

定電壓整流回路

野 村 民 也

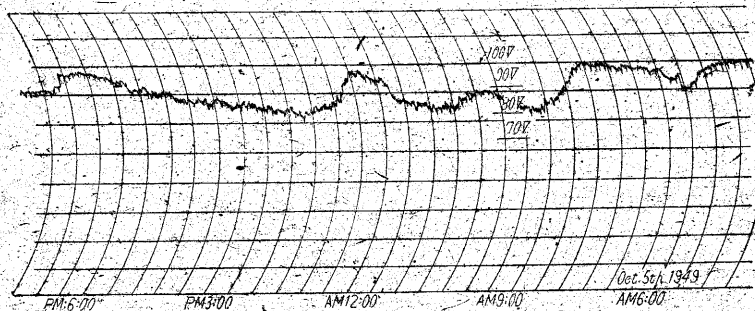
整流電源の安定装置は、種々の分野に要求が多い。ここでは實用性を主として、その原理、特性、設計等について、簡易、平明な解説を試みた。

1. 緒 言

工業または工學上の種々な測定において、電氣を媒介とする方法が、近來ますます廣く利用されている。測定原理が零位法に基づく場合や、被測定量が直接容易に觀測できる電氣量に變換される場合（例えば熱電對による溫度測定）等をのぞいては、こうした測定に使われる電氣装置の電源の安定性が、程度の差こそあれ問題になることが多い。

一口に電源の安定といつても、その内容はそれぞれ要求に応じて、かなり廣いものがあるが、ここでは對象を數十ワット以下の直流電源にかぎることとする。この種の電源として安定性が特に要求される場合には、鉛蓄電池が使われているが、種々の點で現場向きでない。そこで商用電源を整流し、その變動を適當な手段で抑制したいわゆる安定化電源が必要になつてくる。

第 1 圖は生研で記録した商用電源電壓の變動を示している。少々古いデータで恐縮であるが、その後でも大體



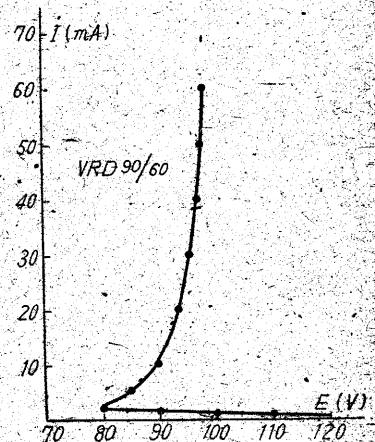
第 1 圖

の様相は變つていない。すなわち、夜間相當高かつた電壓が、7時半頃各方面の操業開始による負荷の増大と共に低下し、晝休を明瞭に示しつつ、4~5 時頃の作業停止に伴つて再び上昇して行く。この間、數分の間隔において電壓がピクンピクンと下つているのは、生研内の給水ポンプモーターが、始動して回転數が定常に達する間、極めて大きな電流をとることに基づく擾亂である。この種の擾亂は工場等ではもつとばげしいと思われるがともかく電源電壓がかなり變動するものであることを見ていただきたい。

整流回路の出力はほぼ電源電壓に比例するが、この變動の抑制には、安定作用を有する素子を用いその能力に頼る場合——定電壓放電管による方法——と、變動分を検出し、これによつて自動的に制御素子を制御して、それで安定化を圖る場合——電子管式安定化電源——とがある。本稿ではそれぞれについて大略の解説と、特に後者ではその設計方法に關して少しばかりくわしく述べたいと思う。なお、内容において極く原理的な面は、前に本誌に發表したので（第 3 卷第 4 號、1951 年 4 月號、164 頁）省略するが、對照して讀んでいただければ幸である。

2. 定電壓放電管による安定化

定電壓放電管による安定作用は二つに分けて考えられる。すなわち、一は電源電壓變動に對し出力電壓の變動を抑制することであり、他は負荷電流の變化に基づく出力電壓の變動を抑制することである。定電壓放電管については、その特性、使用法に關して記述も多く、今さら改めて多言も要しないと思われるので、ここでは二、三



第 2 圖

注意すべき點を述べることとする。

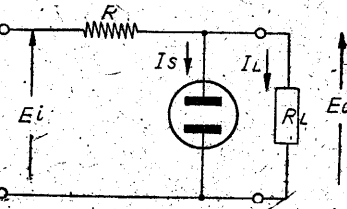
定電壓放電管はよく知られているように、動作範圍

で第 2 圖のような特性をもっている。特性の曲りを無視すれば、等價回路は第 3 圖で與えられ、 r は放電管の内部抵抗である。この r が小さい程、すなわち、動作範圍内における電壓變化が小さい程、優秀な安定作用を営みうることは、書をまたない。

定電圧放電管を電源に接続する場合、放電管に流れる電流を適宜に制限するため、安定抵抗を必要とする。第4圖のRがそれである。安定化の目安として、入力電圧 E_i の變化率 $\Delta E_i/E_i$ と、出力電圧 E_o の變化率 $\Delta E_o/E_o$ の比を S とし、これを安定比とよぶ。第4圖について S を求めると、

$$S = \frac{\Delta E_i}{\Delta E_o} \cdot \frac{E_o}{E_i} = 1 + \frac{R}{r} \cdot \frac{E_s}{E_i} \quad (1)$$

S が大きい程安定であり、(1)式から分るように、 r が小さい程良好な特性を興える。 R を大きくするに従つて S は大きくはなるが、同時に E_i も大きくなるので、あまり大きな値にすることは意味がない。

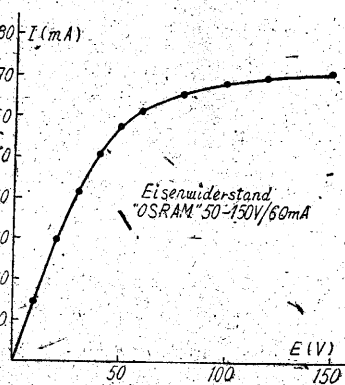


第4圖

負荷電流が増せば放電管を流れる電流が減り、負荷電流が減ると逆に増す。結局、両者の和はほぼ一定となり、負荷の變動による出力電圧の變動が抑制される。したがつて、負荷電流の可變範圍は、放電管の許容電流變化範圍(通常 30~50 mA)を超えることはできない。一方、負荷の状態一定であれば、負荷電流の大小にかかわらず、 $R \times \Delta I_s$ (ΔI_s は放電管の許容電流變化範圍)におたる電源電圧變化の抑制ができる。しかし、負荷電流が大きい場合には、電壓降下が大きくなつて能率を害するため、あまり大きい安定抵抗 R を使うことができないので、勢い R が小さくなり、良好な安定作用がえられなくなることが多い。このような時には、 R として定電流特性を有する非直線素子を用いるのが有利である。定電流素子は、電壓降下が小さく、しかも等價的に大きな抵抗を示すから(1)式で、 E_i があまり増大せずに、

等價的に R が大きくなるのである。

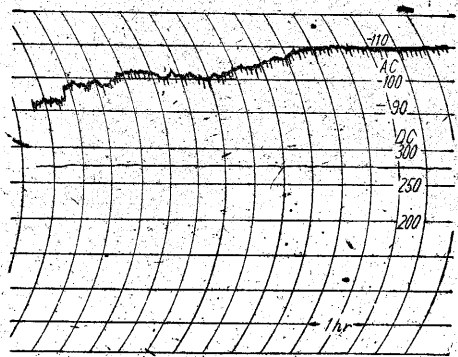
第5圖は“OSRAM”バラスト抵抗管の特性で、かなり優秀な特性をもっている。普通の整流回路に、このバラスト抵抗と定電圧放電管を接続し、出力電圧を記録した結果が



第5圖



第3圖



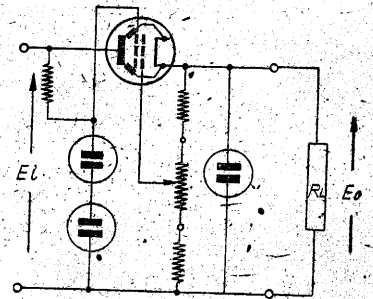
第6圖 電源の電壓變動と出力の變動

第6圖である。交流側の電圧變動は約 $\pm 10\%$ であるが、これに對し出力電圧の變動は約 $\pm 0.4\%$ であり、目的によつては十分實用性がある。

上述のバラスト抵抗管の特性は相當優秀であるが、缺點もいくつかある。第一に熱作用に基ずいているので、應動に時間遅れのあること、第二に負荷電流がバラスト管の定格値で制限されることである。

バラスト抵抗管

の代りに、第7圖のように五極管の定電流特性を利用すれば、ほぼ同様の結果となる。負荷の大小に應じ、格子回路のポテンシオメータを加減する。807 を使つた一例では、安定



第7圖

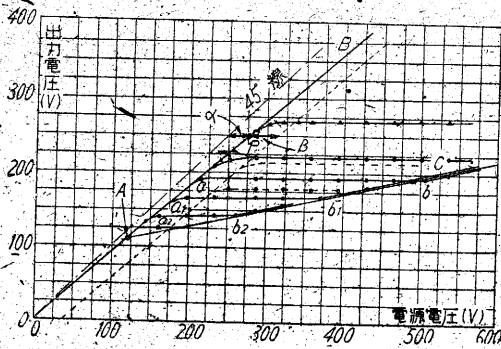
比約 24。ほぼ前述のバラスト抵抗管と同程度の安定度がえられ、かつ、その缺點が克服されている。

放電管によつては、定常的な動作條件の下でも、暈光が不安定にチラツクものがある。チラツキに伴つて電圧が變動し、増幅器の電源等に用いた場合には雑音源になりやすい。わが國の製品には残念ながらチラツクものも多く、この種のものの使用はさけた方がよい。わが國の放電管は普通同心圓筒電極配置で、内電極を負側として使うよう指定されている。この正常の極性でチラツクものでも、極性を逆にすると、定格電圧は變るが、チラツキの消えるものが少くない。目的によつては一度驗めされることをおすすめする。

放電管に側路用蓄電器を接続すると、時に相當高い周波數の異常發振をおこすことがある。並列容量の大きさをあまり大きくしない方が安全である。

放電管の端子電圧は種々の條件で變化する。電流が小さい時には電極上の放電部位が不連続的に移動し、0.1~0.5 V 内外の變動をもたらす。また温度變化により電圧

第8圖の回路について、負荷をかけずに電源電圧、すなわち、 E_s を變化し、それに對する出力電壓 E_0 の特性を求めると、一般に第9圖の實線に示すような結果になる。電源電壓が低い間は、定電壓放電管によつて一定の



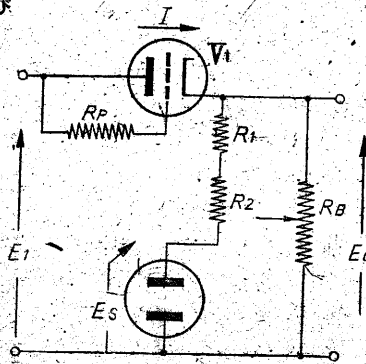
第 9 圖

電位に固定されている陰極に對し、格子電位は相當低く V_2 はカット・オフの状態にあつて安定作用は行われな。a 點に至つてようやく V_2 が動作するようになり、それと共に安定作用が初まり、出力電壓はほぼ一定に保たれる。さらに電源電壓を高くすると、遂には再び安定作用を失ふことになるが、この状態が bc で示される。 ab 間がこの安定回路の安定動作範囲であり、その電壓は V_{R1} の調整により變化する。それに對する一連の特性は、 $a_1b_1c_1, a_2b_2c_2$ 等であるが、いずれの場合でも、安定化の範囲外はほぼ OB, AC の二直線上にある。この二直線に挿まれた部分が安定化の行われる範囲を與えるのである。出力側から一定の電流を負荷に供給している場合には、圖中に點線で示すように、曲線群がある値だけ右に平行移動した結果になる。従つて、あらかじめ何らかの方法で OB, AC および負荷電流による平行移動量を求めれば、要求される出力電壓に應じて、電源電壓のどの範囲の變化が安定化されるかが決定でき、これによつて豫想される線路電壓の變化を考慮して、整流回路の出力電壓(したがつて電源變壓器の定格)や、一つの整流回路に對する出力の可變範圍等、設計上必要な諸量が一目にして明かになる譯である。

(a) OB および

平行移動量の決定

前述の通り OB の上では V_2 はカット・オフの状態にある。この場合回路は第10圖に示すようになり、 R_p が高いので、 V_1 はほとんど零バイアスで動作することになる。し



第 10 圖

かして出力電壓は電源電壓から、 V_1 による電壓降下を差引いた値である。 V_1 を通る電流は、放電管に流れる電流と、ブリーダ電流の和であり、出力電壓の適當な値を E_0 (第9圖では 250V にえらんでいる) とすると、

$$I = \frac{E_0 - E_s}{R_1 + R_2} + \frac{E_0}{R_B} \quad (2)$$

E_s : 放電管電壓 R_B : ブリーダ抵抗

V_1 の特性曲線から、零バイアスで I が流れる時の陽極電壓を求めると、それが V_1 による電壓降下である。第9圖に示すように、原點から引いた45°の直線(圖中鎖線)に對しこの値(圖では α であらわしている)を右にとれば P 點が決り、この點と原點とを結ぶ直線が OB となる。負荷に電流 I_L が流れると、その分に相當するだけ電壓降下が増し、その増加分(圖の β) が平行移動量になることは明かである。もし V_1 として同種の真空管を n 本並列に使つてゐる場合には、一本當りの電流を全體の $1/n$ とする。

(b) AC の決定

第8圖について各部の電壓、電流を圖示の通りとし、矢印はその正方向をあらわすものとすれば、次の關係が成立する。

$$\begin{cases} E_i - E_0 = E_{p1} & (3) \\ E_{p2} = E_0 - E_s - E_{g1} & (4) \end{cases}$$

前述の通り電源電壓の増加に伴い、 V_1 のバイアスが深くなり (E_{g1} が增大する) 安定化が行われ、 E_0 がほぼ一定に保たれる譯であるが、(2) 式からわかるように E_{g1} がある程度大きくなると E_{p2} 、すなわち V_2 の陽極電壓が極めて小さくなる。このような状態では、 V_2 は増幅管として働かなくなる譯で、これが第9圖で b 點に至つて安定作用を失う理由である。

今 AC を決定するに當り假定をおく。第1に b 點では $E_{p2} = 0$ とする。第2に無負荷の時には、 V_1 を通る電流は小さいとして無視する。第3に V_1 の静特性を直線的であるとする。すなわち、 $I_{p1} = K(E_{p1} - \mu E_{g1})$ 。ただし μ は V_1 の動作點がカット・オフに近いことを考慮して普通の A 級に對する値より一割程小さい値をとる。以上は一見相當な假定のようであるが、 AC の傾斜と V_1 の増幅率が小さいため、これらにもとづく計算結果は、實測とかなりよく合う。その上、このような計算は安定化の嚴密な限界を求めるためのものではなく、そのおよその範圍が決まればよいので、むしろ簡単な方をよしとするわけである。

b 點における電源電壓を $E_{i \max}$ とする。假定2及び3から $E_{p1} = \mu E_{g1}$ 、これと假定1とから (3)、(4) 式を變形すれば、

$$\begin{cases} E_{i \max} = E_0 + \mu E_{g1} & (5) \\ E_{g1} = E_0 - E_s & (6) \end{cases}$$

E_{g1} を消去して

$$E_0 = \frac{1}{1+\mu} (E_{imax} + \mu E_s) \quad (7)$$

(7) 式が AC をあらわす方程式である。

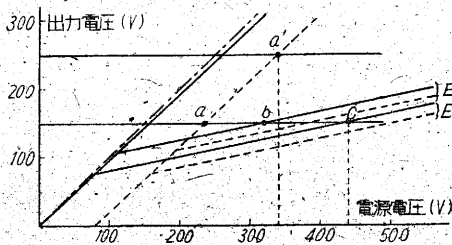
【例題】 出力電圧：150~250 V

電流：0~150 mA

直列制御管：2A3

以上に適する電源変圧器その他を決定する。ただし線路電圧の變動範囲は $\pm 10\%$ とする。

2A3 の電流容量は一本當り 100 mA 程度であるから 2 本並列にすれば十分である。簡単のため放電管およびブリーダー抵抗に流れる電流を 15 mA (250 V に對して) とすると、電壓降下は約 10 V となる。放電管として 105 V のものを使うとして、 $\mu=3.8$ とすれば全負荷に對する平行移動量を約 80 V として、第 11 圖がえら



第 11 圖

れる。全負荷に對し低すぎず、無負荷に對して高すぎないことを考慮すれば、電源電圧は、出力電圧 150 V の時 ab 間にあり、250 V の時 a' 以上でなければならない。圖で明かなように、兩者に共通部分がないからこの場合は要求を充たしえない。放電管として 75 V のものを使うと、出力 150 V に對する範囲は ac と前に比して廣くなり、250 V に對する要求と共通部分がある。線路電圧の變動を考慮し、かつ、能率の點でなるべく電源電圧の低いことがよいことを念頭におくと、390 V が適當である。

以上のようにして整流回路の出力電圧が決まると、これに基いて電源變壓器の定格が定まる。整流方式としては容量入力型が電圧が高くて有利であるが、一方その電壓變動が無負荷と全負荷に對し、約 100 V 位あることを考えると、この場合は不適當である。塞流線輸入力型であれば、電壓變動は 30 V 位で使用にたえる。整流管は負荷の大きさから見て 5Z3 で十分であり、そのデータから、電源變壓器の電圧が 490 V と決定される。

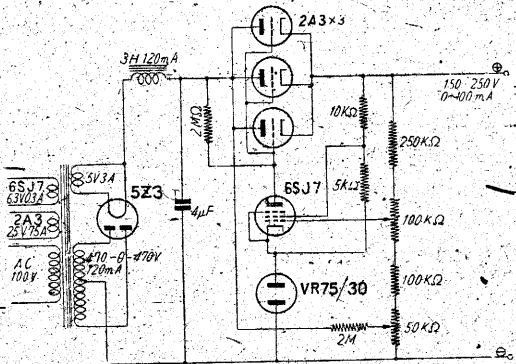
R_3, VR_2 は補償用であり、その決定はブリーダー抵抗と關連して實驗にまつべきであるが、 R_3 として 1~2 M Ω , VR_2 として 50 k Ω 内外を使えば大體の要求は充たせる。 VR_2 の摺動子を一杯にあげて、なお補償が十分でない時には、 R_3 を二つに分けてその一部を VR_2 の下に入れるか、 R_3 を小さくすればよい。定電壓放電管

に流れる電流は (2) 式第 1 項に示すように出力電壓 E_0 によつて變化する。 R_1, R_2 の和は、要求される最低出力電壓のとき、放電管に 5~10 mA 流れ、最高出力電壓に對しても、その許容電流以内に収まるように決める。 R_1 と R_2 の比は V_2 の増幅度に關係し、内部抵抗に影響をもつから實驗的に決めるのがよい。この安定回路は放電管の電壓を規準とするから、その變動はそのまま出力電壓の變動をもたらす。前述の放電管に關する事項に留意し十分に安定なものをえらぶ必要がある。長時間安定度は、放電管特性および増幅管特性變化にもとづく出力變化が支配的である。第 12 圖は動作記録の一例で、總合



第 12 圖

して 0.2% 程度の安定度がえられているが、この程度がこの安定回路として期待できる限度かと思う。なお、整流回路までふくめた回路の一例を参考のためかかかけておく。(第 13 圖) この場合特に内部抵抗を低める意味で 2A3 を 3 本並列にしている。



第 13 圖

4. 結 語

實用的な面を主として電壓安定回路を解説したが、要をつくしえなかつたことを恐れる。電子管式については細かい點は發表も多いことと省略したが必要な方は文献を参照していただきたい。なお、この稿を草するに當り、色々御鞭達いただいた星谷教授、並びに實驗を擔當された大野保、青木英雄、中村純介の諸君に厚く感謝の意を表する次第である。(26.9.22 受)

文 献

- (1) Hunt & Hickmann: RSI, vol. 10-1, Jan. 1939, pp. 6-21.
- (2) MIT Lab. Lab. Series: vol. 11, McGraw Hill.
- (3) MIT Lab. Lab. Series: vol. 21, Part III, pp. 493-567, McGraw Hill.