

# 安定化電源回路の設計

— 定電圧、定電流電源の段階的設計手法 —

清水和男 著

安定化電源回路の設計

\* 清水和男 著

73・76/528

73.76  
t28

# 安定化電源回路の設計

定電圧，定電流電源の段階的設計手法

清水和男著

3k2026

C Q 出版社

# □ 目 次 □

まえがき	( 3 )
<b>第1章 電源回路の基本</b>	<b>9</b>
直流電源	( 9 )
安定化の必要性	( 10 )
定電圧電源の種類	( 11 )
定電流電源の種類	( 13 )
安定化電源の出力変動	( 16 )
信頼性	( 17 )
<b>第2章 各種安定化回路</b>	<b>21</b>
基本回路	( 21 )
連続制御方式	( 22 )
断続制御方式	( 26 )
組み合わせ方式	( 29 )
<b>第3章 安定化電源の諸定数</b>	<b>31</b>
定電圧電源の安定度を表わす諸定数	( 31 )
定電流電源の安定度を表わす諸定数	( 35 )
定電圧電源の諸定数	( 38 )
定電流電源の諸定数	( 41 )
<b>第4章 整流回路</b>	<b>45</b>
各種整流回路	( 46 )

制御整流回路	( 55)
平滑回路	( 61)

## 第5章 制御回路 ..... 71

基本的動作	( 71)
駆動回路	( 72)
並列接続	( 74)
直列接続	( 75)
電源変動の改善	( 76)
コレクタ出力型	( 78)
制御回路の電源電圧	( 79)
コレクタ損失のピーク値	( 81)
トランジスタの放熱	( 82)
保護回路	( 84)
電流制限方式	( 86)

## 第6章 誤差増幅器 ..... 93

各種誤差増幅回路	( 93)
誤差増幅器の動作量	( 96)
変動分の検出	(101)

## 第7章 定電圧電源の設計 ..... 115

設計式の要点	(115)
トランジスタおよびダイオードの選定の要点	(120)
回路定数の算出の要点	(123)
設計手順	(125)
設計例—1	(127)
設計例—2	(134)

設計例—3	(138)
設計例—4	(142)
設計例—5	(145)
設計例—6	(148)
設計例—7	(151)
設計例—8	(152)

## 第8章 定電圧電源の調整と性能試験 ..... 157

製作の要点	(157)
調整の要点	(158)
調整例	(160)
性能試験	(163)

## 第9章 電源用 IC とその応用 ..... 169

固定出力 IC	(169)
可変出力 IC	(176)
断続制御方式への応用	(188)
演算増幅 (OPアンプ) 用 IC による安定化電源	(190)
点弧回路とその応用	(191)
〈参考資料・その他〉	
定電圧電源用ダイオード, トランジスタ, IC 規格一覧	(195)
参考文献	(212)
索引	(213)

73.76  
528

# 安定化電源回路の設計

定電圧，定電流電源の段階的設計手法

清水 和 男 著

3k2026

C Q 出 版 社



## まえがき

エレクトロニクスが今日のようなめざましい発展を遂げたのも、そのかげには理論的な追求、電子部品の改善、回路技術の向上など、一つ一つに着実な努力がなされ、しかもこれらが相互に進展したからです。

このような意味合いにおいて、安定化電源の役割りも見逃すことができません。各システムにおいて、あるいは計測分野において情報の質を向上させるためには電源系の安定化がぜひとも必要だからです。

ところで安定化電源を必要とする場合に、常に問題となることは、出力電圧や電流容量、さらには安定度などのいわゆる仕様が用途によって大きく異なることです。したがって何か定形的な回路図があって、それにしたがって製作するというようなわけにはいかず、各自が負荷側の要求に応えるものを設計しなければなりません。

しかし一般に設計という作業は、理論面と経験面の双方の知識を要するため、そう簡単ではありません。したがって、どの程度の規模の回路とすべきか、あるいはどんな部品を使用したらよいか、などを調べるのに多くの時間を費やすことになります。

そこで本書は安定化電源に関して、特に電子回路の専門的な知識がなくても容易に理解できて、設計製作がなかば自動的に行なえる内容にという出版社の意向を重視し、現場の技術者をはじめ特殊仕様の安定化電源の必要度の多い、物理、化学分野の研究者や、理科系大学院の学生諸君を対象として解説するものです。

まず第1章から第6章の前半には安定化電源に関する一般的事項および設計に必要な諸式について解説し、続いて第7章には本書の主目的である安定化電源の設計方法を示し、さらに具体例として、各種電子装置に適用し得ると思われる仕様に基づいて定電圧電源の設計例を示しました。

第8章は性能試験に関するもので、特に定電圧電源の諸特性の測定方法を重点的に示したものです。

最後の第9章は安定化電源用集積回路について解説し、その使用方法を示しています。



本書においては全体を通して、安定化電源の基本的な概念として、特に電力または誤差信号の授受関係に重点を置き解説してあります。このことは基本的事項が把握されれば、無限の応用に発展するものと考えられるからです。したがって一部の文献などに見られるような、特殊用途の応用例、あるいはこのようにしてもできる式のものは一切省きました。

なお安定化電源に使われる用語には直訳的なものや、統一されていないものが少なからずあります。本書では説明の便宜上、著者が命名したものがあつてを付け加えておきます。

以上の意図のもとに執筆にあたつたつもりではありますが、いかにせん、日々の多忙な生活の中でまとめたものであり、十分な内容とするまでには至らなかつた面も多々あることと思います。この点については後日に改めたいと考えている次第です。

最後に本書の出版に際し、たいへんお世話になつた飛坐博氏ならびにCQ出版社の方々に厚くお礼を申し上げます。

1971年12月 著者

# □ 目 次 □

まえがき	( 3 )
<b>第1章 電源回路の基本</b>	<b>9</b>
直流電源	( 9 )
安定化の必要性	( 10 )
定電圧電源の種類	( 11 )
定電流電源の種類	( 13 )
安定化電源の出力変動	( 16 )
信頼性	( 17 )
<b>第2章 各種安定化回路</b>	<b>21</b>
基本回路	( 21 )
連続制御方式	( 22 )
断続制御方式	( 26 )
組み合わせ方式	( 29 )
<b>第3章 安定化電源の諸定数</b>	<b>31</b>
定電圧電源の安定度を表わす諸定数	( 31 )
定電流電源の安定度を表わす諸定数	( 35 )
定電圧電源の諸定数	( 38 )
定電流電源の諸定数	( 41 )
<b>第4章 整流回路</b>	<b>45</b>
各種整流回路	( 46 )

制御整流回路	( 55)
平滑回路	( 61)

## 第5章 制御回路 ..... 71

基本的動作	( 71)
駆動回路	( 72)
並列接続	( 74)
直列接続	( 75)
電源変動の改善	( 76)
コレクタ出力型	( 78)
制御回路の電源電圧	( 79)
コレクタ損失のピーク値	( 81)
トランジスタの放熱	( 82)
保護回路	( 84)
電流制限方式	( 86)

## 第6章 誤差増幅器 ..... 93

各種誤差増幅回路	( 93)
誤差増幅器の動作量	( 96)
変動分の検出	(101)

## 第7章 定電圧電源の設計 ..... 115

設計式の要点	(115)
トランジスタおよびダイオードの選定の要点	(120)
回路定数の算出の要点	(123)
設計手順	(125)
設計例—1	(127)
設計例—2	(134)

設計例—3	(138)
設計例—4	(142)
設計例—5	(145)
設計例—6	(148)
設計例—7	(151)
設計例—8	(152)

## 第8章 定電圧電源の調整と性能試験 ..... 157

製作の要点	(157)
調整の要点	(158)
調整例	(160)
性能試験	(163)

## 第9章 電源用 IC とその応用 ..... 169

固定出力 IC	(169)
可変出力 IC	(176)
断続制御方式への応用	(188)
演算増幅 (OPアンプ) 用 IC による安定化電源	(190)
点弧回路とその応用	(191)
〈参考資料・その他〉	
定電圧電源用ダイオード, トランジスタ, IC 規格一覧	(195)
参考文献	(212)
索引	(213)



## 第1章 電源回路の基本

一般に安定化電源と呼ばれるものには、安定な交流電力を生じるものと、安定な直流電力を生じるものの2種があり、特に両者を区別する場合には、前者を交流安定化電源、後者を直流安定化電源とそれぞれ呼んでいます。

ところで、各種電子装置に必要な電源は本質的には直流電源ですが、実際には交流を整流して直流とする方法が安易なために多く用いられています。

そこで、たとえば安定な直流電圧を必要とする場合に、交流安定化電源を用いて、整流回路に加わる交流電圧を安定化するという方法も考えられますが、一般に交流安定化電源は、直流安定化電源に比べて安定度が低いことと、さらに直流安定化電源の場合には介在する整流回路に生じるリップル分や整流器、およびトランスの抵抗に基づく変動分もすべて安定化してくれるという利点があります。

したがって、電子装置の安定化電源には直流安定化電源が広く利用されています。

本書はこの直流安定化電源について述べるもので、以後の章では直流安定化電源を単に安定化電源と呼ぶことにします。

### 直流電源

一般に直流電源を必要とする場合には、乾電池や蓄電池などの電池類を使用するか、または電灯線や動力線などと呼ばれる商用周波数電源を整流して使うなどの方法が採られ、このほか、特殊な方法としては、交流電動機によって直流発電機を運転し、直流をえることもあります。

電池類を利用することの利点は、室内、屋外を問わず、装置をどこへでも持ち運びして使用しうることです。

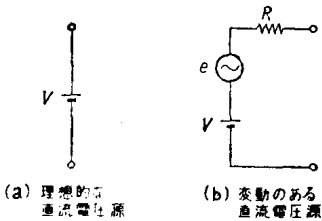
しかし、その反面、電池が消耗した場合には、交換、充電などの保守を必要とし、また、出力容量や端子電圧などの制約も大きく、装置の重量を増加させるなどの欠点もあります。

これに対して、交流を整流する方法は、必要とする電圧または電流が容易に得られること、電池類に比べて経済的なこと、などが大きな長所です。したがって、航空関係や、宇宙工学関係の各種電子装置、あるいは補聴器や、ポータブル・セットのような、本来使用場所が屋外に限られる場合や、常時移動する場合には、電池を使用することになりますが、一般的には交流を整流して直流とします。

## 安定化の必要性

直流電圧源を表わすのに、図1-1(a)に示す記号がよく使われます。

〈図1-1 直流電圧源の記号表示〉



ところで、これは直流電源に限ることではありませんが、すべての電源は、多少の差はあるにせよ、その出力電圧が変化します。

たとえば、各家庭において電気器具をつけた直後、一瞬電灯が暗くなることや、電池の端子電圧が低下することなど、日常よく経験することでしょう。

そこで、直流電圧源の場合に、出力電圧の変化も含めて

考えると、図1-1(b)のように表わすことができます。

つまり、出力端子に現われる電圧は、一定の起電圧  $V$  と変動電圧  $e$  を加え合わせたもので、さらに内部抵抗  $R$  が存在するものである、と考えられるわけです。そしてまたこのように表わすと、負荷の有無に関係なく出力電圧が変化することや、負荷電流が増加すると、しだいに出力電圧が低下することも納得できるからです。

これに対して同図(a)に示す直流電圧源は、一定の起電圧をもつもので、これを理想電圧源と呼ぶことができます。つまり、出力電圧が変化することもなければ、負荷を接続しても出力電圧が低下することもないからです。したがって、この場合には負荷に  $0\ \Omega$  の抵抗を、つまり出力端子をショートすると、無限大の電流が流れることになり、また無限大の電力を内蔵していることにもなるわけです。

しかし、理想はあくまでも現実とは異なるように、実際の電圧源はすべて同図(b)に示すものであって、理想的な電圧源に近いものと、遠いものとの違いがあるだけです。

かりに、このように変動する要素を含んだ電圧源を使用して測定を行なった場合には、結果に誤差を生じることが容易に推察できますが、各種電子装置の供給電源として使用した場合にも、性能を害することになります。

そこで、なんらかの方法で電源に含まれる変動を減らすことが必要で、この目的のための装置が、ほかならぬ安定化電源回路です。

ところで、安定化電源には、電圧を安定化して一定の出力電圧を供給するものと、電流を安定化して一定の出力電流を供給するものとの二者があり、前者を定電圧電源、後者を定電流電源とそれぞれ呼んでいます。

定電圧電源は、電子回路の電源部や安定な電池として広く使用されています。また、定電流電源は、計測分野や工業方面に、たとえば各種放電管、レーザー、マグネットなどの電源として使用されています。

## 定電圧電源の種類

定電圧電源には回路構成、制御方式、あるいは安定化機構によりいろいろな型式があります。したがって、その分類のしかたもいろいろと考えられますが、本書ではまず定電圧素子によって得られる安定化電圧を負荷に直接供給する方式と、定電圧素子によって得られる安定化電圧を基準として、増幅素子や開閉素子を通して間接的に安定化電圧を供給する方式の二つに大別し、前者を**直接方式**、後者を**間接方式**と、それぞれ呼ぶことにします。

直接方式は定電圧回路の基本となるもので、定電圧素子としては、古くは定電圧放電管が、また最近では定電圧ダイオードが、また場合によっては水銀電池などが使用されています。

定電圧放電管の特性は、図1-2に示すように放電電流が  $I_1$  から  $I_2$  までの範囲では、電極間電圧は一定の電圧となります。したがって、放電管に並列に負荷を接続すると、負荷に加わる電圧は常に一定となります。

〈図1-2 定電圧放電管の特性〉

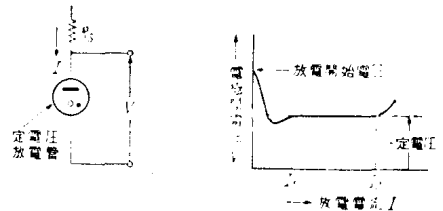
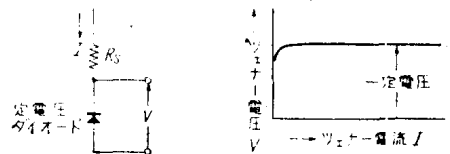


図1-3は定電圧ダイオードの特性を示したものです。定電圧ダイオードの両端電圧は、一定の値となることから、定電圧放電管の場合と同様、負荷を接続すると負荷には一定の電圧が与えられることになります。

〈図1-3 定電圧ダイオードの特性〉



直接方式は負荷変動が少ない場合や、負荷容量が小さい場合に限り使用されるもので、一般には次の間接方式が用いられます。

間接方式は、直接方式の拡張、ないしは応用ともいうべきもので、これにはいろいろな形式があります。これらをまず出力電圧の制御方法により分類すると、出力量を連続的に制御する連続制御方式、出力量を ON-OFF によって制御する断続制御方式、連続制御方式と断続制御方式を併用した組み合わせ方式などとなります。

また、安定化機構により分類すると、出力量を常時基準電圧と比較し、変動があればただち

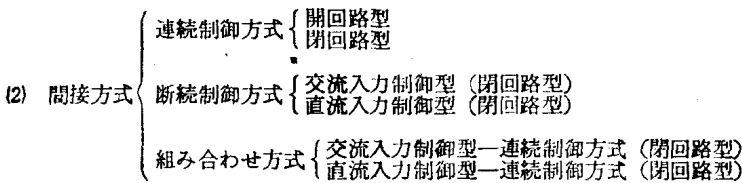


に制御系に帰還して安定化をはかるものと、安定化電圧によって制御系を駆動し、出力側からの帰還路なしで安定化するものとの2種となり、前者を閉回路型、後者を開回路型と呼ぶことにします。

連続制御方式には開回路型と閉回路型の2種があり、また断続制御方式、および組み合わせ方式はすべて閉回路型となります。

以上、定電圧電源の各方式について分類すると次のようになります。

(1) 直接方式 基本回路



〈図1-4 連続制御方式定電圧電源〉

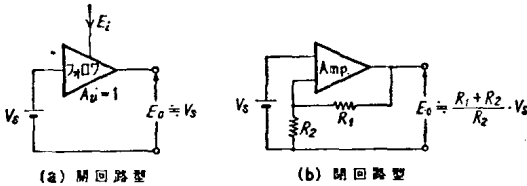


図1-4は連続制御方式の構成図を示したもので、まず開回路型は同図(a)に示すようにフォロウ増幅器の入力に安定化電圧  $V_s$  を与えて、その出力から一定電圧  $E_o$  を得ようというものです。

次に閉回路型は同図(b)に示すように、増幅器の入力に安定化電圧  $V_s$  を与え、これを基準電圧とし、一方出力電圧  $E_o$  を帰還回路  $R_1, R_2$  を通して入力側に戻し、基準電圧と比較してこれら両者の関係が  $V_s = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_o$  となるように増幅器が動作し、電源  $E_i$  および負荷電流  $I_o$  が変動しても、常に一定の出力電圧  $E_o = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_s$  が得られるもので、安定度および出力容量などから、広範囲に使用されています。したがって、本書では主として、この連続制御方式—閉回路型について以後の章で詳細に述べることにします。

〈図1-5 断続制御方式定電圧電源〉

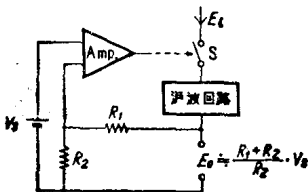


図1-5は断続制御方式のうちの直流入力型の構成図を示したもので、制御回路にスイッチ  $S$  とその後に ripple 回路を装備しておき、出力量を断続的に制御することにより、制御回路の損失を低減させるものです。この方式は大容量の場合に採用されるもので、機構上から安定度を上げることはできません。したがって、高安定を要する場合には、この方式にさらに連続制御方式を後続させる