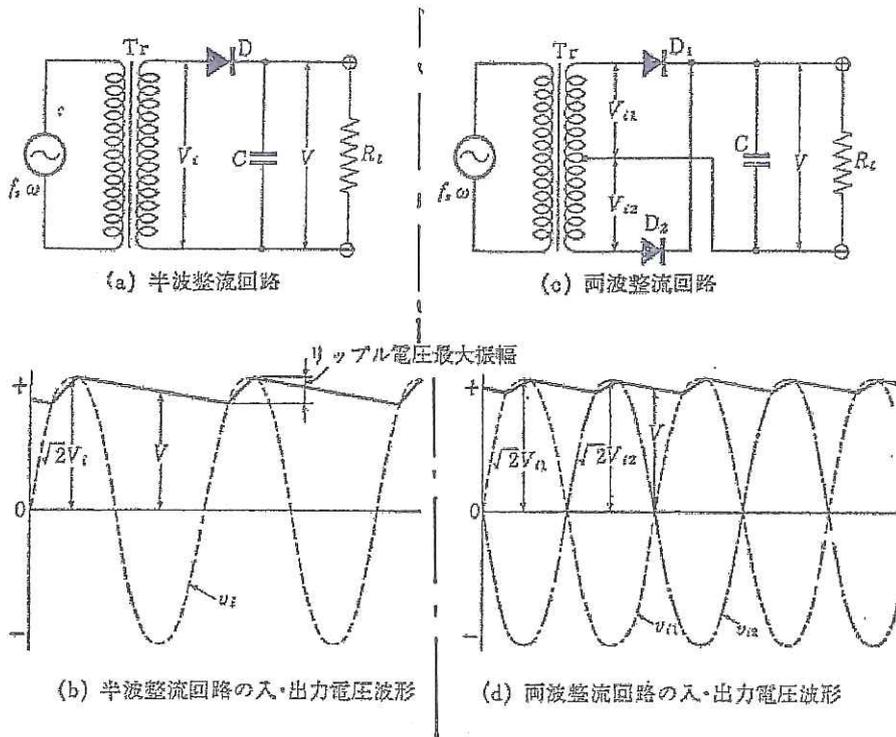


図1 単相整流回路

通常、整流波形には脈動部分を含んでいる。そこで整流波形の出力電圧波形に対する脈動率（リップル百分率、Ripple percentage） γ 、電圧変動率 ε は

$$\gamma = \frac{V_r}{V} \times 100$$

$$\varepsilon = \frac{V_0 - V}{V} \times 100$$

と定義されている。但し、 V_r は脈動電圧の実効値。 V_0 は無負荷の時の出力電圧である。

図2(a),(b)に示すように、コンデンサの前に平滑回路に負荷抵抗としてインダクタンスを接続するとインダクタンスは電流変化を妨げる性質があるので、出力電圧・出力電流の脈動文(Ripple)をさらに減少させることが出来る。大電流用の平滑回路にインダクタンス(チョークコイル)が用いられる。この場合に、チョークコイルを電源側に接続するか、コンデンサを電源側に接続するかによって、前者をチョーク入力型平滑回路(Choke input filter)、後者をコンデンサ入力型平滑回路(Condensor input filter)という。

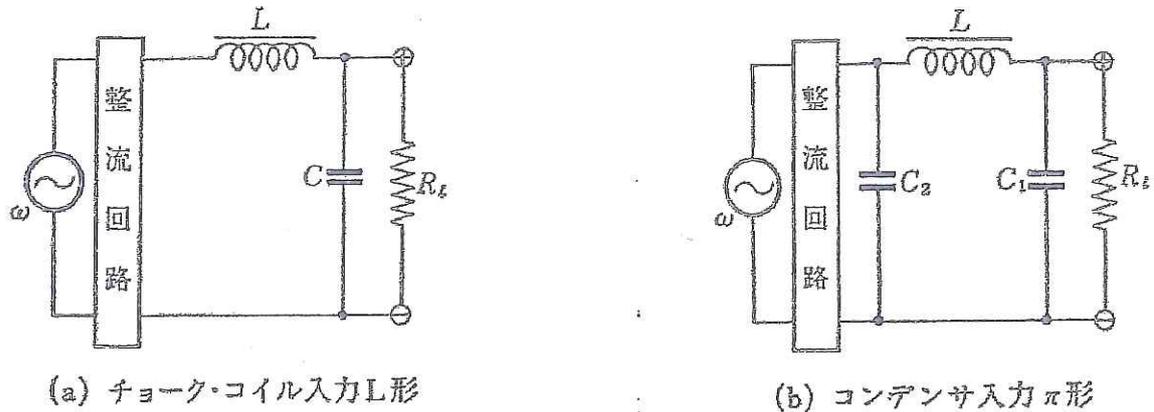


図2 平滑回路

図3(a)は低電圧ダイオード(Zener diode)の電圧・電流特性を示したもので、逆方向特性に電圧飽和特性が存在する。この逆方向飽和電圧 V_Z をツェナ電圧という。適当な値のツェナ電圧を持った定電圧ダイオードと電圧降下用の直列抵抗 R_s を用いて同図(b)のような回路を構成し、 V_Z よりも高い非安定直流電圧を加えると、出力直流電圧は V_Z に保たれ、出力電圧が安定化されることになる。通常、制度があまり要求されない場合に良く用いられる。

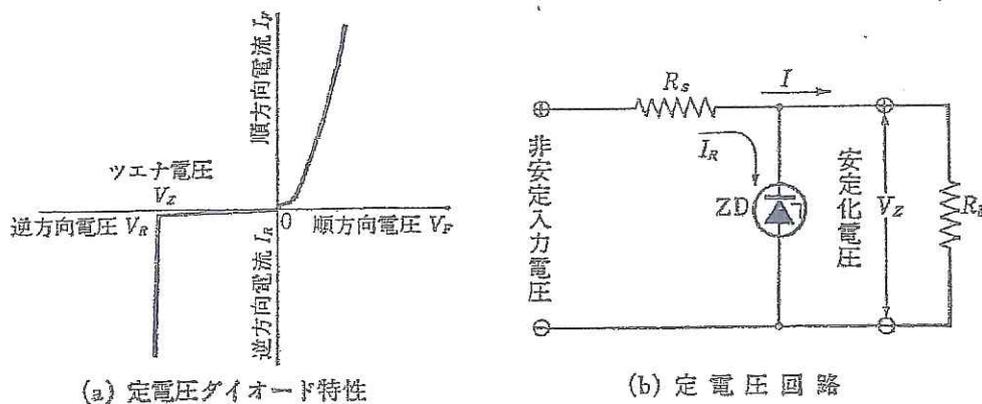


図3 定電圧ダイオード

3. 直流定電圧回路の特性試験

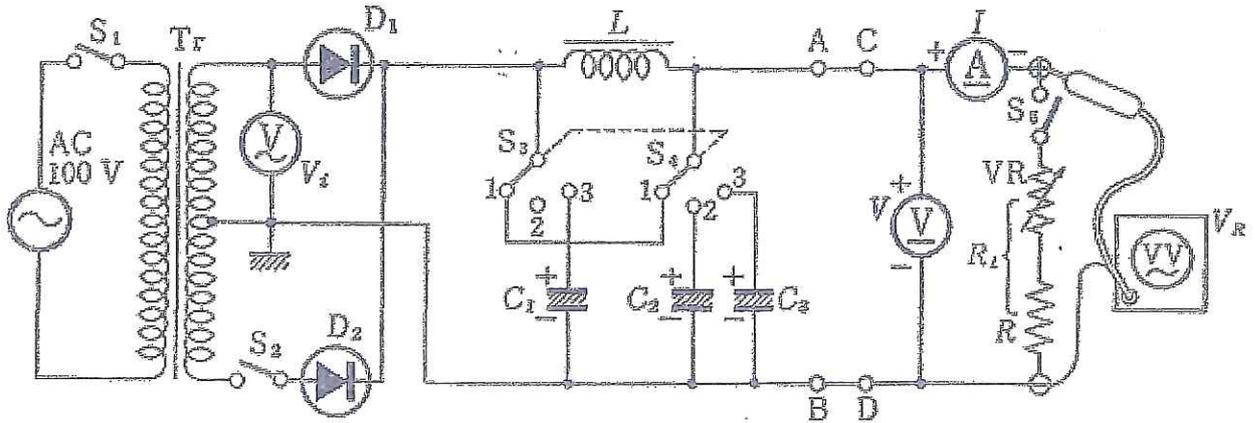


図4 実験回路

| | | | | | |
|---------------------------------|----------|----------------|--|-----------|-------------------------|
| Tr | 電源変圧器 | 100V, 12V×2/1A | A | 直流電流計 | 100 mA, 300 mA, 1A |
| D1, D2 | Si ダイオード | 1S1660 | VV | 電子電圧計 | AC rms 1.5 V, 3 V, 30 V |
| L | | 20mH/1A | VR | 可変抵抗器 | 500 Ω/1A |
| C ₁ , C ₃ | | 10 μF/50 WV | R | | 20 Ω/15W |
| C ₂ | | 20 μF/50 WV | S1····, S5 | ロータリースイッチ | |
| \overline{V} | 交流電圧計 | 15V | C ₂ = 2C ₁ = 2C ₃ | | |
| \underline{V} | 直流電圧計 | 30V | R ₁ = (VRの値) + R | | |

- 1) 図4に示した半波、及び全波整流回路実験装置を準備する。
- 2) S₂を開いて半波整流回路とし、S₃、S₄を①の位置に接続してS₅を閉じ、平滑回路の無い状態で可変抵抗VRを最大とした後、S₁を閉じる。この時のダイオードD1の交流入力電圧波形と出力波形をオシロスコープで記録せよ。
- 3) S₃、S₄を②の位置に接続してS₅を開き、平滑回路をチョーク入力形とした時、時の無負荷出力電圧V₀及びリップル電圧実効値V_rを直流電圧計及び電子電圧計VV(AC rms)によって測定する。
- 4) 可変抵抗VRを最大とした後、S₅を閉じ出力電流Iを直流電流計で測定し、同時に出力電圧V、V_rを上記3)と同様の方法で測定する。
次にVRを順次減少し、それぞれの負荷抵抗R₁(=VRの値+R)におけるI、V、

V_r の値を測定する。但し、回路の電流 I の値が最大許容電流の値(1A)を超えてはならない。

5) S_3 、 S_4 を③の位置に接続して、平滑回路をコンデンサ入力形とした場合についても前記と同様の方法によって、各負荷抵抗 R_L に対応する I 、 V 、 V_r の値を測定する。

6) S_2 を閉じて全波整流波形とした場合についても半波整流方式の場合と同様の測定を行う。

| 整流方式 | 平滑方式 | 交流入力電圧 $V_1(V)$ | 直流出力電圧 $V_0(V)$ | 直流出力電流 $I_0(A)$ | リップル電圧 $V_r(V)$ | 負荷抵抗 $R_L=V_0/I_0$ | 脈動率 $\gamma=V_r/V_0$ % |
|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|
| | | | | | | | |

【結果の整理と考察】

- 出力電流を横軸に取って、下図(A)、(B)のように出力電流・出力電圧の特製図及び出力電流、脈動率を作成すること。
- 各整流、平滑方式の違いによる実験結果について考察すること。
- コンデンサ入力形平滑方式とチョーク入力形平滑方式の違いについて調べてみよ。

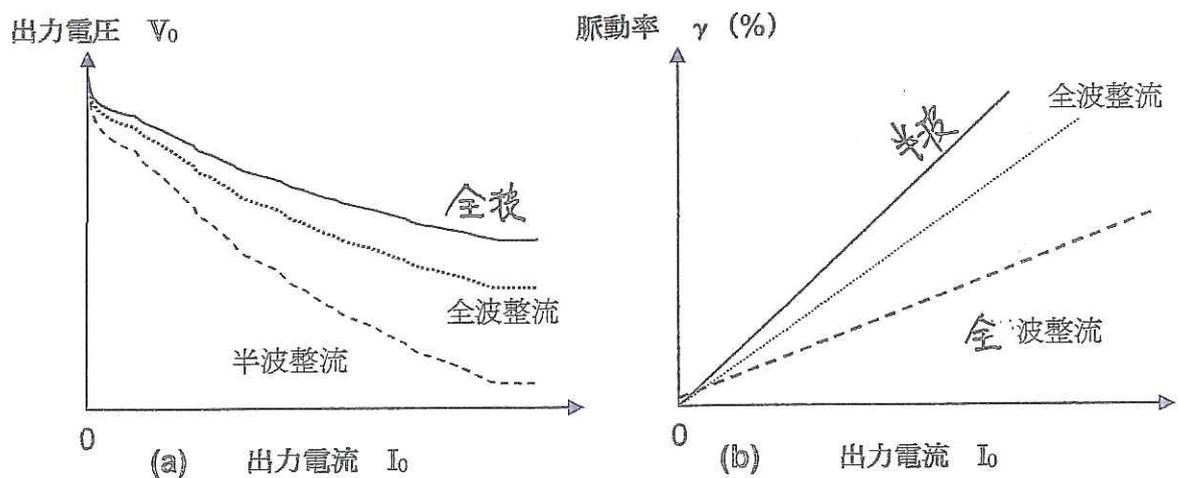


図5

【原理】2-1 直流定電圧電源回路

1) 直列形直流安定化電源回路

定電圧ダイオードと直流増幅器を組み合わせることによって、さらに安定な直流定電圧電源を得ることができる。

図6に示した直列安定化電源において、トランジスタのベース電圧は定電圧ダイオードのツェナ電圧 V_Z によって一定に維持されているので、出力電圧 V_o が変化した時、エミッタ・ベース間電圧 V_{BE} は、

$$V_{BE} = V_o - V_Z$$

であるから、 V_{BE} の変化として検出される。

コレクタ電流 I_C は出力電流 I_o にほぼ等しいので、 V_{BE} の変化によって図7に示した V_{BE} - I_C 特性に従い、 I_C すなわち負荷 R_L に供給される電流 I_o が変化する。

$$V_o = I_o R_L \cong I_C R_L$$

であるから、 I_C が変化するることによって出力電圧 V_o は常に一定に保たれることになる。

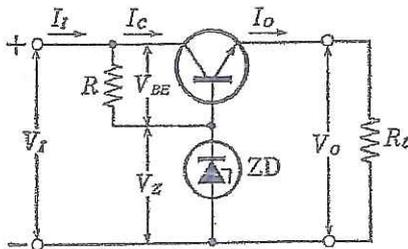


図6 直列形安定回路

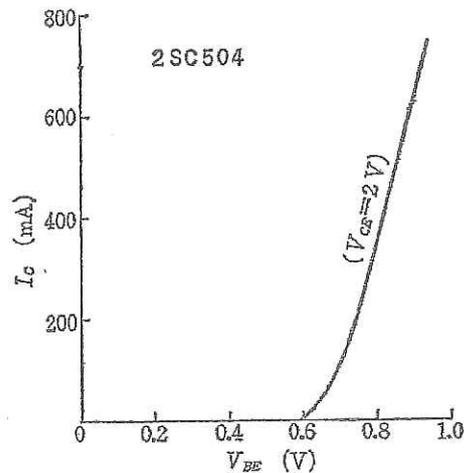


図7 V_{BE} - I_C 特性

2) 並列形直列安定化電源

図8に示した並列形安定化電源に於いてコレクタ・ベース間電圧 V_{CB} はZDのツェナ電圧によって一定に保持されているので、出力直流電圧 V_o の変動は、

$$V_o = V_I - R_S(I_o + I_C)$$

であるから、 V_{BE} の変化として検出される。従って、図7に示した V_{BE} - I_C 特性に従い、 I_C が変化する。

また出力電圧 V_o は、

$$V_{BE} = V_o - V_Z$$

であるから直列抵抗 R_s と I_c による電圧変動の効果が V_o の変動を打ち消すように働くので、出力電圧が一定に保たれるように働く。

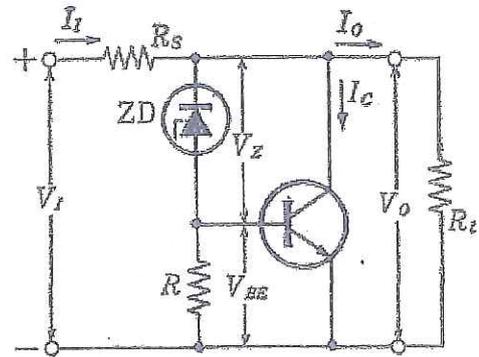


図8 並列形安定回路

2-2 電源安定化回路の安定度

一般に出力電圧 V_o は、入力電圧 V_I によって変化し、また負荷電流 I_o によっても変化する。これを式で表すと、

$$V_o = f(V_I, I_o)$$

となる。定電圧回路は入力電圧および負荷電流が変化しても、なるべく出力電圧が変化しないように作られた回路である。上式を全微分すると

$$\Delta V_o = S \Delta V_I + R_o \Delta I_o$$

但し、

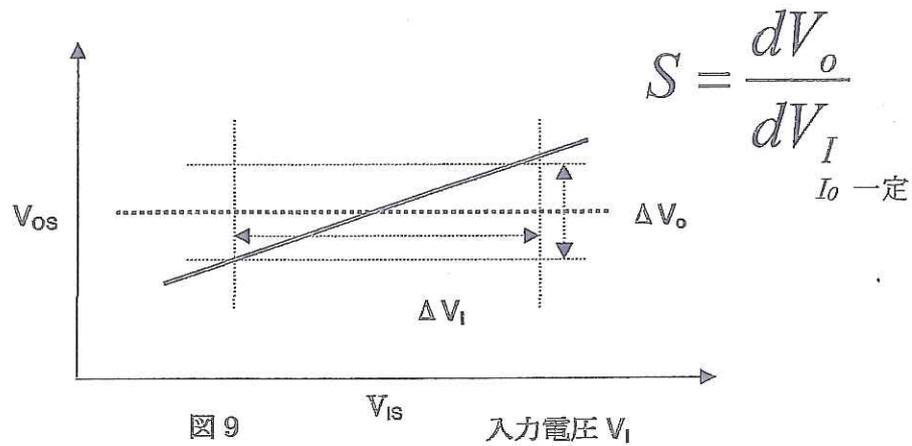
$$S = \frac{\partial V_o}{\partial V_I} \quad I_o \text{ 一定} \qquad R_o = \frac{\partial V_o}{\partial I_o} \quad V_I \text{ 一定}$$

の関係が得られるので、 S と R_o が 0 ならば、入力電圧 V_I および負荷電流 I_o が変化しても負荷電圧は一定に保たれる。ここで、 S を電圧安定率、 R_o を負荷抵抗と呼び、これらの値は小さい程良い。

(1) 電源電圧の変化に対する安定度 S

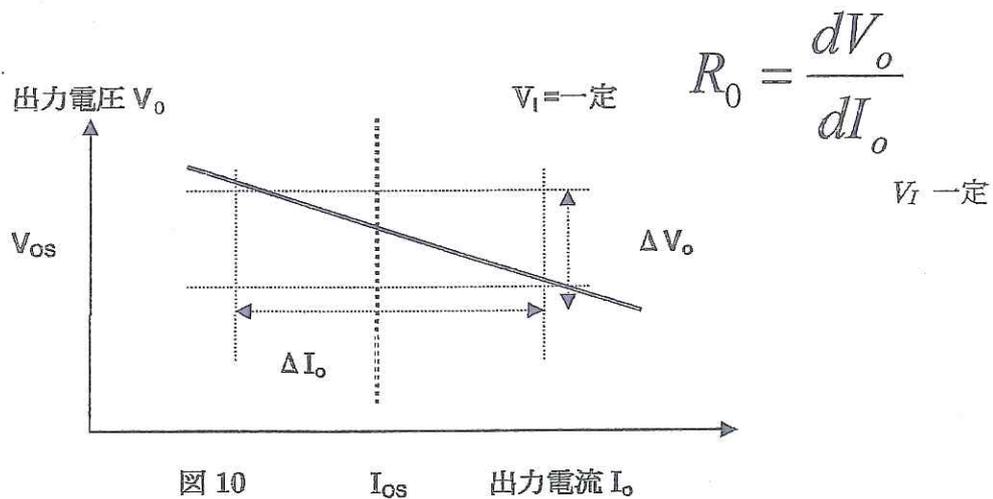
電源電圧の変化に対する安定度は、出力電流が一定であるという条件の下に電源電圧の変化に対する出力電圧の変化として表す。ここで、安定化回路における負荷抵抗が一定の場合の電源電圧の変化に対する出力電圧の割合を電圧安定率 S と呼ぶ、

図9に於いて、負荷一定の下で電源電圧 V_I を規定値 V から ΔV だけ変化させた場合の、この ΔV に対する出力電圧の変化分 ΔV_o との割合として求める。



(2) 出力電流の変化に対する安定度 R_o

出力電流 変化に対する安定度は、電源電圧が一定であるという条件の下に、出力電流の変化に対する、出力電圧の変化として表す。ここで、安定化回路における、電源電圧が一定の場合の、出力電流の変化に対する出力電圧変化の割合は、ちょうど内部抵抗があつて、その抵抗による電圧 降下 を表すことになる。従つて、この内在する抵抗を出力抵抗 R_o と呼ぶ。



【実験方法】 1-2 単相整流回路の特性試験

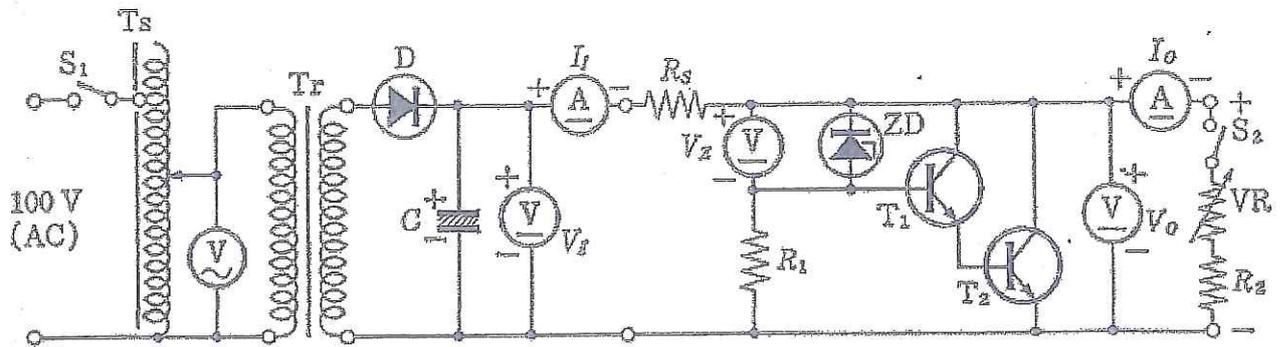


図 11 実験回路

| | | | | | |
|----|---|----------------|-----------------|----------------|--|
| Ts | スライダック | V | 交流電圧計 150 V | ZD | 定電圧ダイオード 1s226 V |
| Tr | 変圧器 100V 20v / 2A | VR | すべり抵抗器 1A, 170Ω | | V _Z =11V |
| V | 直流電圧計 V ₁ 30V, V ₂ 15V V _o 15V | C | 500 μF / 50WV | T ₁ | 2SC504 I _c =600 mA 最大定格 I _c =600 mA |
| A | 直流電流形 I _i 3A, I _o 1.5A | R ₅ | 15Ω, 20W | T ₂ | 2SD111 最大定格 I _c =10 A, I _b =3A |
| | | R ₁ | 200Ω 3W | | |
| | | R ₂ | 10Ω 3W | | |
| | | D | 1S1560 最大定格 3A | | |

【方法】

(1) 図のような直流電圧電源回路の測定回路を準備する。

同図はトランジスタに 2SD11、電圧ダイオードに 1S226 (V_Z=11 V) を用いた定格出力電圧 12V, 出力電流 0.5A の直流安定化回路に 1S1560 を組み合わせた回路を示す。

(2) 安定化電源の定格出力電圧に於いて、定格出力電流が得られるように、すべり抵抗器 VR の値 (=R₂+VR の値=100Ω) を調整し、スライダックによって安定化電源の入力電圧 V₁ を 0 より順次増加した時の入力電圧 V₁、出力電圧 V_o、及び出力電流 I_o を測定する。

但し、スライダック 2 次側の電圧が 130V を超えない範囲で実験を終了せよ。

(3) S₂ を開いて無負荷とし、スライダックを調整して安定化電源の入力電圧 V₁ を適当な値 (この場合は 25V に設定) に保ち、無負荷出力電圧を測定する。

次に、VR を最大とした後に S₂ を閉じ、VR の値を順次減少した時の I_i、V_o 及び I_o の変化を測定する。但し、測定中スライダックによって V₁ を常に一定に保つこと。

入力電圧・出力電圧特性

| 負荷抵抗 R1 (Ω) R2+VR の値 | 入力電圧 V _I (V) | 入力電流 I _I (A) | ツェナ電圧 V _Z (V) | 出力電圧 V _O (V) | 出力電流 I _O (A) |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | | | | |

【結果の整理と考察】

- (1) 入力電圧を横軸、出力電圧を縦軸にとって、入力電圧・出力電圧特性図を作成し、電圧安定化定数 S を求めよ (ツェナ電圧 V_Z の飽和領域での傾きを取れ)。

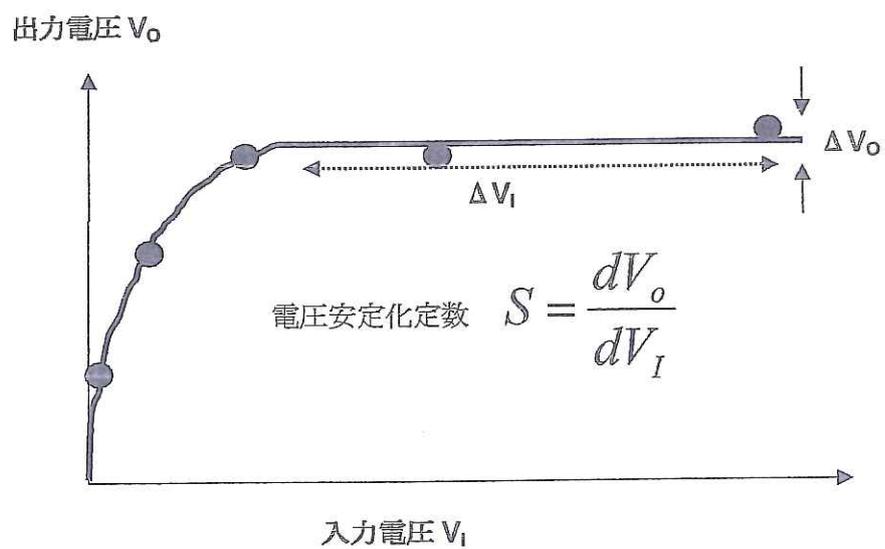


図 12

出力電流・出力電圧特性

| 入力電圧 $V_I(V)$ | 負荷抵抗 $R_1(\Omega)$ R_2+V_R の値 | 入力電流 $I_I(A)$ | 入力電力 $P_I(W)$ $I_I \times V_I$ | ツェナ電圧 $V_Z(V)$ | 出力電圧 $V_O(V)$ | 出力電流 $I_O(A)$ | 出力電力 $P_O(W)$ $I_O \times V_O$ | 効率 $\eta(\%) =$ $(P_O/P_I) \times 100$ |
|------------------|--|------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------|------------------|--------------------------------------|--|
| | | | | | | | | |

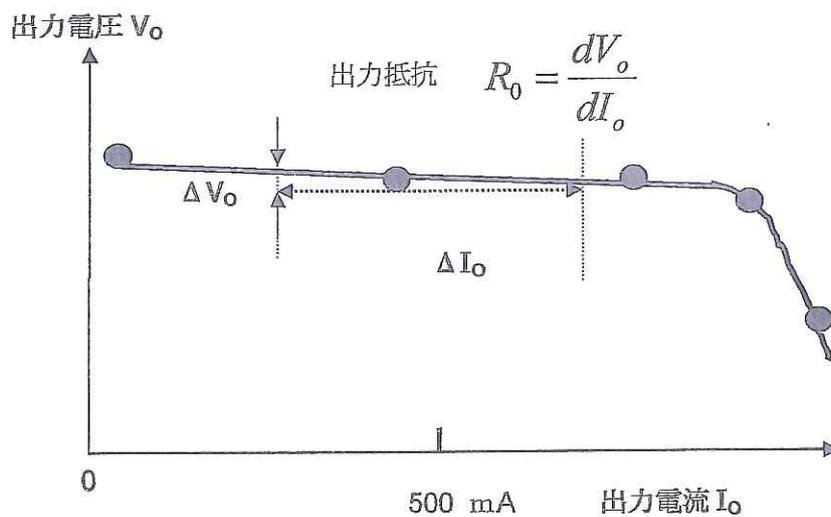


図 13

【結果の整理と考察】

- (1) 出力電流を横軸に、出力電圧を縦軸にとって出力電流出力電圧の特性図を作成し、出力抵抗 R_0 を求めよ（出力電流 $I_O=500\text{mA}$ 近辺で取る）。
- (2) 得られた実験結果について考察せよ。

参考文献

- (1) 電気電子実験：徳田 精・橋村伊佐夫 著、国民科学社
- (2) 電子回路：丹野頼元 著、森北出版