

ロケット搭載電子機器のB電源用トランジスタ D.C. コンバータ

高木 昇・石橋泰雄・松山 宏

1. 緒言

ロケット用電源として具備すべき条件のうち軽量、小型は特に望ましいところである。これを満すものとして、銀電池がA電源〔ヒータ電源〕として適しており、これを将来カップ型ロケットに使用する予定であることは、すでに報告した¹⁾。

次に軽量小型なB電源〔プレート電源〕用として

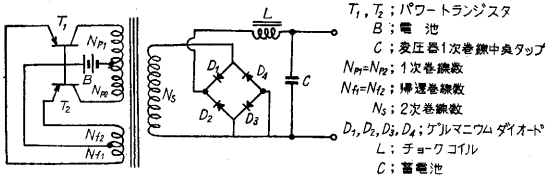
(1) B_1 〔1次 6V 2次 200V 50mA〕

(2) B_2 〔1次 6V 2次 120V 80mA〕

を試作したこともすでに述べたが²⁾、ここには、この回路を製作するための簡単な設計方針を述べる。

2. 回路および動作

第1図に示すごとく、2個のトランジスタを、それぞれ中点タップを有する1次巻線および帰還巻線に、ベース接地方式でプッシュプルに接続し、その電源には6Vの蓄電池〔ロケット用には銀電池〕を使用した。1次側の両巻線でスイッチング回路を形成し、低周波の発振をさせ、2次巻線で昇圧後、ゲルマニウム・ダイオード整流器と平滑回路を経て負荷に直流を供給する。



第1図

次にこの発振動作を述べると、1次巻線のうち、例えば $T_1-N_{P1}-C$ の回路に僅少な電流が流れ始めると、これを助長促進させるように帰還巻線 N_{F1} により正帰還され、コレクタ抵抗は急激に減少し、したがって、コレクタ電流は飽和状態に達し、電池電圧に近い値の電圧が1次巻線に誘起する。この際、他のトランジスタは負帰還がかかっていることになるので、電流遮断の状態になる。

コレクタが導通状態になると、磁束は、 $e = -n \frac{d\phi}{dt}$ の大いさで、鉄心またはトランジスタが飽和するまで増加し、そして、変圧器の1次電圧は零となり、この回路には逆方向の電流のみ流れ、磁束は消滅し、反対方向に電圧を誘起し、他のトランジスタを励振し、上述の過程を繰り返し、2個のトランジスタは交互にスイッチング作用を行い振動を持続する。

また第1図からもわかるごとく、この回路はB級プッ

シュプル回路を形成しており、変圧器の1次側において直流より短形波交流を発生する能率を、第2図より考えるに

交流に変換された電力

$$W_{AC} = V_P I_C$$

交流に変換するに要する直流電力

$$W_{DC} = V_C I_C$$

$$\text{変換能率 } \eta = \frac{V_P I_C}{V_C I_C'} = \frac{V_P}{V_C}$$

ただし V_P : 1次巻線に誘起する電圧

I_C : 1次巻線に流れる電流

V_C : 電池電圧

$I_C' = I_C + I_{CO}$ I_{CO} : 逆方向飽和電流

そして、 V_P は、

$$V_P = V_C - I_C (r_w + r_i + r_c') \quad (1)$$

ただし r_w : 1次巻線抵抗、 r_i : 電池内部抵抗

r_c' : トランジスタの電流飽和状態におけるコレクタ抵抗

ここで、 I_{CO} と r_w , r_i , r_c' は非常に小なる故、1次の変換能率はほとんど 100% 近くなり、正弦波の 78% に比べて能率がかなりよいことがわかる。

3. 回路の設計

トランジスタ DC・DC コンバータ回路を設計するには、第1図における変圧器の各部の量を適当に選定して、高能率で電気エネルギーを変換する変圧器を設計することであり、以下その概要について述べる。

(1) 設計に要求されるもの

(i) 入力電圧 (電池電圧) $V_i = V_C$

(ii) 出力電圧 V_o

(iii) 出力電流 I_o

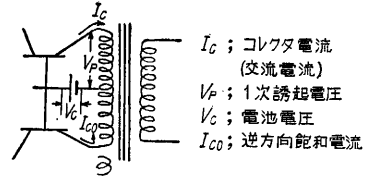
(2) 設計者の決めるもの

(i) 動作周波数 f (ii) 鉄心材料

(iii) 1次巻線数 N_P (iv) 2次巻線数 N_S

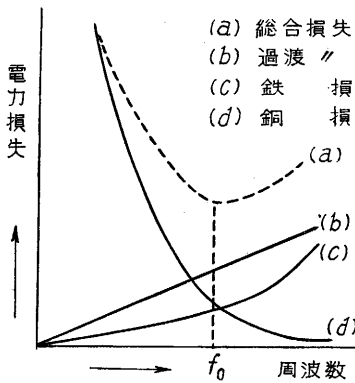
(v) 帰還巻線数 N_F

(i) 動作周波数 動作周波数を適当な値に選ぶことは、コンバータ回路の能率向上および、トランジスタの消費電力を少なくする上からも、極めて大切なことである。回路各部の占める損失のうち、周波数と共に増加するも



第2図

のと減少するものに分けると第 3 図のごとくなる。
すなわち、ある周波数 f_0 において損失は最小となる



第 3 図

が、一方トランジスタの同一消費電力のもとにおいて、大出力を得たい時は、動作周波数を f_0 よりかなり低くえらばなければならない³⁾。第 3 図からもわかるように銅損が、かなり増加するために、適

当に勘案して f_0 より低い値を選ぶことが必要である。

実際の動作状態を考えて見るに、われわれの場合には、動作後時間の経過と共に電池電圧が低くなり、これはまた、後述のごとく周波数を変動させるので、さ程正確な値を選ぶ必要はない。

二、三の文献^{4),5)}にみられる D.C. コンバータでは、それぞれ 100 cps [250W] 1 kc [2W] に選んである。本回路では 500~600 cps の値を採った。

(ii) 鉄心 動作周波数の値により、使用鉄心の材質を考えなければならない。小出力で比較的出力電圧の高い回路では、動作周波数を高く採るべきであり、それ故渦流損を減少せしめるためにフェライト材を、また比較的大出力のものでは動作周波数を低く選ぶため、導磁率の高い材質のものを使用する。

米国の例では大出力のものにあつては、デルターマックスやハイパーシルの環状鉄心を用いている。

本回路では、軽量であること、および導磁率もさ程小でない T.D.K. の H_1 材 (E-I 60) を使用した。

(iii) 1 次巻線数 N_p 今 1 次巻線の抵抗を無視すれば、

$$L_p = k \frac{V_1}{i_1} t = k \frac{V_1^2}{P_1} \cdot \frac{1}{f} = k \frac{\eta V_1^2}{P_0} \cdot \frac{1}{f} \quad (2)$$

ただし L_p : 1 次

インダクタンス

V_1 : 電池電圧 (V_c)

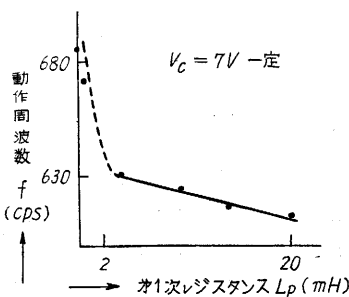
I_1 : 1 次電流 (I_c)

P_1 : 1 次直流電力

P_0 : 2 次直流電力

f : 動作周波数

k : 回路および磁気材料によって定まる定数



第 4 図

η : 能率

この式から逆に f と他の量との関係を調べると、ある範囲内においては、 f は L_p および P_0 に逆比例し、 V_1 の 2 乗に比例する。この関係を第 4, 5, 6 図に示す。したがって (2) 式もまた近似的に成立することが確かめられた。

L_p が決まれば、 $L_p = \frac{\mu S N_p^2}{l}$

より 1 次巻線の巻数 N_p が求まる。

ただし、

μ : 使用磁気材料の導磁率

S : 使用磁気材料の断面積

l : 使用磁気材料の磁気回路長

(iv) 2 次巻

線数 N_s 2 次巻線数は通常の変圧器と同様、次式で決まる。

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{V_0 + I_s r_s + V_r}{V_p} \quad (3)$$

ただし V_r : 整流器順方向電圧降下

r_s : 2 次巻線抵抗

(v) 帰還巻線数 N_f N_p が決まると、 N_f は、 $(N_p / N_f) = (V_1 / V_0)$ より定まる。ただし V_0 はベース-エミッタ間の電圧で第 7 図より判るように、1 次電流 I_1 (コレクタ電流 I_c) を流すに要する、エミッタ、バイアス電圧で、トランジスタによって決まる。

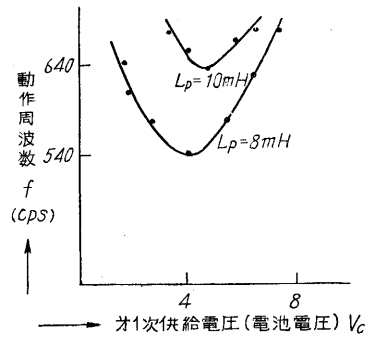
ここで (1) 式の関係を用いて、 N_f を表わすと、

$$N_f = \frac{V_e \times N_p}{V_i - I_1 (r_w + r_i + r_c)} \quad (4)$$

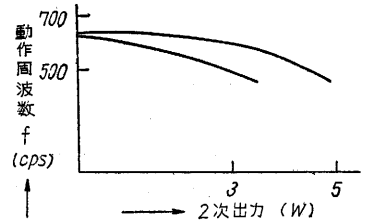
となり、帰還巻線数 N_f が求められる。

4. 回路に使用する部品

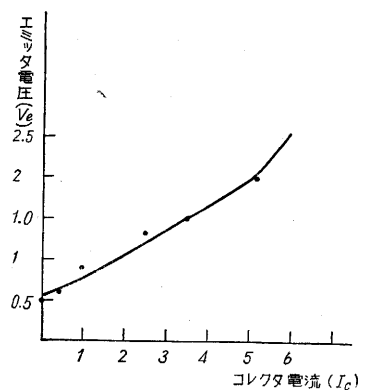
(I) トランジスタ スイッチング作用をする時、導



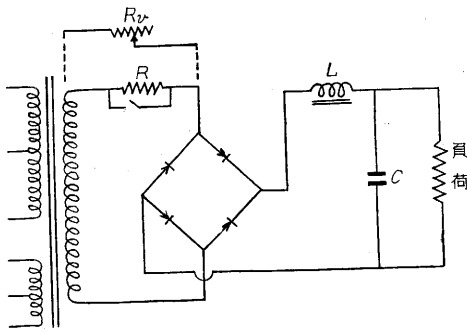
第 5 図



第 6 図



第 7 図



第 8 図

通状態におけるコレクタ抵抗は、なるべく低いことが望ましく、これが大きいとトランジスタのコレクタにおける電力消費が大となり、スイッチング能力を減少する。

また非導通状態におけるコレクタ抵抗が大なること、および正孔蓄積効果のすくないことが望ましい。

(2) 整流器 D.C.コンバータに使用する整流器は、非常に高压でない限り接合型ゲルマニウム・ダイオード

れるような可変抵抗器 R_v を挿入し、発振後、この抵抗を減少せしめ、全負荷を掛けるようにすべきであるが、ロケット搭載のものでは、飛しょう中の機械的衝撃による接点などの故障を考慮して、固定抵抗を使用し、発振後短絡することにした。

5. 試作回路の結果

上述のごとき設計方針で設計した、ロケット搭載用 D.C コンバータの結果を第 1 表に示す。

6. その他 (エミッタ接地接続にした場合)

本回路はベース接地接続であったが、エミッタ接地接続でも、ほとんど同様の結果が得られたが、ロケット搭載の目的より温度変化に対し割合に安定なベース接地型回路を使用したのである。

7. 結 言

ここにおいて述べた、トランジスタ D.C. コンバータは、当研究所における観測用ロケットに搭載する電子機器の B 電源用として使用することを目的としたもので、前報²⁾にも述べたごとく、電源に銀電池を併せ用いるこ

第 1 表

用途	1次供給電圧 E_1 (V)	1次供給電流 I_1 (A)	1次供給電力 P_1 (W)	2次出力電圧 E_2 (V)	2次出力電流 I_2 (mA)	2次出力電力 P_2 (W)	能率 η (%)	動作周波数 f (c/s)	1次巻線数 N_p (T)	帰還巻線数 N_r (T)	2次巻線数 N_s (T)
1 B_1	6	2.6	15.5	200	50	10	65	500	40	9	1400
2 B_2	6	2.5	15.0	120	80	9.6	64	600	35	8	750
3 B_2	6	1.5	9.0	125	54	6.5	73	540	40	6	900

を使用する。これは従来の乾式整流器に比して、順方向の抵抗が低く、逆方向の抵抗が高く、(筆者らの使用したものは 1 素子で 500V 500mA である) 整流能率が良好なためである。

(3) 平滑回路 交流出力電圧波形は、陰極線オシロスコープによる写真に見られるごとく²⁾、ほぼ矩形波であるため、平滑回路は簡単でよく、所要の負荷に対して $L=1\text{H}$, $C=5\mu\text{F}$ のチョークインプット回路で脈流はほとんどない。

また全負荷状態にては発振困難のため、第 8 図に見ら

とにより、従来の塩化銀電池に比べて、軽量小型の目的に近づいたものと思う。(1957.9.18)

文 献

- (1) 高木・石橋：生産研究，9，232 (1957-4)
- (2) 高木・石橋・松山：生産研究，9，330~331 (1957-8)
- (3) Light, Hooker：P.I.E.E, 102, 778.
- (4) Uchrin：I.R.E. 44, 261~262.
- (5) Cohen, Areny：electronics, 30, 144~147.

秋 田 の 美 術

去る 9 月中旬、ロケット観測特別委員会委員長の兼重寛九郎博士、本所の谷安正所長、元東大教授菱川万三郎博士がカップIV型機の飛しょう視察のため秋田市へ来られたが、ぎっしりつまった日程の余暇に同市で有名な「平野コレクション」を見せていただくことになった。

当主の平野政吉氏は不在であったが、ご令息の懇切な案内で、日本の古い仏像、浮世絵、明治時代の油絵、20世紀初期のヨーロッパの名品の数々を居ながらにして座敷で楽しまれ、最後には、藤田嗣治画伯の大壁画を褪色をさけるためか、採光のない古い倉庫の中で、ローソクをともしつつ観賞されるなど、思わぬところで美術の秋が出現したのであった。

たまたま、貴重な美術品が平野家に集中したまま、火災その他についての保護施設が十分に考慮されていないことに話がおよんだが、そんな問題の解決も、自然科学と人文科学の相互の理解と協力による基本線から出発してこそ、スムーズに行くことがらではないだろうかと——も考えたのであった。(32.10.25 H.M.)