

IIS-TM 3 型 受 信 装 置

大井克彦・山下不二雄・高橋健一・井上 慎

1. まえがき

I. G. Y. ロケット本観測に使用するために昨年来製作を進めて来たテレメータ受信装置については、すでに報告したように装置の一部はカッパ 128J-T 4 において実用試験を行った。その後、カッパ III 型の飛しょう計画に応じてその完成を急ぎ、III 型 1 号から 3 号の飛しょう実験に実用試験を行い一応の成果を得たので、さきに報告した信号弁別器を除いた本装置について、その概要を報告する。

2. 受信装置の概要

本装置の諸元は第 1 表に示すとおりであり、その構成

第 1 表

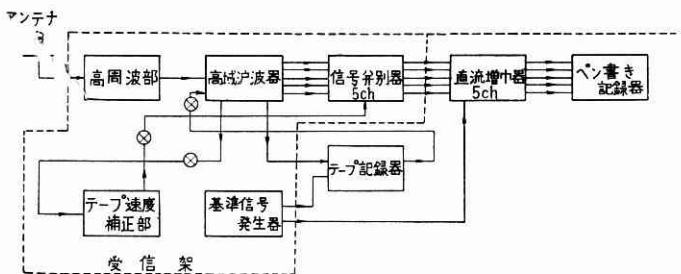
通信方式	FM-FM
受信方式	二重スーパーヘテロダイナ
受信アンテナ利得	約 10db (直線偏波)
搬送周波数	225Mc
受信周波数範囲	210~240Mc
第一中間周波数	34Mc
第二中間周波数	10Mc
帯域幅	約 1.1Mc
雑音指数	約 7 db
リミッタ入力までの最大電圧増幅度	約 120db
信号チャンネル	5 ch
副搬送波中心周波数	2, 390, 3, 000, 3, 900, 5, 400, 7, 350c/s
副搬送波周波数偏移	±7.5%

および動作の概要はすでに報告したとおりであるが、読者の便宜のため受信架、記録架の構成および系統図を第 1~3 図に再録した。受信アンテナはロケットのアンテナが直線偏波であるため、スピンのあっても常に良好な受信レベルを得るために円偏波のヘリカルアンテナを採用している。

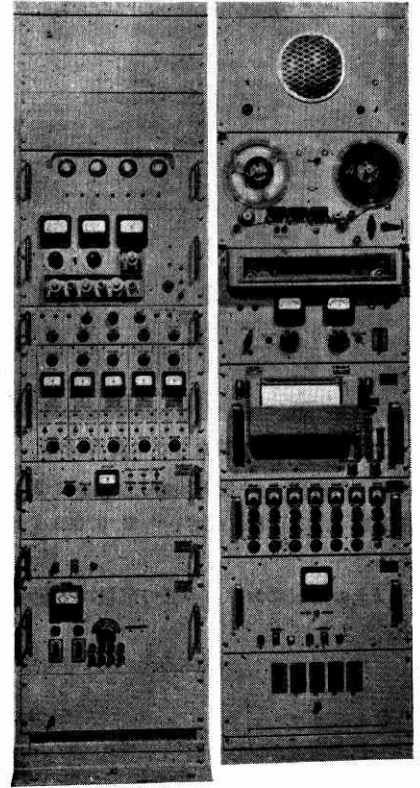
3. 受信アンテナ

受信アンテナは第 4 図の写真および第 5 図に示すごとき構造で、下記のような規格のものである。

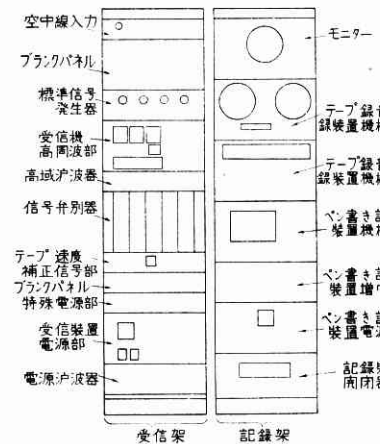
利得	直線偏波に対して 9.8db
指向性	半値角 47°
アキシアルレシオ	1.1
VSWR	215Mc~235Mc で最大 1.6



本ヘリカルアンテナを設計するに当って軸方向輻射のためには、ピッチング α が $10^\circ \sim 20^\circ$ であることが望ましいが α が大きすぎるとヘリックス軸長が長くなるため、帯域を考慮して 13° とした。またヘリックス一巻の長さは約 1 波長程度であるが、直径の大きいほうが軸長(巻数×間隔)が少なくてシャープビームを得るのに適しているが、一般に入力インピーダ



第 1 図 受信架および記録架



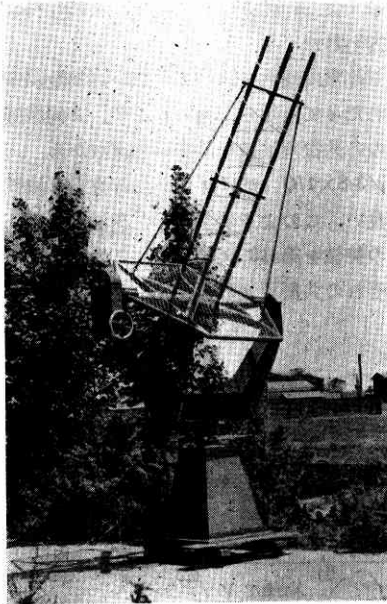
ンスが高くなり整合のステップレシオが高くなるため、1 巻を約 1.1 波長とした。

以下に本ヘリカル構造諸元をあげると

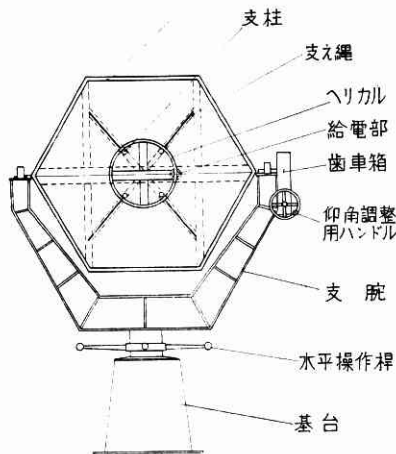
ヘリックス直径	360 mm
間隔	260 "

ヘリックス線径
全軸長
巻 数

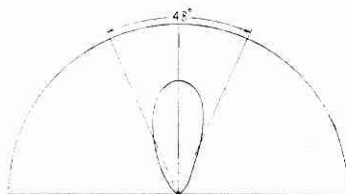
10 mm
1,820 mm
6.5 回



第 4 図 受信ヘリカルアンテナ
反射板



第 5 図 受信アンテナの構造を及ぼさないことが実験上確かめられた。第 6 図、第 7 図は本アンテナについて求めた指向特性、および 50 Ω 同軸ケーブルに対する電圧定在波



第 6 図 指向性 (電力)

となり、入力インピーダンス約 $115\Omega + j52\Omega$ であり、これを約 $1/4$ 波長の同軸整合用トランスにより 50Ω に変換している。

この場合普通に行われているようにヘリックスの中央部から饋電する方法では、ヘリックスの立上りの部分が入力インピーダンスに大きく影響するので、本アンテナではヘリックスが自然の巻き方で反射板に接する点において饋電する方法をとったが、この方法は簡単でしかもインピーダンスおよび指向性に悪影響

比の周波数特性である。

本アンテナの操作はすべて手動になっており、その変化範囲は方位角 360° 、迎角は 180° 可変である。

4. 高周波部

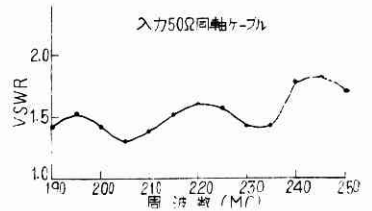
(1) 概要

高周波部の設計に際して特に考慮した点は、総合の帯域幅および S/N の問題である。送信

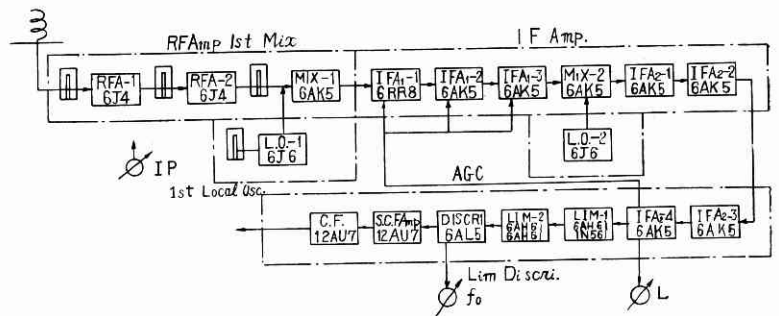
機の中心周波数は、電力増幅段を設けることにより安定になったが、送信機に加わる機械的衝撃または電源電圧の変動等を考えに入れて、受信機の帯域幅は十分な余裕をとって 1.2Mc とした。受信方式は二重スーパーヘテロダイン方式で、第 2 局部発振器のみ水晶制御を行っている。すなわち調整によって第 1 中間周波増幅器以降を完全に固定し、主搬送波増幅器および第 1 局部発振器を適時調整を行って送信機搬送周波数に合わせる。測定時にはほとんど第 1 局部発振器の調整のみで受信可能である。この系統図を第 8 図に示す。

(2) 回路および動作

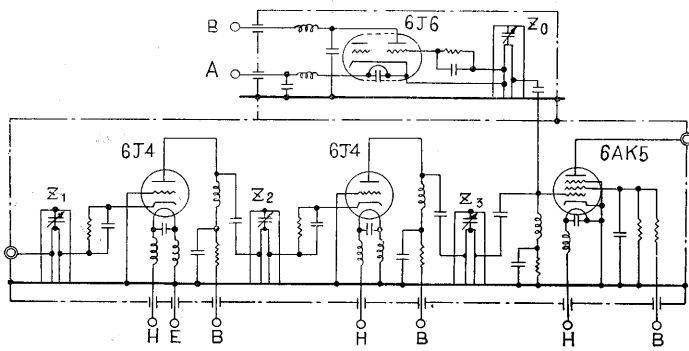
1) 主搬送波増幅部: 第 9 図の主搬送波増幅器は半同軸同調器と高 G_m 三極管 6J4 からなる格子接地増幅 2 段で低雑音回路を形成し、利得は受信周波数範囲で、約 30db である。第 1 局発も上と同種の空洞を使っている。半同軸同調器は小型にするため中心導体の開放端に容量を付加し、これを変化させて同調周波数を調節する。また、同調周波数範囲が広いので、調整を容易にするため、調整ねじの回転ピッチに対して周波数が大体比例するように工夫している。この半同軸同調器は Q が非常に高いということもなく、周波数も安定である。周波数帯域を広くするには端子の位置を開放端に近づけて Q ダンプするか、2 個組み合わせて二重同調型とするか、または、各段の中心周波数をわずか前後させるよう調整する。この回路に使ったものと一般に使われているものとを比較して第 10 図に示す。またこの空洞を使用した



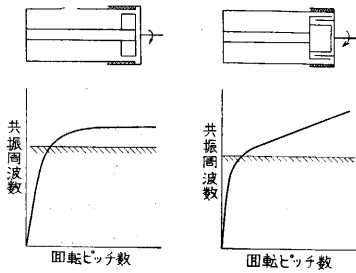
第 7 図 ヘリカルアンテナ入力 VSWR



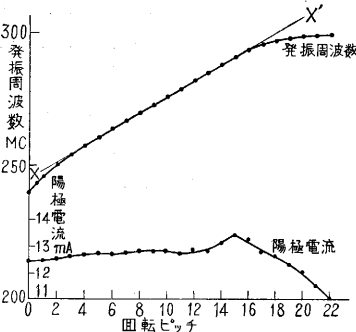
第 8 図 高周波部系統図



第9図 主搬送波増幅器



第10図 半同軸同調器機構による共振特性



第11図 第1局部発振器周波数特性

が6RR8, 次いで6AK5, 2段の計3段増幅を行い、各段ともにAGC電圧が加えられている。第2局発は6J6双三極管の一方をオーバートン24Mc水晶制御の発振回路とし、他の一方は増幅管として作用する。この出力は完全に遮蔽された局発シャーシ内の出力変成コイルで、第2混合管6AK5のカソードに結合している。発振信号入力はカソードに対して約1Vである。第2中間周波はMおよびC結合コイルの二重同調型で、6AK5 4段増幅となっている。前2段と後2段は配置の都合で別のシャーシに別れているが各段とも大体同型の特性をもっている。

3) リミタおよび周波数弁別器: リミタは6AH6を使ったグリッドリーク型2段で、初段は入力端にダイオードを付加して効果を上げた。二段目は2個の同種真

第1局発の周波数特性を第11図に示す。この部分の調整は雑音指数に大きく影響するので、この面からも特に慎重に行った。

2) 中間周波増幅部: 第1中間周波数は34Mc, 第2中間周波数は10Mc, したがって第2局発周波数は24Mcとなる。第1中間周波増幅はQダンブした bifiler 巻変成器による二重同調型で、初段

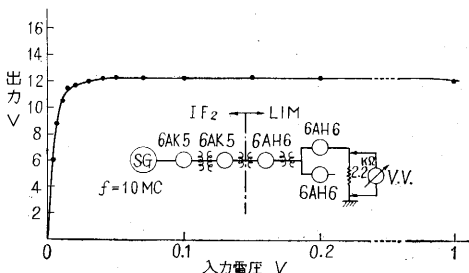
よび11.2Mcとし、ダンブ抵抗はともに5kΩとした第14図は第2中間周波増幅およびリミタを含めた周波数弁別特性である。

副搬送波増幅器は12AU7双三極管の一方で電圧増幅を行い、他方をカソードホロウ出力として使用している。入出力間の利得は約14dbである。周波数特性については各chの副搬送波が等分に変調されるものとして平坦なものとした。

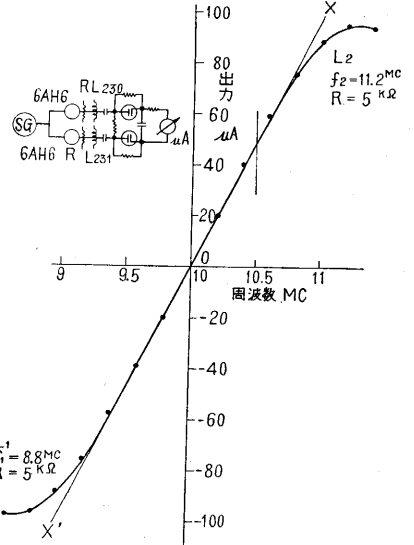
(3) 総合特性: 入力レベル30μV一定
1) 総合周波数特性: 受信信号が中心周波数の時のAGC電圧を電池で置きかえた場合の中間周波最終段出力における特性は第15図に示すとおりである。

空管に同じ入力を与えて対称型周波数弁別器への出力とする。グリッド回路の時定数は0.5μsである。リミタの特性は第12図に示すように大きな出力電圧で平坦な特性が得られた。

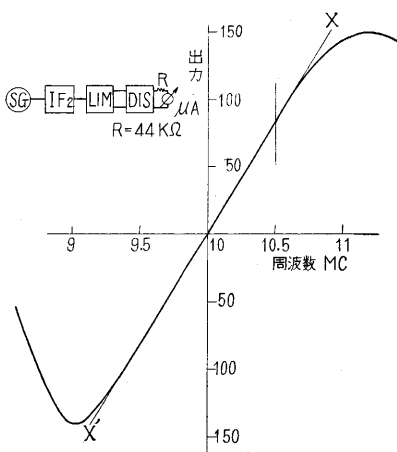
対称型周波数弁別回路は広い周波数範囲にわたって直線性が得られるが、2同調回路の各共振周波数を、中心周波数から $\pm\sqrt{3/8} \times 1/Q$ だけずらせた時最も直線性が良い。このように調整した周波数弁別回路の特性を第13図に示す。この場合、それぞれの共振周波数 f_1, f_2 は8.8Mcお



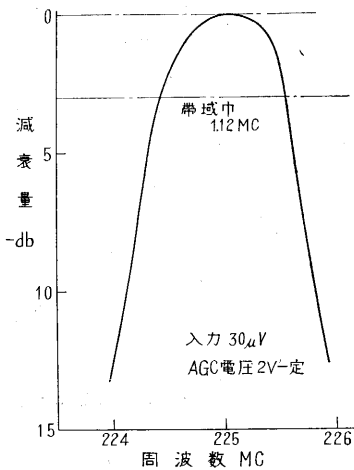
第12図 リミタ回路特性



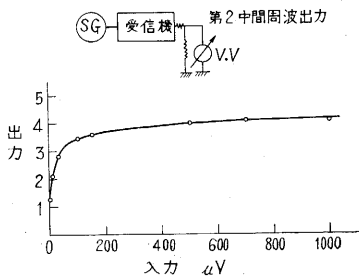
第13図 周波数弁別器特性



第 14 図 中間周波増幅器を含む周波数弁別器の特性



第 15 図 高周波増幅総合周波数特性

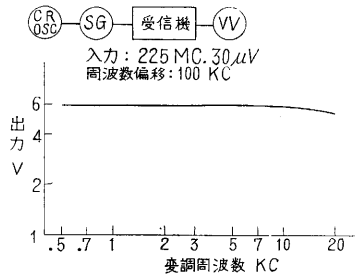


第 16 図 AGC 特性

225Mc, 30 μ V, 周波数偏移 100kc を一定とした時の受信機副搬送波出力の周波数特性を第 17 図に示す。使用範囲について十分平坦な特性をもっている。

5) 周波数偏移に対する副搬送波出力電圧: 主搬送波 225Mc, 30 μ V, 変調周波数 1,000c/s を一定として周波数偏移に対する副搬送波出力特性の直線性は計器の許容誤差以内に入り歪率は非常に少い。

5. 高域濾波器部



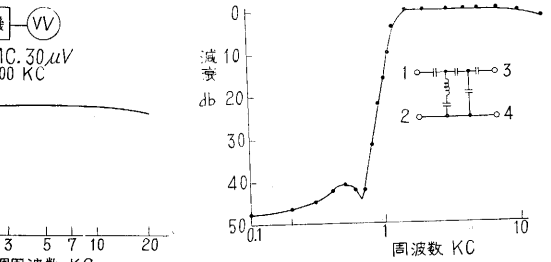
第 17 図 副搬送波出力周波数特性

中心における総合利得は 113db 総合帯域幅は 1.12Mc となった。

2) 雑音指数: SG 法で測定した結果 6.8db であった。

3) AGC 特性: 第 16 図に示す。受信機に与えられた任務として、送受信間距離が至近から超遠まで広範囲であり、したがって入力レベルが激しく変化するのに対応して利得を大きく追従させ、十分な AGC 効果によって異状なく受信できるものとした。

4) 副搬送波出力周波数特性: 主搬送波



第 18 図 高域濾波器特性

この部分の目的は主としてテープ記録の時に副搬送波信号に混入するハム, その他 1,000c/s 以下の不要の雑音を除き, テープ記録の再生におけるテープの速度補正を行うための標準 10kc 信号を副搬送波信号に混合することと, 各 ch. の信号弁別器へ分岐出力を取出すためのものであって, 測定を行う時の各パネルへの接続, および録音再生の切換え制御盤ともなっている。高域濾波器の回路および周波数特性を第 18 図に示す。このパネルの各出力はすべてカソードホロウ出力になっている。

6. テープ速度補正部

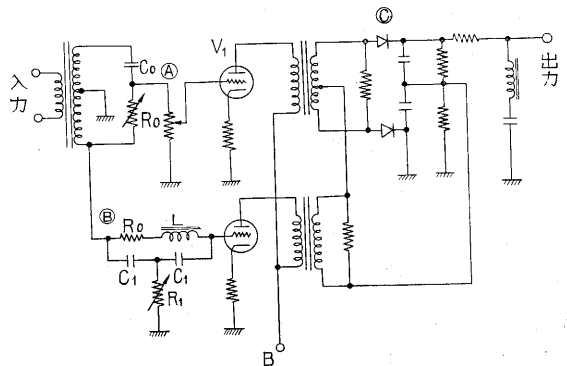
(1) 概要

副搬送波信号と混合して録音した基準の 10kc 信号の再生出力からテープの速度変化に比例した出力を作って信号弁別器出力のテープ速度誤差を補正するための装置である。本装置に使用したテープ記録機の性能はかなり良いものであるが, それでもテープの巻初めと巻終りの間に $\pm 0.5\%$ の速度変化がみられ, また $\pm 0.15\%$ のワウまたはフラッタを生ずる。他に電源の周波数および電圧の変動等により速度変化を生ずる。

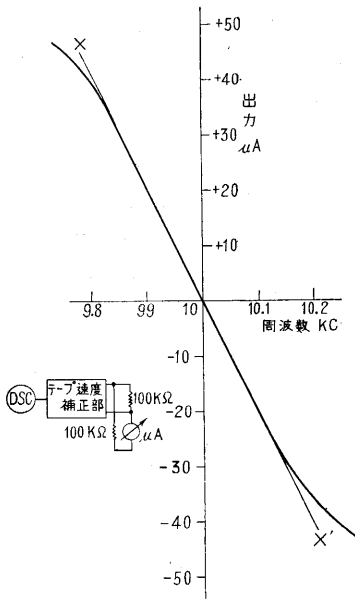
総合した速度変化を $\pm 2\%$ 以下に抑えたとしても, この $\pm 2\%$ を訂正するために信号弁別器の補償特性から要求される補正用出力電圧は $\pm 3V \sim 3.5V$ となり, この弁別回路は感度の非常に高いものが必要になる。

(2) 回路および動作

入力から振幅制限回路までは信号弁別器の方法と同じである。第 19 図はテープの速度補正用信号弁別器の回路



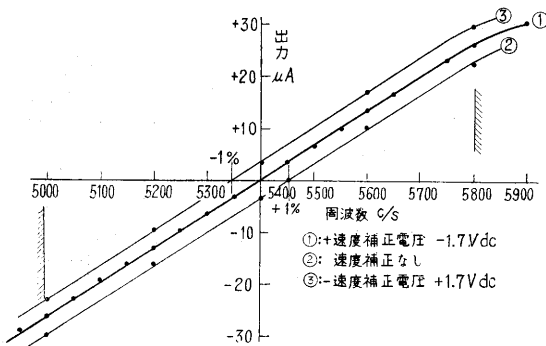
第 19 図 テープ速度補正信号弁別器



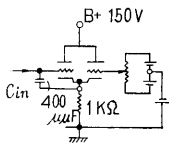
第 20 図 10kc 補正弁別器特性

図である。

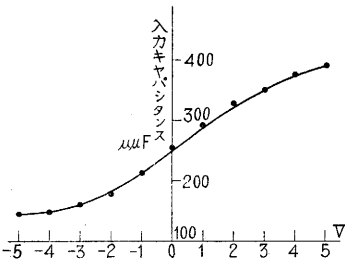
入力変成器に
入力が与えられ
ると、その二次
側の CR 移相回
路により標準信
号の中心周波数
 f_0 の $\pm 2\%$ の
周波数範囲にお
いて 90° 位相の
異った二つの出
力が図の (A) お
よび (B) 回路に
加えられる。(A)
回路では、この
信号を真空管
 V_1 で直ちに増
幅して (C) の平
衡整流回路に、



第 21 図 $\pm 1\%$ 速度補正に対する信号弁別器弁別特性の変化



(B)回路の信号はブリッジ T 回路を経て真空管 V_2 で増幅して (C) の平衡整流回路にプッシュアップで与えられる。ブリッジ T 回路は上記周波数変化に対し $\pm 90^\circ$ の位相推移を与えるので、これにもなると、正または負の電圧が整流回路の出力として発生する。



第 22 図 入力キャパシタンスの変化特性 周波数 1,000c/s 実際の弁別回路の特性を第 20 図に示す。

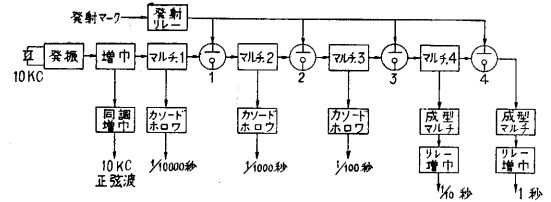
(3) 信号弁別器の速度補正作用

信号弁別器出力の速度補正効果は、第 20 図によればテープ速度変動 1% までにはほとんど完全に補正するが、 2% の場合は直線性が約 8% 下り、結局速度誤差として 0.16% までに補正する。第 21 図は信号弁別器のテープ速度補正効果の一例であって、速度 $\pm 1\%$ 変化に対して必要な $\mp 1.7V$ を電池からとって信号弁別器の弁別特性曲線の偏移を示したものである。第 22 図は補正回路に使用した 6J6 リアクタンス管回路と特性の一例を示す。

7. 基準信号発生器

(1) 概要

テープ速度補正用の基準信号およびデータ記録に際してのタイムマークは、非常に正確であることが必要である。この目的のために周波数 10kc の水晶発振器を信号源として補正用正弦波出力を作り、またマルチバイブレータと計数放電管を交互に組み合わせた周波数降降回路を 4 段使ってタイムマーク用パルス出力を作っている。パルス出力の種類は、周期 1 秒、 $1/10$ 秒、 $1/100$ 秒、および $1/1,000$ 秒等である。その系統図を第 23 図に示す。



第 23 図 標準信号発生器系統図(1~4 は計数放電管)

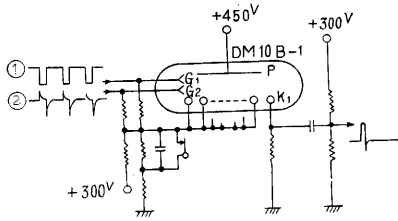
(2) 回路および動作

1) 10kc 水晶発振器: 分割電極水晶振動子による発振回路で 10kc の屈曲型振動子として使っている。

2) 10kc 速度補正用出力: 水晶発振器信号を増幅した出力の一部をとり、グリッド回路に LC 並列共振回路をもつカソードホロワを通して出力としている。出力は 10kc の正弦波信号で最大 6V (rms) の電圧をもっている。

3) 第 1 マルチバイブレータ: カソード結合した双安定型マルチバイブレータ回路でパルスの立上りを急峻にするためのものである。この入力水晶発振器の 10kc 信号を増幅し、リミタを経てほぼ矩形波に近い信号である。出力は 10kc の矩形パルスとなり、双三極管 12AU7 の両プレートから取出し微分して第 1 計数放電管のグリッドに加えられる。

4) 計数放電管回路: 計数放電管回路は第 1 段から第 4 段までほとんど同一形式で、ダブルパルス多出力型計数放電管 DM10B-1 を使用した。この放電管の規格は 20kc まで計数可能である。第 24 図は回路の主要部および大体の信号波形を示す。前段マルチバイブレータの一



第 24 図 計数放電管回路

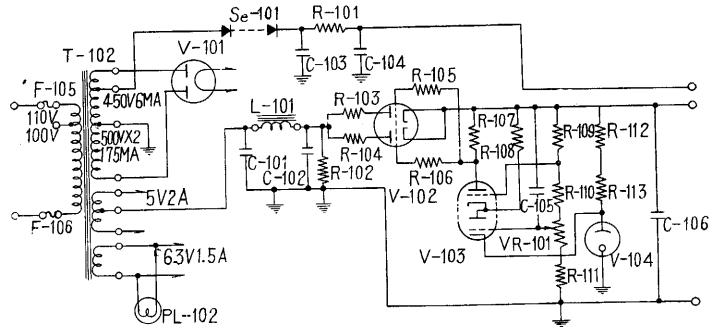
動作に対して、その 2 本の負パルス出力によりプレートの放電はあるカソード K_{i-1} から G_1 , G_2 を経て次のカソード K_i に移る。順次この移動を進め 10 ケのカソードを一周する毎に基点カソードから後段のマルチバイブレータへの出力を取らせれば、パルス数は 1/10 に通降される。

5) 第 2~第 4 マルチバイブレータ：三回路とも同型のカソード結合による単安定型マルチバイブレータ回路で、動作時定数を後段に移るに従って大きくとっている。使用真空管は 12AX7 である。入力計数放電管の基点カソードの正パルスとし、出力は両プレートから正負の矩形パルスをとって、正パルスを微分し、2 本の負パルスを次の計数放電管のグリッド入力とする。

6) パルス成型回路および出力回路：週期の長い 1/10 秒と 1 秒のパルスはペン書き記録のタイムマークとして使用されるが、このタイムマーク用ペンリレーが低インピーダンスで大電流を必要とする。このためふつうのカソードホロワ出力では動作しない。したがって所定パルスでさらに 5) における同型のマルチバイブレータを使って必要な幅の矩形パルスを作り、これを増幅して小型リレーを断続させるようにしている。ここで作られるパルスの幅は 50m sec である。タイムマーク用出力は小型リレーの接点と固有の 12V 直流電源とを組み合わせた回路からとっている。小型リレーは MR-3 型ミニアチュアリレーを使用し、増幅管のプレート回路におかれてある。その他の 1/100 秒、1/1,000 秒のパルスは所定の段のマルチバイブレータのプレートからカソードホロワ

第 2 表 電源の種類および性能

項	電 圧	電流(平均)	電圧変動	制御回路	用 途
1	直流 450 V	3.5 mA	±10% >	なし	標準信号発生器
2	" 300 V	43 "	±1% >	放電管	"
3	" 300 V	165 "	±0.1% >	直列定電圧	上以外の各部
4	" 250 V	25 "	"	"	信号弁別器
5	" 200 V	2.5 "	"	"	テープ速度補正器
6	" 150 V	185 "	"	"	信号弁別器
7	" 12 V	60 "	"	"	高周波部
8	交流 6.5 V	a) 5.5 A	±1% >	なし	標準信号発生器
		b) 2 A	"	一次側で鉄共振型自動電圧	高周波部
		c) 5 A	"	調整器制御	高周波部
		d) 7 A	"	"	高域濾波器
		e) 7 A	"	"	標準信号発生器
					テープ速度補正器
					信号弁別器



第 25 図 電源部定電圧回路

を通して出力としている。

7) 発射マーク：ロケット観測には、データとして発射を基準とした時刻が必要である。標準信号発生器は発射マーク用のリレーを内蔵している、このリレーに外部から電源を接いで装置を動作の基点に戻しておいて、発射と同時に外部回路で電源が遮断され装置が動作を開始する。この方法は各計数放電管の出力を要しない第 2~第 9 のカソードを短絡してバイアスをかけ、基点である第 1 カソードに放電を固定して、発射を待期するようにリレーの接点を使用しているのである。リレーの動作電圧は 12V 必要である。

8) 使用電源：パルス電流が他の装置へ与える影響を考慮して独立した電源を使用した。

直流 450V 3.45mA 300V 43mA 12V 50mA
交流 6.5V 3.6A

8. 電源部

(1) 概要

記録装置を除く受信装置全体に供給する電源を一括して電源部パネルとした。パネルは主電源 1 台と副電源 2 台で構成されている。各電源は交流、直流共ほとんど自動定電圧制御を行って装置の安定化をはかった。電源の種類および性能を第 2 表に示す。

(2) 回路および特性

直流 300V の定電圧回路を一例として第 25 図に示す。使用した真空管は各種で計 21 本となった。

電源部の入力として、交流 100V 50c/s で約 550W を必要とする。

9. 記録架

(1) テープ記録器

1) 概要:

本装置は放送用アナウンスマシンの特にテレメータ記録用として性能の向上をはかったものでその主な諸元は次のようなものである。

テープ速度：15 時/秒 (±0.2% 以内)
周波数特性：100c/s~8,000c/s ±1db
100c/s~11,000c/s ±2db
ワウおよびフラッタ：ピーク ±0.15%

総合雑音: -50dbm 以下
 総合歪率: 1,000c/s にて 2% 以内
 出力レベル変動: 1,000c/s ±0.2VU
 入力レベル: 600Ω 0 dbm
 出力レベル: 600Ω 0 dbm

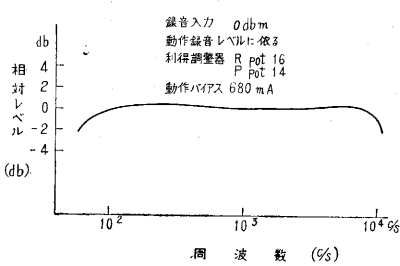
2) 構成および動作:

a) 機構部はテープ巻取用として自己起動式同期電動機, 巻戻し用には誘導電動機を使用しており, テープの駆動速度は録音, 再生の場合 15 吋/秒, 巻戻しの場合は録音再生の約 15 倍, 早送りは約 5 倍である。キャプスタン軸の尖端は 20° の角度をもつ精密テーパ仕上げを行い電源周波数の変動によるキャプスタンの交換が容易にできる構造になっている。

本装置にはスポット, アナウンス機構部が付加されており約 20 秒間の録音を自動的に連続再生することができ, 飛ばし記録の再生に便利であると思われる。またこの動作は遠隔操作することも可能である。

3) 特性:

録音増幅器の利得は 56 db 雑音は -65 dbm 以下である。



第 26 図 総合周波数特性

再生増幅器は利得 72 db 雑音は -51dbm 以下。歪は 1% 以下である。録音ヘッドのインピーダンス

は 30Ω 再生ヘッドのインピーダンスは 300Ω である。

総合の周波数特性を第 26 図に示す。

(2) ペン書き記録器

1) 概要:

三栄測器製のもので, 特にラックに取り付られるような構造にしたものである。設計に対する要求諸元は下記のとおりである。

素子: 6

記録紙: 200mm×40m

送り速度: 0.5, 2.5, 12.5, cm/s 誤差 ±3% 以下

ガルバノメータ: 可動線輪型 抵抗 3.5~3.6kΩ

入力: 最大 0.4V

入力インピーダンス: 1MΩ 平衡型

最大感度: 15mm/0.4V

直線性: 15mm±7% 以内

周波数特性: 0~60c/s

安定性: 電源電圧 ±10% 変動 1 時間運転に対し, 基線の漂動 ±1mm 以下

出力変動 ±1% 以下

雑音電圧: 最大利得において出力電圧 0.5% 以内
 電源: 50c/s 100V ±10%

2) 特性:

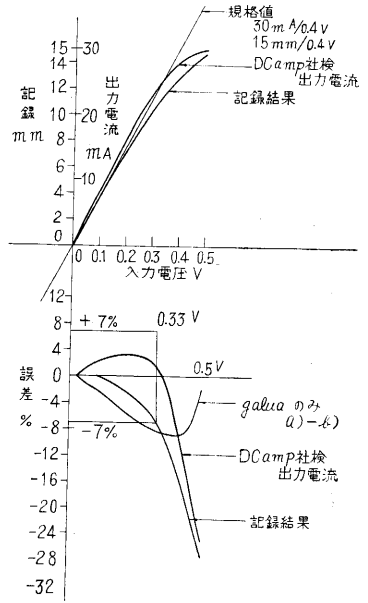
以上の諸元のうち, 直線性についてはテレメータの測定に関し直接誤差を生ずるので特に重要であるが, 第 27 図の実測結果のごとくこれを ±7% 以内にするには, 現状ではかなりの難点があるものと思われる。第 28 図に周波数特性を示すものである。

10. あとがき

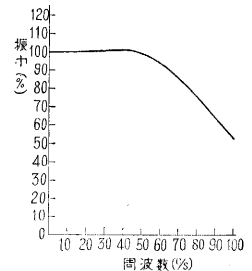
本受信装置のあらましを述べたが, カップ III 型および IV 型の飛ばし実験に実用して支障なく受信記録ができた。

しかしロケットの上昇高度を増すために送信機の重量容積を軽減することを要求されているので, 送信出力を減じ, さらに IV 型よりさらに高々度上昇するため受信装置としては高周波部において NF の改善を行い, 送信機の周波数変動の限界もほぼ推定されるに到ったので帯域幅を狭くし, 受信感度, S/N の向上について実験を行っている。

本装置の研究試作に対し終始ご指導を頂いた生産技術研究所高木教授, 野村助教授, 黒川助教授始め生研の諸先生と, 日電研究所仲丸室長と, ご協力頂いた佐伯昭雄氏ほか同僚諸氏に深謝する。(1957. 10. 23)



第 27 図 ペン書き記録の直線性



第 28 図 周波数特性 (定電流特性)

文 献

- (1) 大井, 高橋: 生産研究, 9, 4, p. 171: 4/57