

MITSUBISHI DENKI

三菱電機

無線機特集



Vol. 29 1955

7

三菱工業用テレビジョン(ITV)

IT-I型 工業用テレビジョン (ITV)

当社 ITV の試作品は数回の展示会、相模湖畔の神奈川県立科学博物館等でその優秀性が認識されている。本文 (42 頁参照) にも詳述してあるが、その大要を紹介する。



制御監視機および電源部

撮像機

(1) 撮像機 370×167×224 mm.

ビディコン 6198 使用

(2) 制御監視機 563×410×535 mm

放送用 TV 受像機とほとんど同様であるが、(高周波部および音声部を欠く) さらに撮像機に必要な操作制御部門も内蔵してある。

(3) 電源装置 637×410×370 mm

撮像機および制御監視機に必要な高低圧電源である。

これら (1) (2) (3) は適当にケーブルで結合している。

なお右図はそれぞれの受信画像である。これで見られるとおり ITV としては充分な性能を持っている。

水力発電所ダム用、また特別の耐熱装置をそなえた火力発電所ボイラー監視用等があり、遠距離用高性能の IT-II 型も試作を終っている。

いずれも各方面のご利用をおすすめ致すものである。



受信画像



MITSUBISHI DENKI

三菱電機

表紙説明

4,000 Mc マイクロ波超多重中継用空中線

当社はさきに、バスレングス空中線を完成
日本電信電話公社、東京大阪間のマイクロ波
超多重中継用として36台納入し、目下電話、
テレビ、中継等に活躍している。な
お引き続き、パラボラ型空中線の研
究も完了し、近く東京、仙台間の超
多重中継用に予定されている。表紙のベン画
は、バスレングス、パラボラ両型の空中線が
同一鉄塔上に設置された東京端局の予想図で
あって、都内の新名所に追加されることを期
待している。
(本文参照)

昭和30年 第29巻 第7号

(無線機特集)

目次

卷頭言	取締役 堀 元夫	2
無線機部門新製品の紹介	薄井廉介	3
マイクロ波用円偏波アンテナ	三戸左内・浅井滋夫・村井 昭 薄井廉介・津村 隆・喜連川隆	12
7,000 Mc 带広域クリスタルマウント	喜連川隆・東野義夫・武市吉博	20
MT管 150 Mc/FM 無線機	津村隆・岡谷重雄・黒田忠光・上野芳雄	24
搬送式遠隔測定装置	杉田重雄・龍田直紀	29
AE-1型運転指令装置	大鳥羽幸太郎	37
工業用テレビジョン装置	津村 隆・嶋村和也	42
高周波誘導加熱装置	馬場文夫・渡辺文明	53
通信機ばね材料としてのベリリウム青銅板	尾島學二・加藤仲司・矢吹眞之助	59
通信用 GT 管	吉本正二	68
Radome について	喜連川隆	73
RA-1型機上用レーダ	上村康雄・野上鎮夫	80
ニュースフラッシュ		84

品質奉仕の三菱電機

三菱電機株式會社

本社
東京都千代田区丸の内(東京ビル)
(電) 和田倉(20) 代表 1631・2331
研究所
兵庫県尼ヶ崎市南清水
神戸製作所
神戸市兵庫区和田崎町
名古屋製作所
名古屋市東区矢田町
伊丹製作所
兵庫県尼ヶ崎市南清水
長崎製作所
長崎市平戸小屋町
無線機製作所
兵庫県尼ヶ崎市南清水
大船工場
神奈川県鎌倉市大船
世田谷工場
東京都世田谷区池尻町
郡山工場
福島県郡山市宇境橋町
福山工場
福山市仲野上町
姫路工場
兵庫県姫路市千代田町
和歌山工場
和歌山市岡町
中津川工場
岐阜県中津市駒場安森
福岡工場
福岡市今宿青木
静岡工場
静岡市小鹿 110
札幌修理工場
札幌市北二条東12
大阪営業所
大阪市北区堂島北町8番地1
(電) 福島(45) 5251-9
名古屋営業所
(電) 本局(23) 6231-5
福岡営業所
福岡市天神町(三菱ビル)
(電) 西(2) 5821-5825
札幌営業所
札幌市大通リ西3の5
(電) (2) 7236・7237
仙台事務所
仙台市東一番丁63
(電) 仙台 2573・8057
富山事務所
富山市安住町23の2
(電) 富山 4692・5273・2550
広島事務所
広島市袋町1(明治生命ビル)
(電) 広島中(2) 2211-3 2214
高松出張所
高松市南紺屋町34の3
(電) 高松 3178・3250
小倉出張所
小倉市博労町63(富士ビル)
(電) 小倉 3614



卷頭言

取締役 堀元夫

半世紀にわたる電気工学の進歩は絢爛たる成果をわれわれに与えている。電磁作用、電信電話、電燈等の発明発見以来いかに文化の向上に貢献したかはかり知れないものがあり、電波技術とくに電子工学の発達はこれに拍車をかけて今日の隆盛となっているが、大正初期より電気工学に携わり、60サイクルの世界で育くまれた筆者としては実に感慨ふかいものがあるのは当然である。

動力用としての50,60サイクル用機器も異常な進歩を遂げたとはいへ、その発達はむしろ漸進的でその原理に至っては変化なく、やや飽和状態に近いものさえ感ぜられるものがある。もっとも30万ボルトとか十数万キロワットに電圧、容量ともに上昇し、これに伴う送配電器具も昔日の佛をとどめていない。もとより重電気工業においてもそれぞの分野で微に入り細に瓦りふかく研究を掘り下げ積みかさねた経験の上に完成した進歩発達はすばらしいものであるが、50年前に全然夢想だにしなかったというような大なる変化はないと思われる。

これに反して高周波、電子工学方面の進歩発達は實にめまぐるしく、躍進につぐ躍進をもって重電機の比例的進歩に比して羣的上昇を続いているものである。周波数についてみても、メガ、キロメガサイクルという天文学的に近い呼称が用いられ、マイクロ波、4キロメガサイクルによる日本縦断幹線の一部は完成され、東京大阪間の電話の即時通話に加えて、テレビ中継の両都市および名古屋市を中心としての活躍も10年前の混沌時代には想像もできなかつたことである。真空管も磁電管、進行波等からさらに最近のトランジスタの登場にはその将来はかり知れないものがある。50年前には3極管さえな

かったことを考えるとそのテンポの速いのには全く驚異という以外の言はない。

テレビ、レーダの利用、また電子管応用の自動装置、計算機の如きは全く超人的の正確さと迅速さをもってますます向上する文化の先達を勤めている。さらに誘導弾の出現は、1人の実兵を動かすことなくボタン戦術により、原水爆と共に一瞬にして勝負を決する如き態勢が実現されつつある現状であるとも聞いている。

以上の進歩発達の速度はこの20年というものはとくに甚だしく、情けない話ではあるがこの促進の原動力は戦争が最大原因で発達したという現実の問題である。他の科学技術とくに原子力に至っては全く戦争という人類の宿命にからんで出現したものといわざるを得ないのはまことに遺憾なことである。しかしこの原動力は何であろうとも他の文化方面での成果が全面的にとりいれられ、戦争の残酷性を償うせめての罪ほろぼしの一端となっていることもまた人類の宿命といべきものであろう。

宿命は宿命として、戦争の惨害は極力さけねばならないが、たとえその犠牲において発達した科学技術であってもその成果は最高度にとりいれ、世界文明の向上に貢献し、また進んで文化平和国家の建設に邁進することこそわれわれ工業人の責務ではなかろうか。

当社が電子工学、電波関係機器の研究生産に従事するのも上述の線に沿うためであり、及ばずながら時代の進運に遅れないよう最大の努力を続けているものである。本冊子も当社無線機製作所製品を中心とした電波機器の研究紹介であって、大方のご利用、ご鞭撻をお願いする次第である。

無線機部門新製品の紹介

本社

薄井廉介*

Review of Recent Products in The Radio Department

Rensuke USUI

Head Office

Products recently introduced to the market have been reported in the last year's issue of this periodical Vol. 28 and Vol. 29 of this year. Of them, those stand out will be taken out for a review as follows.

- 1. Mitsubishi Radio and Television Sets.
- 2. Diatone Speakers.
- 3. 150 Mc/FM Portable Communication Sets.
- 4. PV-1 Type Wireless Communication Sets.
(For Type SV-1 Relay Equipment).
- 5. Desk Fax.
- 6. Type FL-4 Fault Locator for Power Cable.
- 7. 7500 Mc Paraboloid Antennas.
- 8. Type RM-2 Marine Radars.

まえがき

昨夏の本紙無線機特集号（臨時増刊 Vol. 28, 1954）および年頭回顧号（Vol. 29, 1955）にご紹介した各種ラジオ、テレビおよび通信機ならびに特殊電子管応用機器に引き続き、新開発品が続々としてその成果を広くご認識して戴くことのできるのは品質奉仕の社風と相まって需要家各位のご愛顧の賜と深く感謝いたしている次第である。

本号も以下の如く新製品、新研究を完結論文としてご紹介すると共に、本文には完成あるいはそれに近い最近の各種機器を略述し、各方面のご批判に備えたい意向である。

1. 三菱ラジオ、テレビジョン

前報以来のこの方面的進歩はさらに目覚ましく、したがって需要面においても三菱ラジオ、テレビの真価が次第に認識され、生産販売両面の拡充と相まってゆるぎなく地歩を占めつつある現状である。

三菱ラジオ、テレビジョンの最近の傾向は性能品質共に著しく向上したこと、とくにキャビネットデザインの様相が一変し、大衆に歓迎される優雅斬新となり、しかも設計生産両面の合理化により価格低減も予期以上の成果をあげ、昔日とは格段のご好評を戴く迄に成長したことはわれわれの喜びとするところである。

ア. 三菱ラジオ QA-37 型（マジックアイ付 6 球スーパー

1 図に示すように優雅なデザインで、感度と選択性については比類なきものがある。リップ線巻の高 Q 中間周波トランジス使用のための性能の向上はいう迄もなく、回転式の音質調整器 $6\frac{1}{2}$ in の強力型ダイヤトーン・スピーカにより音質音量共に思いのままにご選択願えるものである。

受信周波数は 535~1,605 kc

中間周波数は 455 kc 出力 2W

電源は 50 または 60 c/s 110~100~85 V

消費電力 49 VA

真空管は MT 管で 6BE6 (周波数変換)

6BD6 (中間周波増幅)

6AV6 (第2検波兼 AVC, 低周波増幅)

6AR5 (電力増幅)

5MK9 (整流)

6E5 (マジックアイ)

重量は 6.5 kg である。



1 図 QA-37 型ラジオ

Fig. 1. Radio set
Model QA-37.

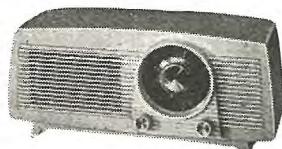
イ. 三菱ラジオ FT-30 型 (マジックアイ付 6 球スーパー)

2 図のように和洋室いずれにもむく、おちついたデザインで、スピーカは $6\frac{1}{2}$ in, 音質調整は高音、中音、低音の3段切替式、使用真空管および性能は QA-37 型と同様、したがって感度と選択性もすぐれたものである。また本機はラジオと電蓄との切替に新らしい方式を採用している。消費電力は 35 VA, 重量 5.2kg マジックアイ付 6 球としては他社製品に比して低価格であるという特長がある。

2 図 FT-30 型ラジオ
Fig. 2. Radio set
Model FT-30.



3 図 EX-68 型ラジオ
Fig. 3. Radio set
Model EX-68.



ウ. 三菱ラジオ EX-68 型 (プラスチック・キャビネット 5 球スーパー)

3 図に本機の外観を示す。射出成型 (インジェクション) 法によって作られたハイインパクトスタイレンの美しいキャビネットに回転ダイヤルを配した新感覚の上品なデザインである。本機は当社製のフェリコーアのステックアンテナを内蔵しているので、外部アンテナならびにアースが不用であるほか、螢光燈やモータ等の電源雑音に妨害されることがないので好評を得ている。

使用スピーカはダイヤトーン 5 in であるが、この種小型ラジオには珍らしく秀れた音質を有し、電蓄に切替も可能である。使用真空管 (マジックアイなし) 受信周波数帯、中間周波共に QA-37 型と同様で、出力 1.6W 電源 50~60 c/s, 100~85 V 消費電力 30 VA, 高さ、幅、奥行はそれぞれ、166, 374, 140 mm, 重量 3.3kg, デザイン、性能共に極めて優秀であるばかりでなく、価格も低廉なので需要の最も多いセットである。

エ. 三菱ラジオ KH-46 型 (プラスチックキャビネットマジックアイ付 6 球スーパー)

4 図に示すように近代的で美しいデザインで、回転型ダイヤルの指標にマジックアイを使用した新製品である。選局調整に際しては従来のようにダイヤルとマジックアイを別々に見なくともよいので非常に便利になっている。ステックアンテナを採用し、スピーカ、真空管、性能も EX-68 型と同じである。マジックアイは MT 管で 6E5M, 重量は 3.4kg

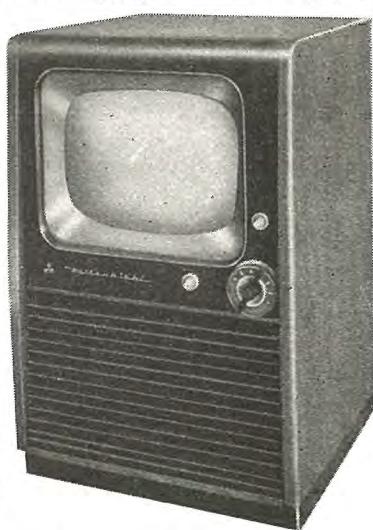
4 図 KH-46 型ラジオ
Fig. 4. Radio set
Model KH-46.



である。

オ. 三菱テレビジョン 641K-17 型 (コンソール型 17 in)

5 図に本機の外観を示す。立体感のすばらしい豪華なキャビネットに収められたコンソール型 17 in テレビジョン受像機で、米国 Westinghouse 電機会社の新進技術をとり入れ前報告 101K-17 型の改良で長期にわたる研究と数次に及ぶ現地試験に基いて完成したものであり、非常に安定した鮮明な画像が得られる。前面のガラス板は 6 mm 厚の磨き合せガラスを使用し、約 2° 下向き

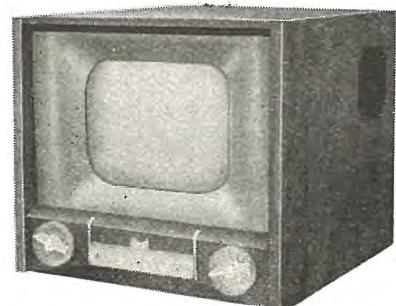


5 図 641 K-17 型三菱テレビジョン
Fig. 5. Type 641 K-17 Mitsubishi television set.

に傾かせてある。また遅延キー AGC、鋸歯状波 AFC 付で、使用ブラウン管は国産品の 17BP4-A (口径 17 in) である。真空管はブラウン管を除いて 23 本、スピーカは $6\frac{1}{2}$ in フリーエッジ型を使用している。ターレット型バンド (6 チャンネル) 切替式で、映像中間周波数 45.75 Mc, 音声中間周波数 41.25 Mc, 帯域幅 3.5 Mc 電源 50~60 c/s, 110~100~85 V, 消費電力 200 VA, 高さ 855 mm, 幅 568 mm, 奥行 584 mm, 重量 60 kg である。

ア. 三菱テレビジョン 645T-14 型 (テーブル型 14 in)

14 in のブラウン管を使用したテーブル型の最高級受像機で、画面の見やすいこと、安定度の高いこと、故障のないことなどあらゆる点において秀れた本機は、6 図に示されたような優美なキャビネットに収められている。使用ブラウン管は国産 14CP4 で、真空管はブラウン管を除いて 19 本、スピーカは $6\frac{1}{2}$ in パーマネント型、641K-17 型同様磨き合せガラスを使用し約 2° 下に向に傾斜させてある。ターレット型バンド (6 チャンネル) 切替式で、映像中間周波数 27 Mc, 音声中間周波数 22.5 Mc, 帯域幅 3.5 Mc, 電源 50~60 c/s, 110~100~85 V, 消費電力 185 VA, 高さ 440 mm, 幅 504 mm, 奥行 500 mm,



6 図 645T-14 型
三菱テレビジョン
Fig. 6. Type
645T-14 Mitsubishi television set.

重量 37 kg, 和洋室いずれにもむく普及型として将来性の最も多いセットである。

2. ダイヤトーンスピーカ

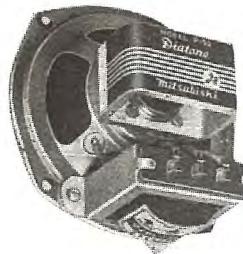
すでに名声の高いダイヤトーン、スピーカは、三菱ラジオ、テレビジョンはいう迄もなく、NHK 放送局その他の民間放送局のモニタ、一般の HI-FI 装置に使用されてその優秀な特性で好評を博してきたが、絶えず進展する新要求に応じ各機種の研究試作が続行されている。これらのうち生産に移行したつぎの数種をご紹介したい。そのほか 2 in の Tweeter (高音専用スピーカ), 12 in の Woofer (低音専用スピーカ), 10 in スピーカ等近く完成予定で、それぞれご期待され得るものである。

ア. P-25E 型スピーカ

ポータブルラジオ用として設計された橢円形の小形スピーカで、とくに能率の良いものである。その周波数特性は真空管のフィラメントの共振によるハウリング等を防止するために 5,000c/s 以上は減衰させてある。

イ. P-52 型スピーカ

小型ラジオ、通信機用として製作されたスピーカで一般市販品のうち最高能率を誇るものである。コーンの特殊設計によって、ラジオの電気音響特性に最適の豊かな音量と歯切れの良い高性能のものとなっている。



8 図 P-52 型スピーカ
Fig. 8. Speaker Model P-52.



7 図 P-25E 型スピーカ
Fig. 7. Speaker Model P-25E.

ウ. P-61 型スピーカ

普及型のラジオ用としてとくに小さい磁石を使用しているが、磁極間隙を狭くし、周辺部の特殊レジン処理によって周波数特性の偏差の少いスピーカである。同じ大きさの他のスピーカと能率においてはほとんど変りはない。

エ. P-67 型スピーカ

ラジオ用、一般機器用として設計された標準スピーカである。コーンの曲線とそのコルゲーションにより優秀な周波数特性と再生帯域とを与えていている。

オ. P-63D 型スピーカ

P-67 型と同じ磁気回路をもったスピーカであるが、特殊構造の二重エッジ (実用新案出願中) を採用したもので、紙のコルゲーションエッジの上に布を貼り、終端部に近づくにつれて音響インピーダンスが無限大に近づくように設計されている。のために中音域以上の特性がとくに改善されていて ±5 db 以内の偏差におさまり、鹿革のフ



9 図 P-61 型スピーカ
Fig. 9. Speaker Model P-61.



10 図 P-67 型スピーカ
Fig. 10. Speaker Model P-67.



11 図 P-63D 型スピーカ
Fig. 11. Speaker Model P-63D.

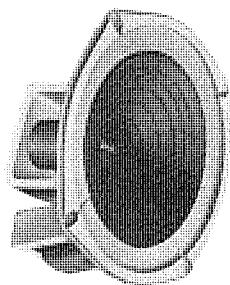
1 表 スピーカ 特性一覧表

型 名	口 径 (in)	ボイスコイ ルインピー ダンス (Ω)	公称入力 (W) 300 c/s	低域共振 周波数 (c/s)	再生周波数帯域 (c/s)	磁 石 MK-5(m/m)	有効磁束 密度 (gauss)	重 量 (トラン ス別) (kg)	付属トランス 1 次インピー ダンス (Ω)	備 考
P-25E	2.5×2 (ダエソ)	6.5	0.3	300～350	250～8000±10 db	20 φ×15	7,500	0.14	12K (本体 と別)	
P-52	5	4	2	150～200	120～8000± 8 db	25 φ×20	8,500	0.4	12K 7K 7K 600	
P-61	6.5	6	3	100～120	90～15000± 8 db	25 φ×20	8,500	0.65	12K 7K 7K 600	
P-67	6.5	6	3	100～120	90～15000± 8 db	30 φ×25	9,000	0.7	12K 7K 7K 600	
P-63D	6.5	6	3	100～120	90～15000± 5 db	30 φ×25	9,000	0.7	12K 7K 7K 600	ダブルエ ッジ
P-60F	6.5	6	3	60～70	50～16000± 5 db	30 φ×25	9,000	0.7	12K 7K 7K 600	鹿革フリ ーエッジ
P-82F	8	6	5	50～60	40～14000± 5 db	40 φ×25	9,000	1.3	5K 10K PP	鹿革フリ ーエッジ
P-83D	8	3.5	5	60～70	50～14000± 5 db	40 φ×25	9,000	1.3	5K 10K PP	ダブルエ ッジ
D-62	6.5	6	3	100～120	90～15000± 8 db	フイールド抵抗 1500 Ω	フイールド電流 60 mA	1.0	12K 7K 7K 600	

リーエッジで起るといわれる偏心によるビビリ等の懸念がなくなるのである。

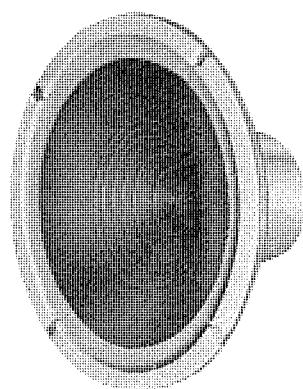
カ. P-60F 型スピーカ

電蓄、ラジオその他の HI-FI 再生用として NHK はじめ一般愛好家の間に広く愛用されている鹿革エッジをもったスピーカである。とくにその平坦な周波数特性と優秀な過渡特性と歪特性とは LP レコード、ラジオその他の鑑賞とは不可欠のものである。



12 図 P-60F 型スピーカ

Fig. 12. Speaker Model P-60F.



13 図 P-82F 型スピーカ

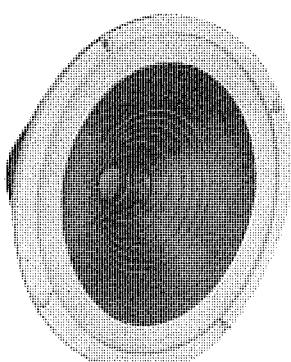
Fig. 13. Speaker Model P-82F.

キ. P-82F 型スピーカ

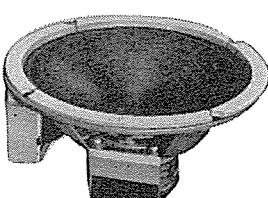
P-60F 型スピーカと同じく HI-FI 用の新しく設計製作された 8 in スピーカであって、鹿革のエッジとアルミ線のボイスコイルとを使用し、高音域は 14,000 c/s まで平坦な周波数特性をもっている。独特の密閉式のヨークを使用して漏洩磁束を極力減少せしめ中心極は長くして非直線歪を小さくし許容入力を最低 5W (300 c/s) としたものである。このスピーカ 1 箇で充分な音量をもって HI-FI を鑑賞できる。

ク. P-83D 型スピーカ

P-63D 型スピーカと同じ特殊構造の二重エッジを採用した新製品であって HI-FI ラジオ用に使用している。構造は P-82F とほとんど同じもので、低域共振周波数は約 10 c/s 高いが他の特性は全く変りない。



14 図 P-83D 型スピーカ



15 図 D-62 型スピーカ

Fig. 14. Speaker Model P-83D.

Fig. 15. Speaker Model D-62.

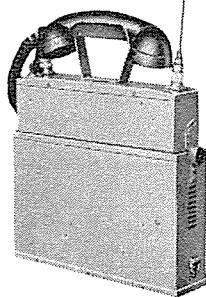
ケ. D-62 型スピーカ

6 1/2 in のフィールド型スピーカで、その特性は P-67 型スピーカと同じものである。フィールドコイルは絶縁ワニスの真空含浸処理を行っているのでほとんど断線はない。またボイスコイルに直列に接続した中和コイルをフィールドと同軸に巻いてあるのでフィールドを整流回路のチョーク代用とした場合のハム発生を防止している。

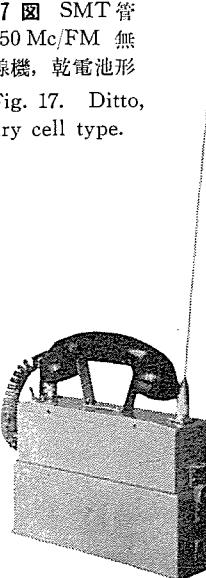
3. WT-1 型携帯用 150 Mc/FM 無線機

無線通信機の戦後の進歩は目覚しいもので、とくに VHF (超短波) FM (周波数変調方式) の発達は各種の実用回線の実現となったのである。当社は PR-2 型の国家警察用のほか同様 150 Mc 帯の実績は国内有数であり、最近はサブ・ミニチュア真空管使用の小型軽量で取扱いの容易な携帯無線機 WT-1 型を完成したのでご紹介する。これによりますます利用面の発展が期待されるものと思われる。(16, 17 図)

16 図 MTS 管
150 Mc/FM 無
線機、蓄電池形
Fig. 16.
150 Mc/FM sub-
miniature tube,
wireless com-
munication set,
storage battery
type.



17 図 SMT 管
150 Mc/FM 無
線機、乾電池形
Fig. 17. Ditto,
dry cell type.



ア. 用途

WT-1 型携帯用 150 Mc/FM 無線機は業務上一人で任意の地点に携帯して開設し同一通信系内の固定、移動装置と相互に通話できるもので、用途としてたとえば警察、消防等の出先と自動車または基地間通話、送、配電線のパトロール、保線修理の連絡通話、鉄道の操車場内連絡通話、工事現場と事務所間の連絡通話、新聞社の取材現場と自動車または新聞社間の連絡通話等がある。これらの場合自動車が進入し得ない狭い道路や山道でとくに有効である。

イ. 構成および構造

本機は送受信部と電源部とにより構成され、送受信部と電源部はたがいに切り離せるよう設計してある。本体上部に送受信部を配置し下部に電源部を付属している。電源は乾電池式と蓄電池式の二様式のものを備え必要に

応じて簡単にそれぞれ送受信部と組合せて使用できる。空中線は約 $1/4$ 波長の垂直ホイップであり、通話は送受話器付属の押しボタンによるプレストーク方式である。

(1) 使用真空管 サブミニチュア管使用

送信部 1AD4×1, 5672×3, 5678×2,
573AX×3, 計 9 本

受信部 1AD4×2, 5672×1, 5678×8,
計 11 本

(2) 使用電池

乾電池電源 FM-4 乾電池 (1.5 V) 2 箇直列
を 2 組計 4 箇, BL-145 積層乾電池 (67.5 V) 3 箇

蓄電池電源 JBB-54B 蓄電池 (2V, 28AH)
2 箇直列使用

ウ. 尺法および重量

乾電池式の場合 幅 310 mm × 奥行 85 mm × 高さ
295 mm, 重量約 7.5 kg

蓄電池式の場合 幅 310 mm × 奥行 85 mm × 高さ
395 mm, 重量約 12.9 kg

エ. 性能

(1) 周波数 148～157 Mc または 162～170 Mc の間の一周期

(2) 通信方式 プレストーク方式

(3) 電波型式 F3

(4) 定格 送信 1, 受信 2 の割合で乾電池式では 1 日 1 時間使用で約 1 週間, 蓄電池式では連続 5 時間以上

(5) 周波数安定度 $-200^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 内で偏差が
±0.005 % 以内

(6) 耐候性 周囲温度 $-20^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$ 湿度 90 %
で連続使用して異状なく、少々の雨中でも携帯して使用し得る。

(7) 送信部 a. 水晶制御位相変調、通倍数 32
b. 出力 0.5 W 以上
c. 変調周波数 0.3～3 kc
d. 不正電波輻射 基本波に対し -40 db 以下
e. S/N 50 db 以上 (1 kc, 100 %
変調)
f. 歪率 -20 db 以下 (1 kc, 70 %
変調)

(8) 受信部 a. 水晶制御二重スーパーヘテロダイン
b. 第一中間周波数 27.92～29.72 Mc
c. 第二中間周波数 2.1 Mc
d. 水晶周波数 (受信周波数 + 2.1
Mc) / 5
e. 帯域幅 6 db 低下で ± 17 kc 以上
f. 選択度 60 db 低下で ± 80 kc 以内
g. 不正電波受信感度 -50 db 以下
h. S/N 15 db 以上 (0 db 入力, 1 kc,

±15 kc 偏移)

i. スケルチ感度 入力 0～10 db 調整可能

4. PV-1 型無線通信機 (SV-1 型中継装置用)

前述の如く VHF 帯無線機の最近の普及発達は比類なき程度であり、すでに局地的には飽和状態に達し新らしい周波数の割当は困難な状況にたち至っている。一方一組の無線装置を使用して多重通信を行いたいという要求が増加し始めたのである。これらの問題に一つの解決を与えるべく、UHF 帯を使用し、通話路数は通常 4、最高 8 通話路迄取ることができる SV-1 型の如き中継装置が必要となってきたのである。以下この装置の概要とくに搬送用無線機 PV-1 について述べることにしたい。

ア. 目的および用途

本装置は固定用多重無線回線に使用する位相変調方式の極超短波通信装置であって、通常平地間距離 50 Km 程度の電信電話回線に使用される。

イ. 構成

本装置は下記のものから成っている。

極超短波無線装置	PV-1	1 組
極超短波空中線	AV-1	2 組
搬送用信号器	JEE-101-A'	2 箇
搬送電話端局	JCF-1-B'	1 箇
搬送電信端局	JCF-2-B'	1 箇
付属品		1 式

ウ. 性能

本装置の性能の概要は下記のとおりである。

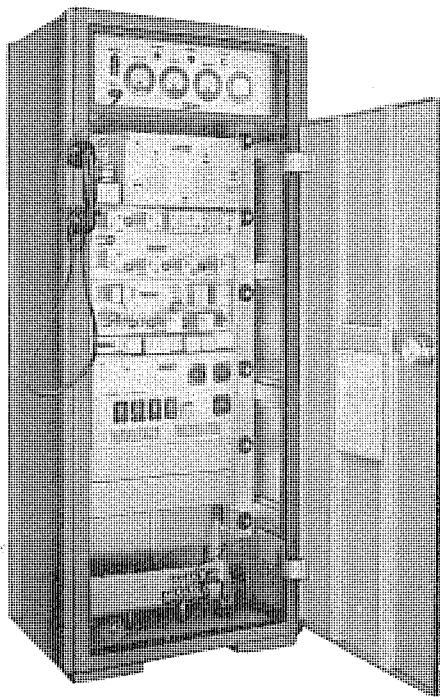
- (1) 通常 4 回線の多重無線電話装置として使用できるが、音声 1 回線の代りに音声周波多重電信 4 回線を挿入し、電信またはテレタイプの送受信ができる。
- (2) 別に適当な群変復調装置を追加することにより、電話通話路数を 8 通話路迄増加しても使用できる。
- (3) 電源は交流 50 c/s および 60 c/s, 100 V または 200 V いずれの電源でも使用でき、電圧変動 ±15 % の範囲で使用可能であり、所要電力は約 1.5 kVA である。
- (4) 本装置は搬送電話端局および電信端局を除いて、多重中継装置としても使用できる。
- (5) 別に模写電送装置を設置併用することにより、電話 1 回線の代りに模写電信 1 回線を使用できる。
- (6) 各通話の標準信号レベルにおける信号対雑音比は 40 db 以上である。
- (7) 各通話路の音声伝送周波数帯域は 300 c/s ないし 2,700 c/s の範囲である。

エ. 極超短波無線装置 PV-1 の構成

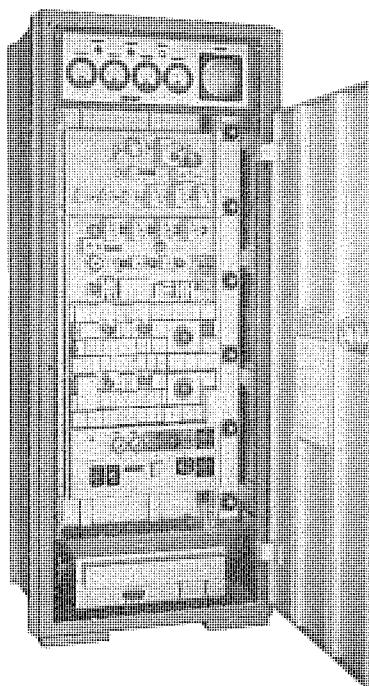
PV-1 無線装置は送信機 1 台、受信機 1 台、整流電源 1 台および付属品 1 式から成っている。

オ. 極超短波無線装置 PV-1 の性能

送信機の主な特性



18 図 SV-1 無線機用 PV-1 送信機用
Fig. 18. Wireless transmitter Model
PV-1 for Model SV-1 set.



19 図 SV-1 無線機用 PV-1 受信機
Fig. 19. Wireless receiver Model
PV-1 for Model SV-1 set.



20 図 PV-1 電源
Fig. 20. Power source of Model
PV-1 set.

- (1) 送信周波数 375 Mc から 400 Mc 迄の 1 波
 - (2) 周波数倍数 144 倍
 - (3) 変調方式 水晶制御位相変調方式
 - (4) 周波数偏差 -10°C ないし $+50^{\circ}\text{C}$ の範囲で 5×10^{-5} 以内
 - (5) 出力 10 W 以上
 - (6) 変調周波数範囲 0.3 kc ないし 24 kc
- 受信機の主な特性
- (1) 受信周波数 375 Mc から 400 Mc 迄の 1 波
 - (2) 受信方式 水晶制御二重スーパー・ヘテロダイン方式
 - (3) 局部発振周波数偏差 -10°C ないし $+50^{\circ}\text{C}$ の範囲で 5×10^{-5} 以内
 - (4) 帯域幅 中心周波数を基準として, ± 110 kc 離れて -3 db 以内
 - (5) 選択性 中心周波数を基準として ± 220 kc 離れて -10 db 以下 ± 440 kc 離れて -40 db 以下
 - (6) 低周波出力周波数範囲 0.3 kc ないし 24 kc
- 本機用の送信機と受信機および電源部をそれぞれ 18, 19, 20 図に示す。

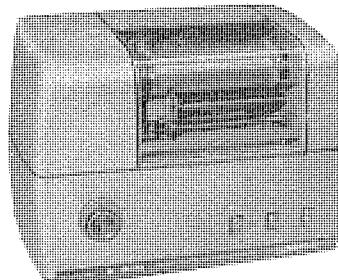
5. 卓上型模写送受機 (型名 DF-1 型)

通信機のうち模写電送装置はまた特異な存在である。その用途も次第に普及している。近年は警察活動における気象情報連絡にまたは銀行・会社・鉄道等に漸次活用せられている。本機は二線式電話回線に共用可能の簡易型電信送受機であって国際電報類信紙の大きさの原稿

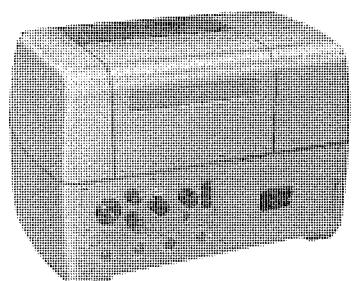
を処理できる販式の非現示卓上型装置である。

ア. 概要

本機は機構部および電気回路部を一つの卓上型筐体内に収めた円筒固定回転式送受兼用機であって、送信は光電変換により画面の黑白に応じた振幅変調波を線路に送出し、受信は入力信号を增幅後放電破壊記録紙に記録する。操作は送信、受信、確認の必要な動作が前面の 3 箇の押釦にて行われ本装置と電話との切り換えは線路端子に接続された転換器によって行う。送信と受信の位相は受信側の押釦を押すことにより自動的に送信側のものと一致する。



21 図 卓上型模写送受機
前面図
Fig. 21. Fax
transmitter table
set Model DF-1.



22 図 卓上型模写送受機
背面図

Fig. 22. Fax
receiver table set
Model DF-1.

イ. 構成

本機の構成は機構部・送信部・受信部・制御部および電源部からなり、これらを一つの金属製卓上型筐体に収容してある。

- (1) 機構部は円筒、走査台および位相信号発生機構送り機構、クラッチ機構、駆動用同期電動機および信号断続機構からなる。
- (2) 送信部は走査台（光源ランプ・光学系・光電管・前置増幅器を有す）直流増幅器・変調器・発振器・増幅器および線路増幅器からなる。
- (3) 受信部は走査台（記録針を有す）線路増幅器・波形矯整器・検波器および直流放電記録増幅器からなる。
- (4) 電源部は商用交流 100 V を整流し、これにより直流電源を作り、送信部・受信部ならびに制御回路に供給する。
- (5) 各部の電圧電流の点検はジャックおよび切替スイッチにより外部より行い計器類は筐体には取り付けない。

ウ. 規格

- (1) 原稿の大きさ 国際電報類信紙 (181 mm × 217 mm)
- (2) 有効画面の大きさ 150 mm × 200 mm
- (3) 円筒直径 70 mm
- (4) 円筒長 200 mm
- (5) 回転数 150 rpm
- (6) 画線密度 3.5 本/mm
- (7) 協同系数 245
- (8) 最高画周波数 962 c/s
- (9) 撮送周波数 1,700 c/s
- (10) 伝送時間 3 分 30 秒
- (11) 標準送信出力 0 db
- (12) 受信入力範囲 +5～-25 db
- (13) 変調方式 振幅変調（直流増幅）白送り
- (14) 記録方式 放電破壊記録方式（直流記録）
- (15) 電動機 商用交流 100 V 同期電動機
- (16) 位相同期方式 商用交流による並列同期方式
- (17) 制御方式 交流单一波、断続波の切替信号による制御方式
- (18) 操作方式 原稿および受信記録紙は手巻き、操作は押釦式
- (19) 押釦種類 送信 (S), 受信 (R), 確認 (C) の 3 種類
- (20) 使用真空管 MT 管および GT 管
- (21) 所要電力 200 W
- (22) 尺寸および重量
幅 (mm) 奥行 (mm) 高さ (mm) 重量 (kg)
機構部 520 316.5 161 26.4
電気部 439.5 350 163 20
装置全体 520 350 330 54

6. FL-4 型電力ケーブル用パルス試験器

レーダ技術応用の通信線用パルス試験器は各方面でご利用願っていたが、電力ケーブルはその特性インピーダンスの関係で測定が困難であった。今回研究の結果ケーブル線にも利用できる FL-4 型を完成したのでご報告したい。

ア. 用途

本器は送配電用電力ケーブルを主な対象とするが、裸架空配電線および通信線、無装荷ケーブルにも使用できる。

イ. 構造

可搬携帶型であって、観測・送信・測距・受信・電源部の一切を自藏し、各部は放熱防塵に留意すると共に、点検容易な構造としてある。

ウ. 性能

測定距離範囲は、群伝播速度 300 m/μs において 15 km で、測定誤差は ±45 m (0.3 %) 以下〔ただし電力ケーブル等で伝播速度が上記の半数値である場合には測定距離も従って正比例して半数値となる〕性能の詳細は下記のとおりである。

電源電圧変動 ±1.5 %, 周囲温度 20°C ±50 % において

- (1) 発振周波数の変化 ±0.01 % 以内
- (2) 測距移相機の誤差 ±0.25 % "
- (3) 送信出力の変化 ±2 % "
- (4) 受信増幅器利得変化 ±0.5 % "

エ. 測距方式

時間軸連続移相方式であって、衝撃波群伝播速度を 300 m/μs とする場合の km 目盛になっている。読み取り精度を上げるためバーニヤ目盛を持つ。

読み取り精度 1/1,500 最小目盛 1 m

なお距離計目盛は、ご希望により μs 目盛とすることも可能である。

オ. 電源

単相交流 50～60 c/s 100 V で手動電圧調整器により 85～105 V の範囲にて 100 V ±2.5 V 以内に調整できる。所要消費電力は約 220 VA 以下である。

カ. 時間軸

鋸歯状波形で、最大増幅度は プラウン管中央部分で 10 mm/300 m 以上に引伸しできるようになっており、掃引線返し周波数 10 kc である。

キ. 原発振部

50 kc 水晶発振器を使用し、電源・温度その他の影響による周波数変化を防ぎ、誤差の原因を僅少にしている。

ク. 出力インピーダンス

30 Ω

ケ. 送信出力

パルス幅一約 0.3 μs および 3 μs に切換可能

波高値—70 V 以上 (30 Ω 負荷において)

(送信出力に -10, -20 db の減衰を与える出力調整

器を有している)

コ. 受信増幅部

受信利得調整器 1 箇を持ち、周波数特性は下記のとおりである。

2~700 kc の間	40 db \pm 6 db
0.3 kc にて	30 db 以下
0.1 kc にて	10 db 以下

サ. 使用真空管

観測部	120F-B1...1 本
原発振部	6AQ51 本
送信部	6AU61 本, 12AU7.....1 本, 6AQ51 本, 1G451 本
掃引部	12AU7 ...2 本, 6AU62 本, 6BD6..... 2 本
受信部	6AU6..... 1 本, 6AQ51 本
電源部	5V4..... 1 本

シ. 写真撮影

ご希望によりキャノン、オシロスコープユニット C-120-II を付加し、この装置により、映像の撮影と同時にフィルムにデータを写すことができる。

ス. 尺 法

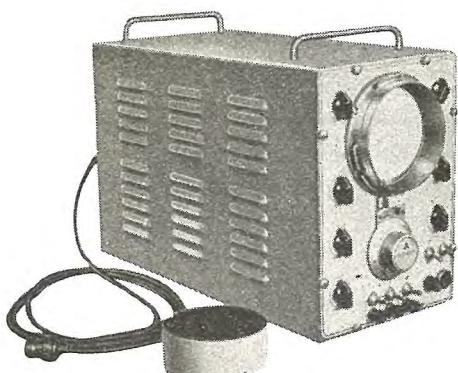
幅 240 mm 奥行 550 mm 高さ 330 mm

セ. 重 量

約 47 kg

ソ. 外 観

23 図のとおり



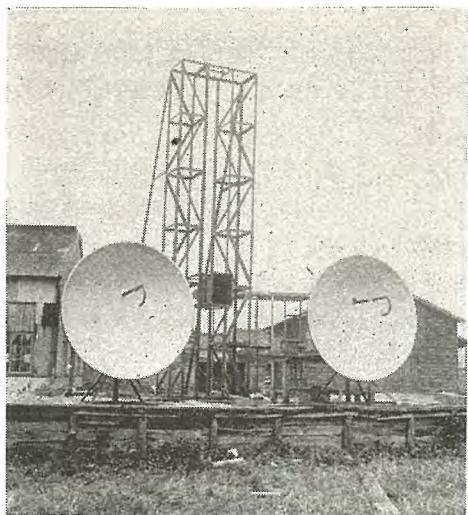
23 図 FL-4 型電力ケーブル用パルス試験器
Fig. 23. FL-4 type fault locator for power cable.

7. 7,500 Mc 広帯域パラボラ空中線

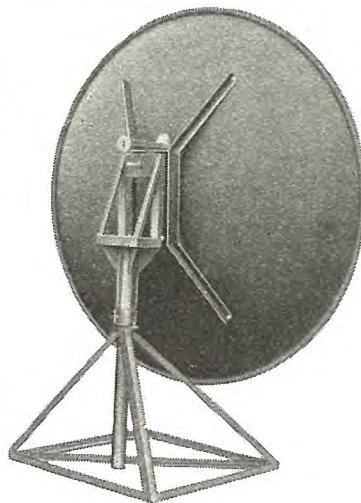
当社は日本電信電話公社東阪間用マイクロ波中継用パースレンジスアンテナを製作納入したほか、パラボラ型も鋭意研究中で、昭和 30 年 3 月に防衛庁技術研究所に伝播試験用の、7,500 Mc 広帯域のパラボラ空中線を納入した。その構造および電気性能はつぎのとおりである。(24, 25 図)

ア. 構 造

(1) 本空中線は一次輻射器・反射鏡・方向調整枠および架台よりなる。



24 図 7,500 Mc 空中線外観
Fig. 24. Outside view of 7,500 Mc paraboloid antenna.



25 図 7,500 Mc 空中線背面
Fig. 25. Rear view of 7,500 Mc paraboloid antenna.

(2) 反射鏡は直径 2m の回転抛物面で、厚さ 3mm の鉄板をプレスによって製作した。

(3) 方向調整枠により反射鏡を上下および左右にそれぞれ ± 5 度動かすことができる。

イ. 電気性能

(1) 利得

7,500 Mc \pm 300 Mc にて 40 db 以上で中心の 7,500 Mc では 41.8 db であった。

(2) 入力定在波率

7,500 Mc \pm 300 Mc で 1.07 以下。26 図にこれを示す

(3) 主ビーム電力半値幅

水平面 1.2 度

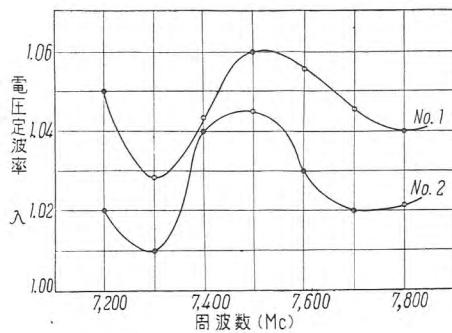
垂直面 1.3 度

8. RM-2 型船舶用レーダ

昭和 29 年 3 月に RM-1A 型船舶用レーダを完成したが、ひきつづきこれに各種の改良を加えて RM-2 型船舶用レーダを製作した。その主なる改良点はつぎのとおりである。

(1) 方位角安定化装置の改良

セルシンの数を減らして装置を簡略化し動作を安定にした。



26 図 7,500 Mc 空中線電圧定波率
Fig. 26. Voltage standing wave ratio of 7,500 Mc paraboloid antenna.

(2) 部品の国産化

保守に便なるように部品を国産品に替えた。

(3) 機構の改良

とくに修理点検が容易なる構造にした。

(4) 電源周波数

従来の 60 c/s を 400 c/s に変えて部品を小型軽量にした。

(5) 電気回路

各部の電気回路を改良した。

つぎに構成および電気仕様を述べる。(27, 28, 29 図)

ア. 構成および寸法重量

	高さ(mm)	幅(mm)	奥行(mm)	重量(kg)
送受信機	1,480	600	390	90
指示機	1,155	520	657	80
空中線	910	1,500	600	90
電動発電機	300	380	240	130

イ. 電気仕様

(1) 送信

周波数 9,320~9,430 Mc

発振管 マグネットロン 2J55

変調器 水素入サイラトロン 4C35

尖頭出力 50 kW

パルス幅 0.25 μ s

(2) 受信

局部発振器 クライストロン 2K25

表示方式 P. P. I

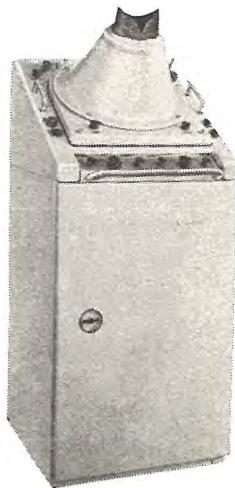
ブラウン管 12.5 in 平面型 (12SP7)

距離 1, 2, 4, 8, 20, 40 浬 (固定
および可変距離目盛あり)。



27 図 RM-2 型レーダ
送受信機外観

Fig. 27. Outside view of
the transmitter. Type
RM-2 radar.



28 図 RM-2 型レーダ
指示機外観

Fig. 28. Outside view of
the indicating set. Type
RM-2 radar.



29 図 RM-2 型レーダ空中線の外観

Fig. 29. Outside view of the antenna.
Type RM-2 radar.

最大探知距離 40 浬

最短探知距離 80 yd 内

距離分解能 50 yd

方位分解能 2°

海面反射抑制 S. T. C および F. T. C 併用

(3) 空中線

指向性 電力半値幅 水平 2° 垂直 15°

回転数 每分 14 回 rpm

(4) 所要電力

2 kW 以下

マイクロ波用円偏波アンテナ

大阪市立大学理工学部

教授 三戸左内・助教授 浅井滋夫・村井 昭

研究所・無線機製作所・研究所

薄井廉介*・津村 隆**・喜連川 隆***

Circular Polarised Antennas for Microwaves

Sanai MITO · Shigeo ASAII · Akira MURAI

Osaka Municipal University

Rensuke USUI	Engineering Laboratory
Takashi TSUMURA	Electronics Works
Takashi KITSUREGAWA	Engineering Laboratory

Circular polarised antennas are meritorious in numerous points when used for both communication and radars. Since the circular polarised wave changes its direction of whirling after reflecting, the influence of reflected wave upon the original one is much reduced. Where there are lofty buildings, steel towers, smoke stacks and the like which reflect the electric wave, these circular polarised waves are considered to be used with advantage.

If applied to radars, they will also exhibit marvellous effect.

1. まえがき

円偏波は反射に際して旋回の向きが逆転するので、通信に用いた場合、反射波の影響が少くなる。したがって高層建築物・鉄塔・煙突等電波の反射物の多い都市、あるいは将来かかる反射物の増加の可能性の多い場所の無線局では円偏波アンテナを用いるのが有利であると考えられる。電波は垂直、水平両偏波において伝播特性が全く同一ではなく、フェーディングの時刻および振幅共に完全に同じではないから反射波の影響の少いことと相まって、円偏波通信は直線偏波通信よりもフェーディングが少いといふことも一応は考えられる。⁽¹⁾⁽²⁾ また直線偏波の外來雜音に対しては円偏波通信に対しては感度が悪くて都合が良からうといふことも考えられる。

レーダの送信電波を $1/4$ 波長板を通して円偏波にして輻射すると、反射波は旋回の向きが逆転して帰ってくるがさらに $1/4$ 波長板を通ると、電気ベクトルとしては送信電波と直交する直線偏波になる。よって送信電波の影響なしにこの反射波を受信検波することができる。した

がって送受切換管を用い得ない連續波レーダには円偏波が有効になる。⁽³⁾⁽⁴⁾ またレーダアンテナの反射鏡のみを回転させフィードホーンを静止させておけば発射電波は反射鏡の回転に従って水平偏波になったり垂直偏波になったりするが、円偏波を用うれば反射鏡のみを回転させても発射電波は常に円偏波であるから回転接合回路が不要になる⁽³⁾⁽⁵⁾。なお、円偏波アンテナは垂直偏波の電波に對しても、水平偏波の電波に對しても、利得が僅か 3 dB 下るだけであるから未知電波探索装置にはアンテナが 1 台で済んで便利である。⁽⁵⁾

また円偏波アンテナそのものを考えるとフィードホーン、レンズあるいは反射鏡等の反射が饋電線へ戻ってこないのでパラボラアンテナのフィードホーンの雨雪対策等として円偏波を用いるのは非常に有効である。

このように円偏波アンテナは通信用、レーダ用その他に種々の利点があつて面白いので、円偏波発生の基礎概念とその具体的な方法および円偏波マイクロ波アンテナについて述べる。本文は電気通信学会アンテナ研究専門委員会に提出した資料⁽⁶⁾ その他^{(7)~(10)} をやや詳細にし

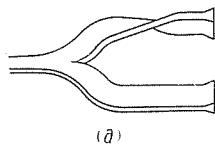
たものである。

2. 行過差による円偏波の発生とアンテナ

円偏波は偏波面がたがいに直交する等振幅位相差 90° の二つの直線偏波の合成と考えるのが最も簡単である。したがって第一に考えられる円偏波発生方法は直線偏波を等振幅の直交 2 成分に分けて両者間に $1/4$ 波長の行過差を与える方法である。

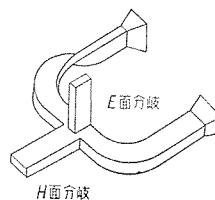
ア. 分岐路と振り導波管とを用いる方法

1 図 (a) は 1 箇の分岐路と $1/4$ 波長の迂回路と 2 箇のホーンとを用いた最も簡単な円偏波アンテナ⁽⁷⁾ である。もしホーンの整合状態が不良であってもホーンより反射して来る二つの直線偏波は分岐路でちょうど位相が π だけ相異なるから元の饋電線へは戻り得ない。したがって実用上は 1 図 (a) に示す H 面 T 型分岐の代りに 1 図 (b) のように Magic-T 回路を用いた方がよい。そうすれば反射波は Magic-T 回路の E 面分岐路の方へ逃



1 図 (a) 2 個のホーンによる円偏波の輻射

Fig. 1. (a) Double feeds circulariser.



1 図 (b) 2 個のホーンによる円偏波の輻射

Fig. 1. (b) Double feeds circulariser.

げて行くことができる。なお、Magic-T 回路の H 面分岐路から饋電してアンテナ系が右旋円偏波を輻射する場合に、E 面分岐路から饋電すると左旋円偏波を輻射することになる。よってこのアンテナを円偏波レーダー用い E 面 H 面の分岐路のいずれか一方に送信機、他方に受信機をつけておけば送受切換管が不要になる。しかし、この回路系をパラボラアンテナあるいはレンズアンテナのフィードホーンに用いるとそれぞれ 2 箇のフィードホーンによるアンテナビームの方向が相異なるのでビームの細い高利得のアンテナにはやや具合が悪い。

イ. $1/4$ 波長離れた点から饋電する方法

2 図のように同軸ケーブルで正方形または円形導波管にたがいに $1/4$ 波長離れた点 A と B とから饋電しても円偏波が得られる。この場合にもア節と同様に同軸ケーブルを Magic-T の両腕に接続しておけば、Magic-T の H 面から饋電した時と E 面から饋電した時とでは円偏波の旋回の向きが逆で、反射波は逆旋の円偏波になるので饋電の時とは別の分岐点へ帰ってくる。またこの場合には Magic-T の代りに同軸の T 型分岐を用い、A のケーブルを A と A' とに分け、A と A' ともたがいに $1/4$ 波長離して、方向性結合器と同様な結合にし、B も同様に方向性結合を保たせれば、反射波は同軸ケーブルへは

2 図 饋電点の異なる円偏波アンテナ

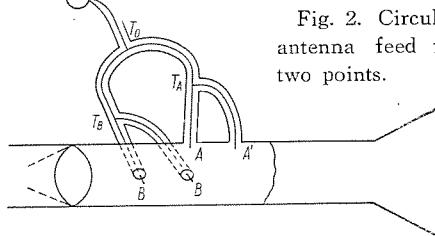
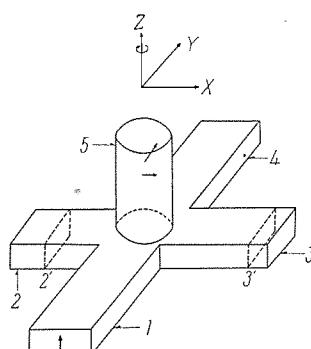


Fig. 2. Circularly polarised antenna feed from different two points.

戻らずにそのまま導波管の後方へ通り抜けて行くからそこに無反射端 D をおいておけばよい。このアンテナ系の欠点は同軸ケーブルと矩形導波管との接合回路があり広帯域にできないことである。なお、方向性結合器の結合を用いない場合には同軸ケーブルと円形または矩形導波管との接合回路に電気ベクトルに平行な格子構造の短絡装置を用うる必要がある。

ウ. Turnstile 回路を用いる方法

3 図に Turnstile 回路⁽⁷⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾ による円偏波発生の原理を示す。分岐路 1 から進行してきた電波のうち、直接導波管 5 に入る電波の電気ベクトルは Y 方向に平行であるが、これと等量の電力が分岐路 2 と 3 とへ等分に分れて同位相で進んで行く。後の 2 者が短絡板 2' と 3' で反射されて再び十字路へ戻ってきた時に両者が相加わ



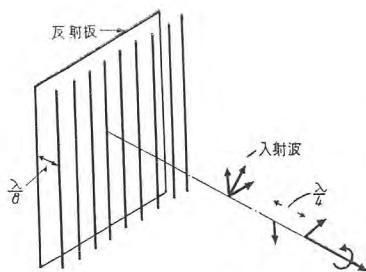
3 図 ターンスタイル回路により円偏波発生

Fig. 3. Generation of circularly polarised wave by means of turnstile circuit.

るため短絡板 2' および 3' の位置を $1/4$ 波長の位置へもってくると、円形導波管 5 の中を円偏波が伝播して行く。この回路は円形導波管中からたとえば右旋円偏波が入ってきた場合に分岐路 1 へ直線偏波が出て行くものとすれば、左旋円偏波がきた時には分岐路 4 へ入って行く。短絡板 2' と 3' の位置を交換すればその逆となる。この円偏波発生装置の欠点は短絡板の位置を極めて正確に保たねばならないことと電圧梢円軸率の周波数特性が良くないことである。

エ. 遮断反射型金属格子を用いる方法

4 図に示す遮断反射型金属格子円偏波発生装置⁽⁷⁾ は金属格子素子が入射波の電気ベクトルと 45° の角度をなしている。格子素子間の間隔は半波長以下にしておいて、格子素子に平行な直線偏波成分は格子の前面で反射するようにしてある。格子素子に垂直な直線偏波成分は格子の背面 $1/8$ 波長の処の金属板で反射され、平行成分との



4 図 遮断反射型金属格子
Fig. 4. Cut-off grating with reflector.

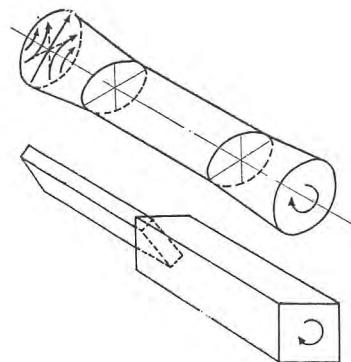
間に $1/4$ 波長の行過差を生じ反射波が円偏波になる。

3. 位相速度差による円偏波発生とアンテナ

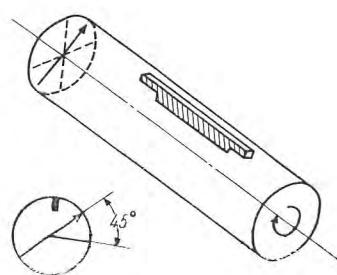
第2番目に考えられる簡単な方法は、直線偏波を等振幅直交2成分に分解して、両者の位相速度の差を利用して $\pi/2$ の位相差を与えて円偏波を発生する方法である。

ア. 二つの伝送姿態の管内位相速度差の利用

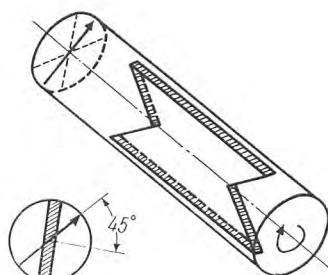
5 図の矩形導波管円偏波発生装置⁽⁸⁾⁽¹³⁾ および楕円導波管円偏波発生装置は電気ベクトルがたがいに直交する二つの姿態の位相速度の差を利用したものである。ただし全く同一の形状の楕円導波管を多数作るのは簡単なことではない。



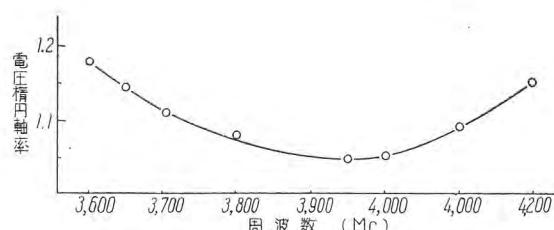
5 図 矩形導波管円偏波発生装置および楕円導波管円偏波発生装置
Fig. 5. Rectangular waveguide circulariser and Elliptical waveguide circulariser.



6 図 鰭付導波管円偏波発生装置
Fig. 6. Metal fin circulariser.



7 図 (a) 誘電体板入導波管円偏波発生装置
Fig. 7. (a) Dielectric plate circulariser.



7 図 (b) 誘電体板入導波管円偏波発生装置
Fig. 7. (b) Dielectric plate circulariser.

6 図の鰭付導波管円偏波発生装置⁽⁷⁾⁽¹¹⁾⁽¹³⁾ は対称形導波管の直交2姿態の位相速度を変えるため鰭を付けたものである。

7 図(a)の誘電体板入り導波管円偏波発生装置⁽⁴⁾⁽⁸⁾⁽¹¹⁾⁽¹³⁾ は同じ目的で誘電体板を挿入したものである。鰭も誘電体板も電気ベクトルがこれに平行な電波に対しては影響が大きくその位相速度を著しく変化させるが、電気ベクトルがこれに垂直なものの位相速度にはほとんど影響ないので、その結果両者間に $\pi/2$ の位相差を生ぜしめるものである。

両姿態の管内波長を λ_{g1} , λ_{g2} とし、生じた位相差を ϕ , 電圧梢円軸率を r とすれば、両波の振幅が等しい時には、

$$r = \sqrt{\frac{1-\sin \delta}{1+\sin \delta}}$$

$$\phi = \frac{\pi}{2} + \delta = 2\pi l \left(\frac{1}{\lambda_{g1}} - \frac{1}{\lambda_{g2}} \right)$$

$$\phi_0 = \frac{\pi}{2} = 2\pi l \left(\frac{1}{\lambda_{0g1}} - \frac{1}{\lambda_{0g2}} \right), \quad (\lambda = \lambda_0)$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\lambda/\lambda_r)^2}}$$

と書けるから、

$$\frac{\partial r}{\partial \lambda} = \frac{\partial r}{\partial \phi} \frac{\partial \phi}{\partial \lambda}$$

$$\frac{\partial r}{\partial \phi} = \frac{-1}{1 + \sin \delta}$$

$$\frac{\partial \lambda_g}{\partial \lambda} = \frac{\lambda_g^3}{\lambda^3}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial \lambda} = \frac{\lambda_{g1} \lambda_{g2}}{\lambda^2} \cdot \frac{\phi}{\lambda} = \frac{\lambda_{g2} - \lambda_{g1}}{\lambda_{0g2} - \lambda_{0g1}} \cdot \frac{\lambda_{0g1} \lambda_{0g2} \pi/2}{\lambda^2} \cdot \frac{\pi/2}{\lambda}$$

$$\left(\frac{\partial \phi}{\partial \lambda} \right)_0 = \frac{\pi}{2} \frac{\lambda_{0g1} \lambda_{0g2}}{\lambda_{0g1}^3}$$

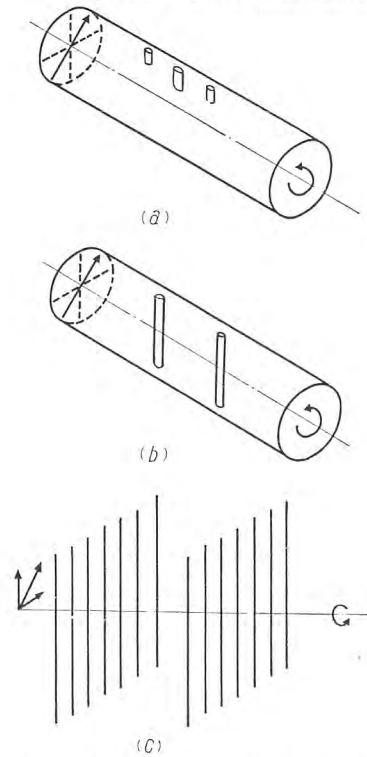
を得る。これより管内波長 λ_g が短かいほど電圧梢円軸率の周波数特性が良いことが知れる。

したがって金属ヒレの厚さあるいは挿入長を大きくするか、誘電体板の厚さあるいは比誘電率を大きくするのがよいように考えられる。しかしながら注意を要するのは、そのようにした場合に一般に入力電圧定在波率が大きくなり、しかもその周波数特性がヒレや誘電体板に平行な電気ベクトルの姿態の波と垂直な姿態の波とで相異なるために、二つの電波の振幅の比が正しく 1 とならずに周波数と共に変化するので、いかなる周波数に対しても梢円軸率が 1 とならない

ことが起り得る。また軸率の周波数特性もかえって悪くなる。誘電体板入りのものは高温あるいは低温において ϵ および $\tan \delta$ の変化以外に機械的性質が劣化するので実用上の欠点が生ずる。7 図 (b) に直径 55.4 ϕ の円形導波管に厚さ 3 mm の誘電体板を入れたものの 4,000 Mc 帯における実験結果を示す。3,600~4,200 Mc にわたって電圧梢円軸率 V.E.R. を 1.1 以下にするには誘電体板の厚さを 3 倍以上にする必要がある。

イ. 集中装荷による位相速度変化を利用したもの

8 図(a)の容量性棒装荷型円偏波発生装置⁽⁷⁾⁽¹¹⁾⁽¹⁴⁾ (b)の誘導性棒装荷型円偏波発生装置⁽⁷⁾⁽¹¹⁾ および(c)の格子円偏波発生装置⁽¹⁷⁾ は共に対称形導波管の直交 2 姿態の一方向に対してのみ有効に装荷することによりその位



8 図 集中装荷円偏波発生装置

Fig. 8. Lumped load circulariser.

- (a) 容量性棒装荷円偏波発生装置
 - (b) 誘導性棒装荷円偏波発生装置
 - (c) 格子円偏波発生装置
- (a) Capacitive post circulariser
(b) Inductive post circulariser
(c) Grating circulariser

相速度を変えて円偏波を発生させるものである。しかし実際には集中装荷素子による位相の偏移を利用しているのであるから、ア節の公式でその周波数特性を算出することはできない。これらのものを広帯域化するには適当な周波数特性の等価サスセプタンスをもった集中装荷素子を用いることと⁽¹⁴⁾、素子の数を増すこと⁽¹¹⁾ とが必要である。なおこのようなものは電波レンズにも利用されていることは周知である⁽¹⁵⁾。また金属格子は電気ベクトルが格子に平行な電波に対しては誘導性であるので、アンテナの誘電体風防の中に金属網を埋込んで誘電体板の容量性反射を打ち消すと共に補強の用をさせるためにも用いられる。

ウ. 位相速度の異なる 2 本の導波管を用いる方法

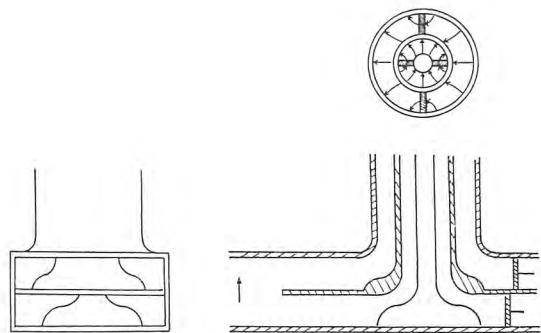
1 図においては迂回路を用いる代りに管内位相速度の異なる導波管を用いてもよい。9 図は同軸の H_{11} 姿態を伝送する二重同軸線路⁽⁷⁾を用いたものであって、矩形導波管を 2 本に分岐させて、ワイングラス型の接合回路で二重同軸線路に二つの H_{11} 姿態を伝送させる。同軸姿態の H_{11} 姿態の管内波長 λ_g は同軸心線径 a 、外筒内径 b と自由空間波長 λ とから近似的に

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - \{\lambda/\pi(a+b)\}^2}}$$

で与えられるから、同軸線路の必要な長さが算出できる。

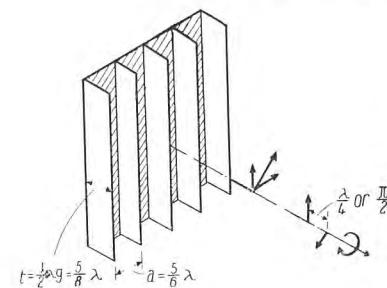
エ. 反射型金属板格子円偏波発生装置⁽⁷⁾

平行金属板格子に電気ベクトルが垂直な電波は板間に



9 図 2 重同軸線路円偏波発生装置

Fig. 9. Dual coaxial circulariser.



10 図 反射型金属板格子円偏波発生装置

Fig. 10. Circulariser reflector.

おいて位相速度が変化しないが、平行な電波は板間間隔 a によって位相速度が変化し、板間波長 λ_g が、

$$\lambda_g = \frac{\lambda}{\sqrt{1 - (\lambda/2a)^2}}$$

にて与えられる。10 図の如く金属板格子の奥行を t とすれば、

$$\frac{2\pi t}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\lambda_g} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi}{2}$$

にて格子の奥行 t と板間間隔 a との関係が定まる。さらに平行成分の格子前面における反射の影響を少くするために

$$t = \frac{1}{2} \lambda_g$$

とすれば

$$n = \frac{\lambda_g}{\lambda} = \frac{v}{c} = 1.25$$

$$t = \frac{5}{8} \lambda$$

$$a = \frac{5}{6} \lambda$$

を得る。

オ. 透過型金属格子円偏波発生装置⁽⁴⁾⁽⁹⁾

11 図はエ. 節の 10 図と全く同じ原理であって、この場合には

$$\frac{2\pi t}{\lambda} - \frac{2\pi t}{\lambda_g} = \frac{\pi}{2}$$

が必要で、また格子前面および背面の反射を少くするためには前節と同様に

$$t = \frac{\lambda_g}{2}$$

が必要で、したがって

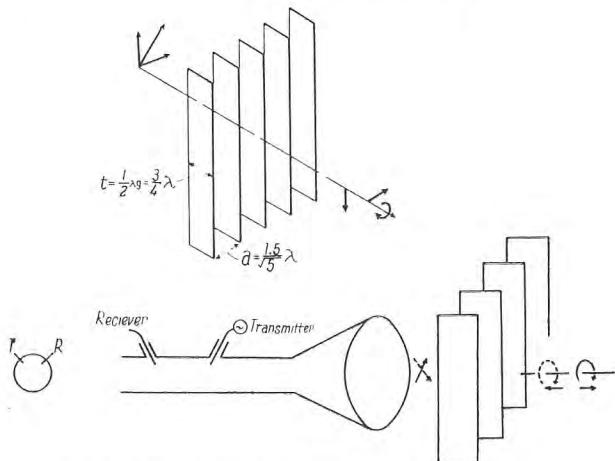
$$n = \frac{\lambda_g}{\lambda} = \frac{v_g}{c} = 1.5$$

$$t = \frac{3}{4}\lambda$$

$$\frac{a}{\lambda} = \frac{1.5}{\sqrt{5}} = 0.671$$

を得る。

この円偏波発生装置は Path-length lens, Delay lens あるいは Metal Plate lens 等の如き異方性レンズアンテナ⁽¹⁵⁾のレンズの先におく場合に有効である。



11 図 透過型金属板格子円偏波発生装置と円偏波を用いた同時送受共用アンテナ系

Fig. 11. Metal plate circulariser and antenna for simultaneous transmission and reception using polarisation duplexing.

カ. 1/4 波長板による送受共用アンテナ系

本章に述べた円偏波発生装置は直交 2 成分の位相速度の差を利用して $\pi/2$ の位相差を生ぜしめることによって直線偏波を円偏波に変換するものであって、これは光学においては Quarter-Wave Plate すなわち $1/4$ 波長板といわれるものである。

いま二つの直交座標系 $O-xyz$ と $O-XYZ$ との Z 軸を共通に電波進行方向にとり、 $\angle xOX = \angle XOy = 45^\circ$ とすると、 $1/4$ 波長板を通る間に Y 軸に平行な成分の位相が 90° 進むものとすれば、

$$e_x = 0, \quad e_y = \sin \beta t$$

$$e_x = e_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t$$

なる電気ベクトルが y 軸に平行な入力を与えた時には出力は、

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t - \frac{\pi}{4} \right), \quad E_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t + \frac{\pi}{4} \right),$$

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad E_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \beta t$$

なる右旋円偏波となり、逆に

$$e_x = \sin \beta t, \quad e_y = 0,$$

$$e_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad e_y = \frac{-1}{\sqrt{2}} \sin \beta t$$

なる電気ベクトルが x 軸に平行な入力を与えた時には出力は

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t + \frac{\pi}{4} \right), \quad E_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t - \frac{\pi}{4} \right),$$

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad E_y = \frac{-1}{\sqrt{2}} \cos \beta t$$

なる左旋円偏波となる。また入力が

$$e_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t - \frac{\pi}{4} \right), \quad e_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t + \frac{\pi}{4} \right),$$

$$e_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad e_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \cos \beta t$$

なる右旋円偏波の時には、出力は

$$E_x = \sin \beta t, \quad E_y = 0,$$

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad E_y = \frac{-1}{\sqrt{2}} \sin \beta t$$

なる x 軸方向に平行な直線偏波となり、逆に $-z$ 方向に右旋円偏波が進んで来た時は $+z$ 方向に見れば左旋で入力は

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t + \frac{\pi}{4} \right), \quad E_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \left(\beta t - \frac{\pi}{4} \right),$$

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad E_y = \frac{-1}{\sqrt{2}} \cos \beta t$$

と書ける。したがって $-z$ 方向に出た出力は

$$E_x = 0, \quad E_y = \sin \beta t,$$

$$E_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \sin \beta t, \quad E_y = \frac{-1}{\sqrt{2}} \sin \beta t$$

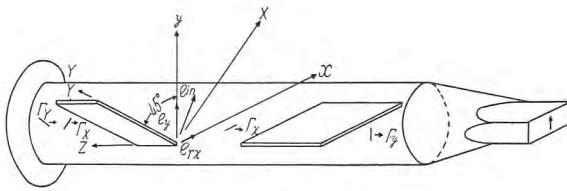
で、 y 軸に平行な直線偏波となる。すなわちこれを要約すれば、

y 軸に平行な $z > 0$ に進む入力→出力は右旋円偏波
 x 軸に平行な $z > 0$ に進む入力→出力は左旋円偏波
 $z > 0$ に進む右旋円偏波の入力→出力は x 軸に平行
 $z < 0$ に進む右旋円偏波の入力→出力は y 軸に平行
 ということになる。

したがって、11 図の如くたがいに直交し、それぞれ x 軸および y 軸に平行な電気ベクトルのみと結合する回路を用いれば、一方は右旋円偏波のみを送受信し、他方は左旋円偏波のみを送受信するから送受共用アンテナ系として用いることができる。 $z > 0$ 方向から見て右回りのものは $z < 0$ 方向から見ると左回りとなるから円偏波は反射に際して旋回の向きが逆転することになり、レーダに円偏波を用いれば反射波は逆旋の円偏波になるから11図のようなアンテナ系は F. M. レーダの如く送受切換管を用い得ない場合には有効である。⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾

キ. 1/4 波長板による反射の防止

12 図に示すように y 軸に平行な電気ベクトルを有する入射波が $1/4$ 波長板を通った後にたとえば右旋円偏波になって出て行くものとすれば、反射波は $1/4$ 波長板を経た後には x 軸に平行になって帰ってくる。処が図のように円形導波管の手前に矩形導波管を接続してある時にはこれは遮断されて矩形導波管の中へは戻って行かないで完全反射されて z 方向へ進んで行くことになる。そうするとこの二重反射波は x 軸に平行であるから再び $1/4$ 波長板を $z > 0$ 方向に通った後には左旋円偏波となって出



12 図 4 分の 1 波長板による反射の防止

Fig. 12. Prevention of reflection by quarterwave plate.

て行く。この場合出て行く波は元の振幅 $\sqrt{1-\Gamma^2}$ なる右旋円偏波と、二重反射による振幅 Γ なる左旋円偏波との合成波になるから完全な円偏波ではなく橢円偏波になる。したがって実用上は 2 章ア節において Magic-T を用いたのと同様に x 軸に平行な電波を完全に吸収してしまう吸収板を $1/4$ 波長板と矩形導波管との間に入れた方が良い。かくすれば出て行く波は常に完全な円偏波となると同時に矩形導波管へは反射波が戻ってこないので都合が良い。

以上のように入射波と直交する電波を完全に吸収する吸収板を $1/4$ 波長板の手前においておけば饋電線に帰る反射波が完全になくなるということは $1/4$ 波長板の先の反射が完全に等方性の場合であって、反射が異方性の場合にはそうはならない。12 図において $1/4$ 波長板よりも先の方で測定した X 軸方向の反射係数を Γ_x 、 Y 軸方向の反射係数を Γ_y とし、 $1/4$ 波長板の手前で測定した時の x および y 方向の反射をそれぞれ Γ_x および Γ_y とし、 $1/4$ 波長板およびその手前には反射が全くないものと仮定すれば、

$$\Gamma_x = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \Gamma_x - \frac{1}{\sqrt{2}} \Gamma_y e^{i\pi} \right) = \frac{\Gamma_x + \Gamma_y}{2}$$

$$\Gamma_y = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \Gamma_x + \frac{1}{\sqrt{2}} \Gamma_y e^{i\pi} \right) = \frac{\Gamma_x - \Gamma_y}{2}$$

となる。すなわち饋電線に戻る反射係数 Γ_y の最小最大は

$$\Gamma_x = \Gamma_y \text{ の時最小で } \Gamma_y = 0$$

$$\Gamma_x = -\Gamma_y \text{ の時最大で } \Gamma_y = \Gamma_x = -\Gamma_x$$

となる。

パラボラアンテナのフィードホーンに付着した雨滴等の反射はほとんど等方性であって Γ_x と Γ_y とは大きさ位相共に大差がないから円偏波アンテナを雨雪対策として用いることは非常に有効である。

ク. 半波長板

$1/4$ 波長板は厚さが適当でなければ、二つの波の位相差が正しく $\pi/2$ にならず、したがって円偏波の代りに橢円偏波が発生する。もし位相差が π になるようすれば、 $1/4$ 波長板を二つ直列に並べたものと全く同じ結果で、直線偏波を入射せしめた時に直線偏波が出て行き円偏波を入射せしめた時に逆旋の円偏波が出て行く、これを光学においては半波長板といっている。

半波長板⁽⁶⁾ の面白い性質は、12 図のように座標軸をとった時に Y 軸と角 α をなして直線偏波を入射さす

と、透過直線偏波の電気ベクトルは角 $-\alpha$ をなして出て行き、半波長板を通る間に電気ベクトルの方向が角 2α だけ回転することである。円偏波発生装置の場合のように $\alpha=45^\circ$ としておけば回転角は 90° となるので j-Rotator とも呼ばれる。

なお、光学において回転偏光といわれる現象は、媒質中の右旋円偏光の速度と左旋円偏光の速度とが異なるために生ずる現象である。とくに磁場を加えた時に生ずる回転偏光をファラデ効果といい、マイクロ波領域においてはフェライト⁽¹⁶⁾ がこれに利用されており、左右両旋円偏波の伝播速度の変るのは導磁率 μ がスカラでなくテンソルで現わされるためと解釈されている。⁽¹⁶⁾

4. 回路の結合を利用した円偏波発生装置

ア. 円形導波管と矩形導波管との結合による円偏波発生装置

13 図の如く H_{11} 波を伝送する円形導波管と H_{01} 波を伝送する矩形導波管とを並列に接続したものを考えてみると、円形導波管中の電気ベクトルは一管内波長 λ_g の間に一回転するから、円形導波管の管軸と矩形導波管の狭い壁に立てた法線とのなす角 θ がほぼ

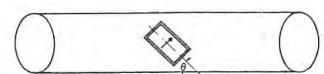
$$\tan \theta = \frac{2\pi a}{\lambda_g}$$

を満たす時に円形導波管中に円偏波が発生されることが知れる。⁽⁷⁾⁽¹¹⁾ ただし a は管の半径である。この場合には円形導波管の両端に無反射端を接続しておけば一方へは右旋円偏波で他方へは左旋円偏波が伝播して行く。右旋と左旋となるのは進む向きが逆になるからであって、電気ベクトルはもちろん同じように回転しているわけである。したがって一方の適正な位置に反射板を設けておけば他方へ円偏波が有効に伝送される。なお、円形導波管に螺旋状に溝を切って矩形導波管を巻きつけても同じ結果が得られる。

13 図 矩形-円形導波管接合回路による円偏波の発生

右旋円偏波 ← → 左旋円偏波

Fig. 13. Double circular polariser

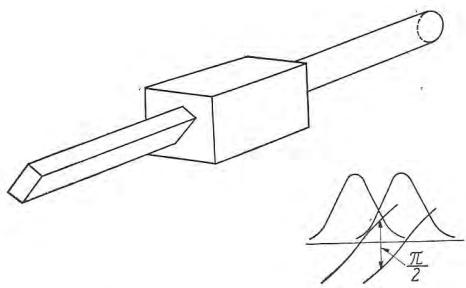


イ. 2 姿態空洞を利用する方法⁽⁶⁾⁽⁷⁾

14 図の 2 姿態空洞型円偏波発生装置は 2 姿態空洞と二つの直交姿態を伝送する導波管との結合の差を利用するものであって、電波の周波数を f_0 とした時に 2 姿態空洞の二つの共振周波数は $f_0 + \Delta f$ と $f_0 - \Delta f$ とであって、 Δf は二つの透過波に $\pi/2$ の位相差を与えるように定める。

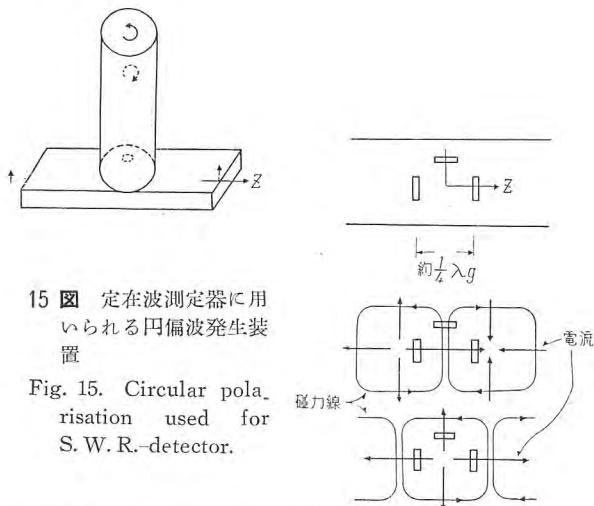
ウ. 方向性結合器に用いられる円偏波発生装置⁽⁶⁾⁽¹⁷⁾

15 図の如く矩形導波管に円形導波管を接続した回路は結合穴が 1 箇の時にはただ 1 点の周波数においてのみ円形導波管中に円偏波を発生する。結合穴を 3 箇にして結合穴の磁気分極率を適当に選べば 2 点の周波数において円偏波を発生ししかもその点を含むかなり広い周波数



14 図 2 姿態空洞型円偏波発生装置

Fig. 14. Production of circular polarisation by double modes cavity.



15 図 定在波測定器に用いられる円偏波発生装置

Fig. 15. Circular polarisation used for S. W. R.-detector.

帶にわたって軸率が 1 に近く実用上円偏波と見做せる梢円偏波となる。15 図において矩形導波管中を $Z > 0$ 方向に進行して行く電波は円形導波管中に右旋円偏波を、 $Z < 0$ 方向に進行して行く電波は左旋円偏波を生ずる。したがって円形導波管中の梢円偏波の軸率を測定すれば矩形導波管中の定在波率が測定できる。

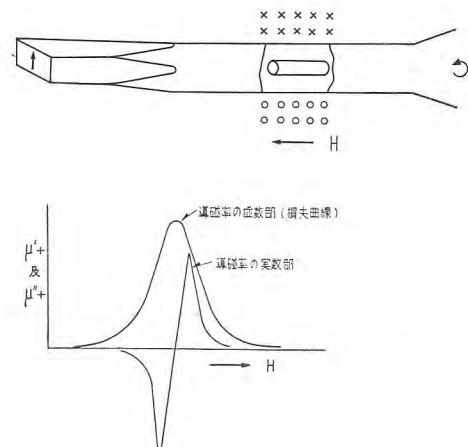
5. 強磁性共鳴吸収を利用する円偏波発生装置⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾

これまで円偏波を二つの直交等振幅位相差 $\pi/2$ の直線偏波の合成と考えたが、これとは逆に直線偏波を等振幅の左右両旋円偏波の合成と考えることもできる。したがって、フェライトの強磁性共鳴吸収を利用して、磁界を共鳴点に持って行き、右旋円偏波成分を吸収除去すれば左旋偏波が残る。16 図にこれを示す。

6. 螺旋アンテナ

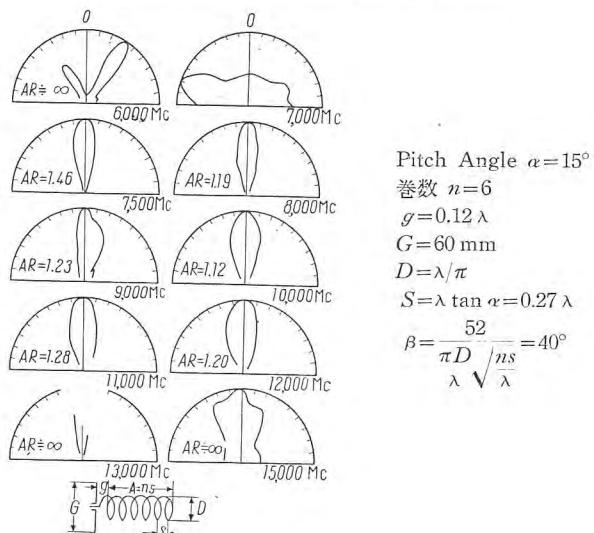
螺旋を用いたアンテナ⁽⁷⁾⁽¹⁸⁾は一回りの螺旋長が半波長程度の場合には Side Beam の円偏波アンテナとして用いることもできるが、この場合には螺旋を中途で逆向きに巻いて垂直偏波成分を除去して水平偏波の無指向性アンテナ⁽¹⁹⁾に用いられている。

通常広く用いられている螺旋ビームアンテナは Axial Mode で動作し Endfire のビームを輻射する円偏波アンテナ⁽¹⁸⁾である。螺旋ビームアンテナは現在 V. H. F



16 図 フェライトの強磁性共鳴吸収による円偏波発生装置

Fig. 16. Production of circularly polarised wave using ferromagnetic resonance absorption of ferrite.



17 図 螺旋ビームアンテナの指向性の周波数特性

Fig. 17. Frequency characteristic of the directivity of helical beam antenna.

および U. H. F. 帯において広く用いられている。⁽¹⁾⁽²⁾

J. D. Kraus の与えている螺旋ビームアンテナ設計の公式はつきの如くである。

すなわち

c =螺旋円筒の直径

$α$ =螺旋のピッチ角, $α=12^\circ \sim 15^\circ$

S =巻線間隔= $c \tan \alpha$

n =螺旋巻数 $n \geq 3$

λ =電波の波長

とした時

$$\text{ビームの電力半值幅} = \frac{52}{c \sqrt{n} \frac{S}{\lambda}} \text{ degrees}$$

$$\text{電力利得} = 11.8 + 10 \log_{10} \left[\left(\frac{c}{\lambda} \right)^2 n \frac{S}{\lambda} \right] \text{ decibels}$$

(Over isotropic circularly polarised source)

$$\text{梢円偏波軸率 A. R.} = \frac{2n+1}{2n}$$

$$\text{入力抵抗} = 140 \frac{c}{\lambda} \text{ ohms}$$

が設計の基準となる。螺旋ビームアンテナの最大の特長は周波数特性が広帯域なことであって、中心周波数の $3/4 \sim 4/3$ の周波数帯において使用可能であって、Conical Helix の場合にはこれよりもさらに広帯域となる。⁽²⁰⁾ 螺旋角度 = 15° 、巻数 = 6 回を一定として、6,000 Mc より 1,000 Mc おきに 15,000 Mc までのものを作つて 9,000 Mc にて測定した結果⁽¹⁰⁾を 17 図に示す。これより 7,500 ~ 12,000 Mc に設計したものが 9,000 Mc にて使用可能であることが知れる。すなわち逆に周波数の高い方は 1.2 倍、低い方は 0.75 倍まで使える。円偏波率は円筒の形と螺旋の巻き始めおよび巻き終りの形状によりかなり大きく影響される。これが上の式から外れる主な原因である。なお、この実験は入力インピーダンス特性を広帯域にしたい場合を考えたものであつて、指向性の周波数特性を主として考える時には螺旋角度を 12.5° とした方が良い。また螺旋ビームアンテナは小型の割にビームが細く利得の高いのも特長である。欠点は構造の弱いことであるが、最近はガラス繊維入りポリエチレン樹脂円筒の中に螺旋を埋め込むことができるようになりこの欠点も除かれた。

7. あとがき

以上種々の円偏波発生装置をその原理によって分類解説し、円偏波アンテナについて説明したが、通信用アンテナとしては反射波の除去、特殊レーダアンテナとしては送受共用回路に用い得るのが最大の利点であつて、円偏波は伝播特性の点にも長所があり、円偏波アンテナは将来有望なものと考えられる。

参考文献

- (1) E. F. Haris; "Helical-Beam Antenna Performance" *Communication Eng.*, Vol. 13, No. 4, pp. 19~20, 44~45, July-Aug., 1953.
- (2) 青柳、宮脇、藤原、和田; "円偏波 U.H.F. アンテナおよび電波伝播実験について" 昭和 28 年度電気 3 学会連合大会講演予稿, p. 393.
- (3) Walter van B. Robert; "Rotary Wave Radar" *Electronics*, Vol. 19, pp. 130~133, July, 1946.
- (4) David G. C. Luck; "Frequency Modulated Radar" pp. 43~44, (McGraw Hill Book Co., Inc., 1949).
- (5) The staff of the R. R. L., Harvard University, "Very High Frequency Techniques" Vol. I, pp. 260~264, (McGraw-Hill Book Co., Inc., 1947).
- (6) 三戸、喜連川; "マイクロ波円偏波アンテナ" 電気通信学会アンテナ研究専門委員会資料, 昭和 30 年 2 月 16 日.
- (7) 津村、喜連川、三戸、浅井; "円偏波発生方式" 昭和 30 年電気 3 学会連合大会講演予稿 p. 598.
- (8) 喜連川、三戸、浅井、村井; "複姿態伝送型円偏波発生装置" 昭和 30 年電気 3 学会連合大会講演予稿 p. 596.
- (9) 薄井、三戸、浅井、村井; "導波管型円偏波発生装置" 昭和 30 年電気 3 学会連合大会講演予稿. p. 597.
- (10) 三戸、仲矢、津村、喜連川; "螺旋ビームアンテナ指向性の周波数特性" 昭和 30 年電気 3 学会連合大会講演予稿, p. 611.
- (11) G. L. Ragan; "Microwave Transmission Circuits" pp. 369~379. M. I. T. Radiation Laboratory Series, Vol. 9, 1948.
- (12) 吉田信一郎; "タンスタイル分岐回路について" 電気通信学会誌, Vol. 35, No. 10, pp. 466~471, 昭和 27 年 10 月.
- (13) L. G. H. Huxley; "Wave Guides" pp. 99~101, Cambridge University Press, 1947.
- (14) Alan J. Simmons; "A Compact Broadband Microwave Quarter-Wave Plate" *Proc. I. R. E.*, Vol. 40, pp. 1089~1090, Sept., 1952.
- (15) 喜連川隆; "マイクロ波アンテナの諸問題" 三菱電機, Vol. 28, 昭和 29 年臨時号無線機特集 pp. 15~27.
- (16) C. L. Hogan; "The Ferromagnetic Faraday Effect at Microwave Frequencies and its Applications—The Microwave Gyrator" *B. S. T. J.*, Vol. 31, No. 1, pp. 1~31, Jan., 1952.
- (17) S. B. Cohn; Impedance Measurement by Means of a Broadband Circular Polarization coupler" *Proc. I. R. E.*, Vol. 42, No. 10, p. 1554~1558, Oct., 1954.
- (18) J. D. Kraus; "Antennas" pp. 173~216, McGraw-Hill Book Co. Inc., 1950.
- (19) L. O. Krause "Sidefire Helix UHF-TV Transmitting Antenna" *Electronics*, Vol. 24, No. 8, pp. 107~109, Aug., 1951.
- (20) J. S. Chatterjee; "Radiation Field of a Conical Helix" *Jour. App. Phys.*, Vol. 24, No. 5, pp. 550~559, May, 1953.

7,000 Mc 帯広帯域クリスタルマウント

無線機製作所

喜連川 隆*・東野義夫*・武市吉博*

Broad-band Crystal Mount for 7,000 Mc Band

Takashi KITSUREGAWA · Yoshio HIGASHINO · Yoshihiro TAKEICHI

Electronics Works

The mixer crystal mount for 7,000 Mc band microwave communication equipment has been studied with trial manufactures. As a result, it has been revealed that both the crystal mount with a low impedance waveguide and the off-set crystal mount on the standard waveguide are of broad band. Their input impedance due to the replacement of crystal detectors fluctuates little. They are simple in construction and easy to manufacture, having little conversion loss of the mixer and low over-all noise figure of the receiver.

1. まえがき

マイクロ波通信機およびレーダ等の混合器に一般に用いられているいわゆる弾薬型の鉱石検波器は 1N21 シリーズは 3,000 Mc 帯用に、1N23 シリーズは 10,000 Mc 帯用に設計されたものであって、使用周波数に対して設計したものを用いるのが良いのは当然である⁽¹⁾。しかしどくに 7,000 Mc 帯用に設計されたものはないので、通常 1N23B 等が用いられているが、この場合には導波管に取り付ける装置になんらかの工夫が必要になる。

鉱石検波器 1N23B 等を 4,000 Mc 帯あるいは 7,000 Mc 帯に用いるための鉱石検波器取付装置はすでに種々のものが研究され報告されているが^{(2)~(6)}、7,000 Mc 帯マイクロ波通信機の混合器に用いる鉱石検波器取付装置を試作研究の結果、低インピーダンス矩形導波管を用いた鉱石検波器取付装置⁽⁷⁾と標準矩形導波管の広い方の壁の中心線から外して狭い壁の方へ片寄せて取り付けた鉱石検波器偏置取付装置⁽⁸⁾とが共に入力インピーダンスの周波数特性が広帯域でしかも鉱石検波器の取り換えによる入力インピーダンスの変化が少く、構造簡単製作容易であって、かつ混合器に用いた場合に変換損失が少く、通信機混合器用として良い成績を得たので、以下にその概略を記す。

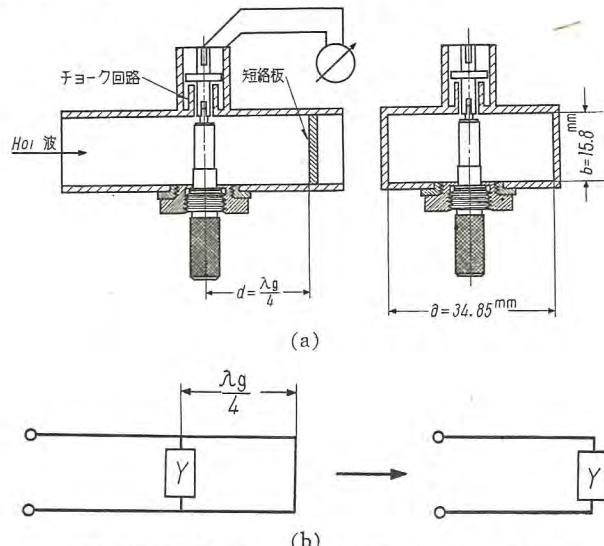
2. 鉱石検波器の入力アドミタンス

鉱石検波器 1N23B を 10,000 Mc 帯矩形導波管に取

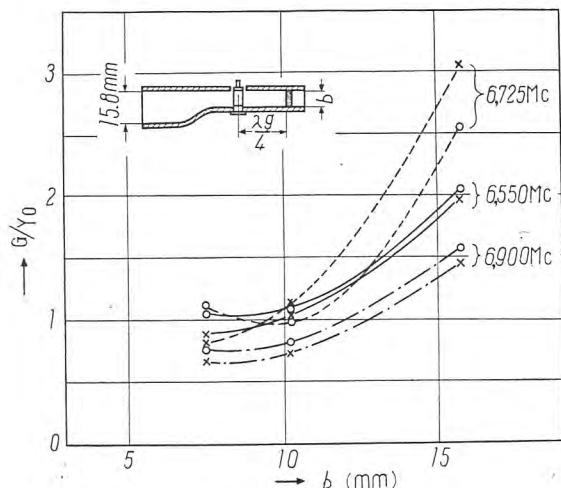
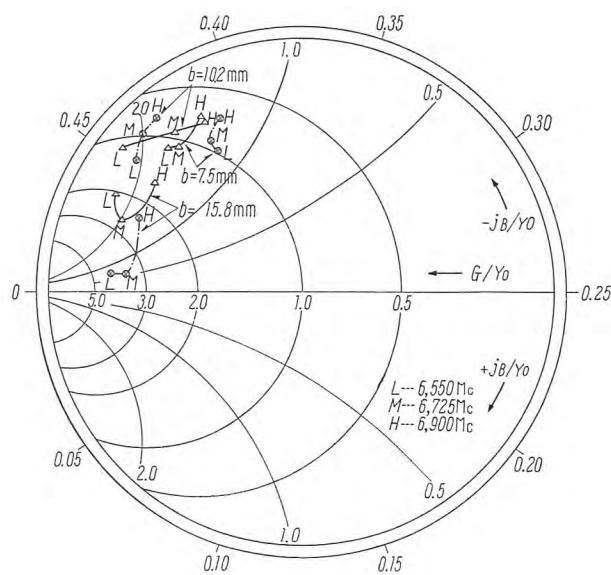
り付けるのと同様な方法、すなわち 1 図 (a) のように 7,000 Mc 帯矩形導波管に取り付けて、後方の短絡板と鉱石検波器との距離を 4 分の 1 管内波長に保つと 1 図 (b) から知られるように鉱石検波器の入力アドミタンス Y が測定できる。6,575 Mc~6,875 Mc の中心 6,725 Mc にて測定すると、

$$Y = \frac{G}{Y_0} - j \frac{B}{Y_0} \\ = (1.8 \sim 3.5) - j(1.5 \sim 2.5)$$

なる値が得られる。ここに Y_0 は導波管の特性アドミタン



1 図 10,000 Mc 帯導波管におけると同様な取付方法
Fig. 1. Mounting method like that for 10,000 Mc band.

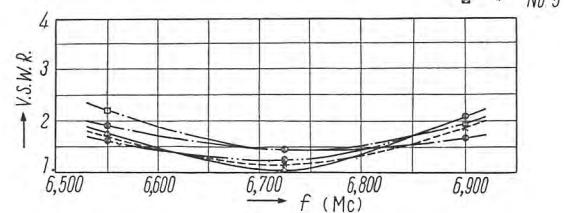
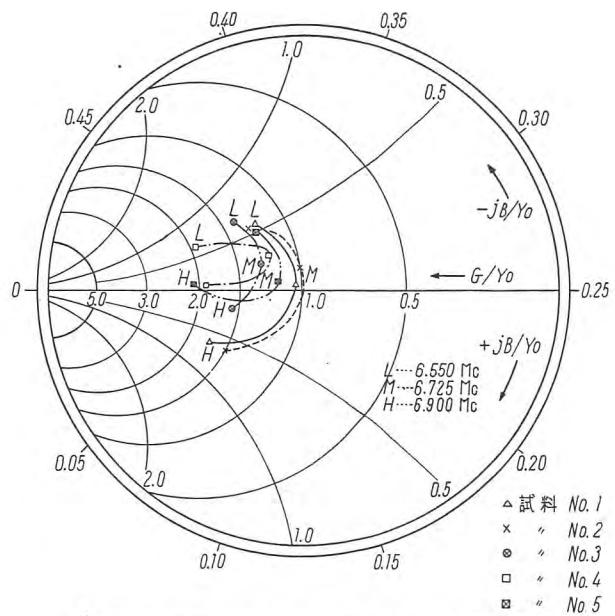


2 図 狹壁の幅 b と入力アドミタンスおよびコンダクタンス
Fig. 2. Input admittance and conductance, varying
the wide b of the narrow side wall.

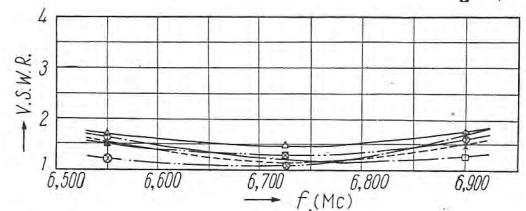
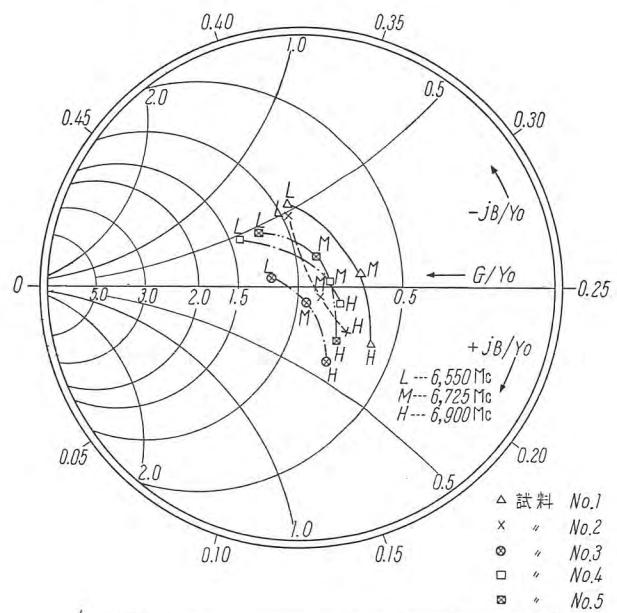
スである。このように鉱石の規準化インピーダンスがかなり低いので、簡単にうまく整合を探るには低インピーダンス導波管⁽⁷⁾を用いるか、あるいは導波管の広い壁の中心線から外して狭い壁の方に片寄せて取り付け⁽⁸⁾て規準化コンダクタンスを1とし、しかる後に短絡板までの距離 d を変えて規準化サスセプタンスを零とすれば良いことが知れる。なお測定の場合の鉱石検波器整流電流はすべて0.5 mAとした。これは周知の如く変換損失を少くするために適当な値である。

3. 7,000 Mc 帯低インピーダンス導波管鉱石検波器取付装置⁽⁷⁾

矩形導波管の H_{01} 姿態波に対する特性インピーダンス $1/Y_0$ は狭い方の壁の幅 b に比例するので、 b を変えて鉱石検波器の等価規準化コンダクタンス G/Y_0 を測定したのが2図であって、 $b=8\sim10$ mm の時に $G/Y_0 \approx 1$ となることが知れる。次に規準化サスセプタンスを零とするた



3 図 $b=10.2$ mm, $d=23.5$ mm の時の入力アドミタンス
と入力電圧定在波率
Fig. 3. Input admittance and voltage standing wave
ratio, when $b=10.2$ mm and $d=23.5$ mm.



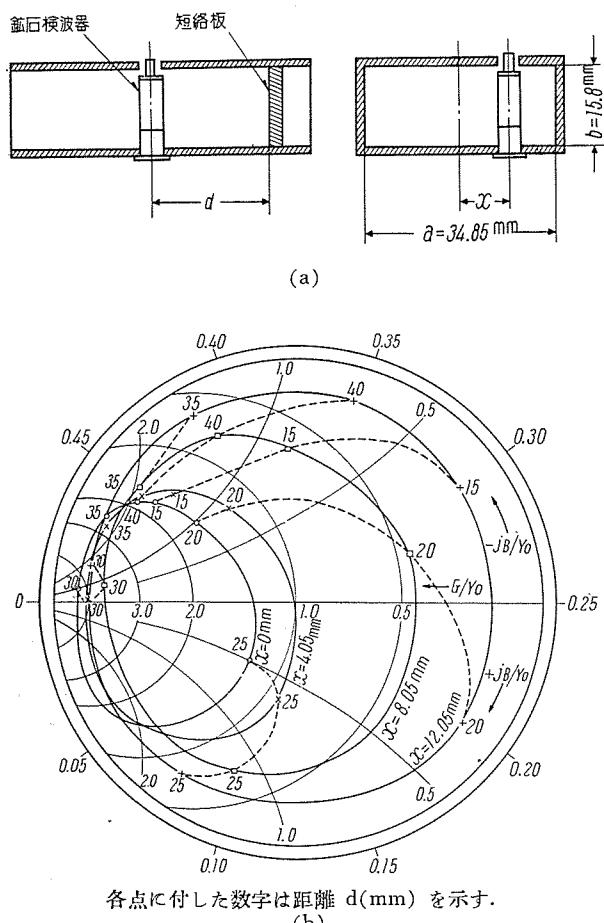
4 図 $b=7.5$ mm, $d=22.5$ mm の時の入力アドミタンス
と入力電圧定在波率
Fig. 4. Input admittance and voltage standing wave
ratio, when $b=7.5$ mm and $d=22.5$ mm.

めに短絡板の距離 d を調整する。 $b=10.2\text{ mm}$, $d=23.5\text{ mm}$ および $b=7.5\text{ mm}$, $d=22.5\text{ mm}$ に対する測定結果をそれぞれ3図および4図に示す。これより狭い壁の幅 b には相当大きな寸法公差が許されることが知られる。また、とくに鉱石検波器を取り換えるも、入力電圧定在波率 V.S.W.R. は所要周波数帯 6,575~6,875 Mc において 2 を越えないから混合器回路には安心して使える。

なお、変換損失も少く、これを混合器に用い、局部発振器の雑音を濾波器で抑えかつ高調波に対するその電気的位置を移相器で調整した場合の受信機総合雑音指数は良い鉱石で 11 db よりもやや低く大体 12 db 前後である。

4. 7,000 Mc 帯鉱石検波器偏置取付装置⁽⁸⁾

矩形導波管の H_{01} 姿態波の電界は、管軸に垂直で狭い壁に平行になっており、広い壁に沿う方向に正弦分布をしているので、5図 (a) のように鉱石検波器を広い壁の中心線から外して狭い壁の方へ距離 x だけ片寄せて、 x を変えて入力アドミタンスを測定したのが5図 (b) である。 $x=4.05\text{ mm}$ の時、規準化入力アドミタンス Y が大体 $G/Y_0=1$ の円に沿って変化しているので、次に短絡板の距離 d を調整し、規準化サスセプタンスを零にすれ

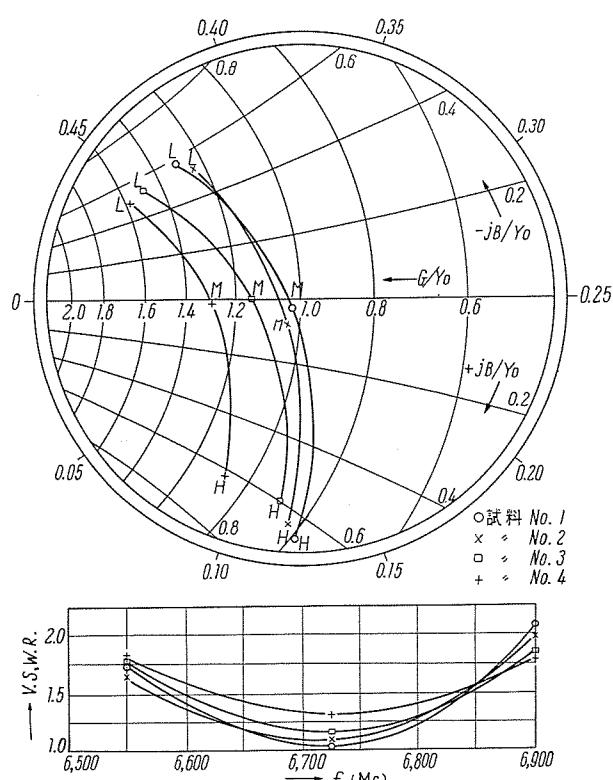


5図 鉱石検波器の偏位置 x と入力アドミタンス x of the crystal detector.

ば整合が採れる。次に $x=4.05\text{ mm}$, $d=23.6\text{ mm}$ として、入力アドミタンスの周波数特性を測定したのが6図である。 x の値をもう少し大きくした方が良いことが知れるが、鉱石検波器を取り換えても所要周波数帯 6,575~6,875 Mc において入力電圧定在波率 V.S.W.R. が 2 を越えないことが知れる。このように測定結果は前節の低インピーダンス導波管を用いたものとほとんど同じである。なお、本節のものも前節のものも共に設計上注意を要するのは鉱石検波器取付保持具すなわち IF 取出回路のチョークの付近の設計であって、これが不適当であれば以上のような良い結果を得ることはできない⁽⁴⁾。

5. むすび

以上のように 7,000 Mc 帯のマイクロ波通信装置用の鉱石検波器マウントにつきこの試作研究の報告を終るが、結論として低インピーダンス導波管用鉱石マウントおよび標準型導波管に中心より外してマウントしたものは共に広帯域となるものであって、適当に注意すれば、鉱石の取換によるインピーダンス変化も極小にすることができるものである。それらの構造は簡単で製作も容易である。また混合器としての変換損失も少なく、受信機全体の雑音指数も優秀である。これによって 1N23B 等他の帯域用のものでも充分に 7,000 Mc 帯に流用できることを報告して擇筆いたしたい。



6図 偏置取付装置の入力アドミタンスと入力電圧定在波率, $x=4.05\text{ mm}$, $d=23.6\text{ mm}$.

Fig. 6. Input admittance and voltage standing wave ratio of the off-set mount, $x=4.05\text{ mm}$ and $d=23.6\text{ mm}$.

文 献

- (1) C. R. Ditchfield: "Crystal-Mixer Design at Frequencies from 20,000 to 60,000 Mc/s" Proc. I. E. E. Vol. 100, Part III, No. 68, pp. 365~371, Nov., 1953.
- (2) 戸田, 河中: "導波管への鉱石取付の一方法について" 昭和27年10月電気3学会連合大会予稿, p. 133.
- (3) 田中, 江崎: "概超短波用平衡混合器の新方式(その2)" 昭和28年電気3学会連合大会予稿, p. 439.
- (4) 柳井, 浜崎, 田幸: "7,000 Mc 用鉱石検波回路について" マイクロ波通信研究総合研究委員会通信機器科会報告 I-19-64, 昭和29年7月26日.
- (5) 柳井, 浜崎, 田幸: "7,000 Mc 用広帯域鉱石検波回路について" 昭和29年10月電気3学会連合大会予稿, p. 527.
- (6) 鈴木, 石引: "概超短波平衡型混合器の一方式" 昭和30年電気3学会連合大会予稿, p. 646.
- (7) 喜連川, 東野: "低インピーダンス導波管を用いた7,000 Mc 帯用鉱石検波器取付装置" マイクロ波通信研究総合研究委員会通信機器科会資料 I-14-47, 昭和29年2月22日; 昭和29年10月電気3学会連合大会予稿, p. 528.
- (8) 喜連川, 東野, 武市: "7 Gc 帯矩形導波管鉱石検波器偏置取付装置" マイクロ波通信研究総合研究委員会通信機器科会資料 I-22-77, 昭和29年11月15日; 昭和30年電気3学会連合大会予稿, p. 645.

特 許 紹 介

最近登録された当社の特許および実用新案

区 別	名 称	特 訸 ま た は 登 録 日	特 訸 ま た は 登 録 番 号	発 明 考 案 者	所 属
特 許	積算電流自乗計	30- 4-25	213103	山 總 穆	福 山
新 案	二車両連結ジーゼル電気機関車制御装置	30- 4-11	426859	繩 井 一 雄 浅 越 泰 男	伊 丹
"	誘導型計器継電器の回転子	30- 4-11	426858	佐 藤 貞 雄	福 山
"	積算計器円板逆転防止装置	30- 4-11	426860	篠 村 益 雄	"
"	積算計器円板逆転防止装置	30- 4-11	426861	"	"
"	誘導型計器、継電器の逆転防止装置	30- 4-11	426862	加 藤 義 明	"
"	軸 受 装 置	30- 4-11	426863	奥 田 文 昌 杉 山 文 昌	名 古 屋
"	歯車クラウニング装置	30- 4-11	426864	国 崎 重 一	福 岡
"	車輌用平軸受装置	30- 4-12	426896	近 藤 善 通 小 原 太 郎	伊 丹
"	ジーゼル電気機関車制御装置	30- 4-20	427270	繩 井 一 雄 浅 越 泰 男	"
"	ジーゼル電気機関車主幹制御器	30- 4-20	427271	待 大 和 正 繁	"
"	熱型継電器の接触子開放装置	30- 4-27	427595	平 野 琢 磨	福 岡
"	押 鉗 装 置	30- 4-27	427598	山 總 満	"
"	直 流 気 中 遮 断 器	30- 4-28	427696	小 路 誠 春	神 戸
"	ジ ュ ー ス ミ キ サ の コ ッ プ	30- 4-28	427697	杉 山 昌 司	名 古 屋
"	水 銀 整 流 器	30- 4-28	427698	加 藤 又 彦	伊 丹
"	湿式磁気選鉱機	30- 4-28	427699	河 合 登 雄 小 堀 富 次 柳 下 儀 兵	大 船
"	浸 水 警 報 器	30- 4-28	427769	山 田 武 夫 福 今 留 宗 夫 北 今 夫 夫 次	島 津 長 崎

MT 管 150 Mc / FM 無線機

無線機製作所

津村 隆*・岡谷 重雄**
黒田 忠光**・上野 芳雄**

150 Mc/FM Communication Equipment using Miniature Tubes

Takashi TSUMURA · Shigeo OKAYA
Tadamitsu KURODA · Yoshio UENO

Electronics Works

There has been 150 Mc/FM radio communication equipment using GT tubes among standard Mitsubishi products for some time. But new sets with miniature tubes have been developed to take the place of the old ones after one year's studies to gain confidence in both the stability of the tubes and comprehensive design.

1. まえがき

当社は従来 GT 管使用の 150 Mc/FM 無線機を標準製品として生産してきたが、MT 管使用の小型新標準製品の開発については、過去約 1 カ年間種々研究を重ね、一方 MT 真空管もほぼ安定化し満足すべき域に達したので過去の使用実績および将来の用途に対する調査研究の結果制御器をも含め標準化を完了、量産態勢に入ることになった。

なお警察庁においても警察機構の改変に伴い、150 Mc/FM 機を制式化されるので、当社は過去の PR-2 型無線機において収めた実績を基としてこの MT 管機の試作を完了したのである。

2. 戦後における VHF 無線機の発達経過

戦後の無線界において最も著しい発展を見たもの一つとして VHF 通信をあげることは何人も異論のないことと思う。真空管の発達と戦時の軍用周波数の開放に刺激された VHF 通信はまず国家地方警察の 30 Mc 帯通信網の開設によりその口火が切られた。30 Mc/FM 無線機のコンクール、またこれにつき自治体警察用 150 Mc/FM 無線機と各メーカーはこの種小型 FM 通信機のコンクールにまた受注に狂奔したのであった。国警、自治警のこの種無線機の需要は逐年増加し、一方また鉄道、新

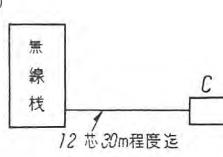
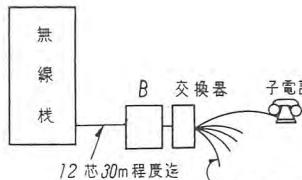
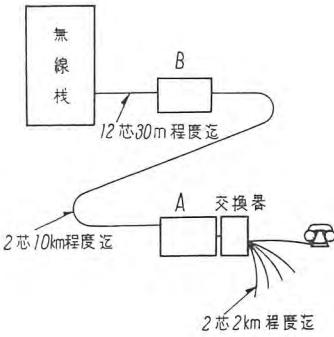
聞、電力、ガス、放送を始め各県庁、商社、銀行、港湾等一般民間にも広く利用されるに至り、150 Mc 帯の周波数割当は大都市周辺においては既にその極限に達した感がある（注：現在の割当基準は 80 kc である）。電波監理局ではこの割当再編成を考慮され近く 60 kc または 40 kc 間隔の割当を行われる由であるがこれが実現の暁には現用の 50% あるいは 100% の施設増加が期待されるものである。この割当変更は必然的に機器の性能向上を要求するものであり、現在までの GT 管使用の当社標準機においては 60 kc 割当においては充分使用可能であるが 40 kc 割当においては隣接チャンネルとの混信妨害を完全に除去することは困難である。今回標準化のものはいずれもこの点を充分に考慮し、近い将来実施予想の 40 kc 割当に対しても安心して使用願われるものである。

3. 送信出力の標準化

今までこの種機器の出力は固定においては 50 W、移動においては 25 W が一定の標準とされていたが、これは出力管の定格および国家地方警察用 30 Mc 無線機（PR-2）および自治警 150 Mc/FM 機の仕様との関連においてでき上ったものと思われる。各種の使用実績より新標準としては、一応固定 50 W、移動 25 W、10 W および 0.5 W の四種とした（1 表および 2 図参照）。

4. 受信機の特性

前述の通り 40 kc 割当実施の暁においても充分満足に使用できるよう、また最近とくに問題となりつつある混変調に対しても充分考慮し、次の如き性能を有するものとした。すなわち選択度については受信周波数より ± 40 kc 離れた周波数阻止は 80 db 以上また妨害波による感度低下は次の如き規格を満足するものである。すなわち希望信号による 20 db 雑音抑圧感度の低下が 6 db となる受信周波数より 80 kc 離れた非変調妨害信号は 20 db 雑音抑圧電圧より 85 db 以上大きい。またインター・モジュレーションに関しては 20 db 雑音抑圧電圧と同じ値のインター・モジュレーション積を生ずる無変調同振幅の受信周波数より同方向に 80 kc, 160 kc 離れた妨害波入力が 20 db 雑音抑圧電圧より 60 db 以上である如く考慮した。以上の規格は警察庁において制式化を考慮されつつある 150 Mc/FM 標準機の性能と同程度のものであ

種類	説明
(1)	<p>制御項目 Hand mic (または Stand mic) と Speaker による Press-talk 式通話 呼出操作、雑音制御、音量調整 Pilot lamp による電源標示 同上 送信標示 Level 計による送話音量監視</p> 
(2)	<p>制御項目 〔B. A. 子電話〕 Hand mic (または Stand mic) と Speaker による Press-talk 式通話 (a) B-A 間有線通話 (b) B (または A) - 子電話間有線通話 (A 傍示) (c) B-相手局間無線通話 (d) A-相手局間無線通話 (B 傍示) (e) 子電話-相手局間無線通話 (B, A 傍示) 雑音制御 (ただし、A および子電話には無し) 音量調整 (ただし、子電話には無し) 制御器電源開閉 (同上) Pilot-lamp による電源標示 (同上) 同上 送信標示 (同上) Level 計による送話音量監視 (同上)</p> 
(3)	<p>〔交換器〕 子電話の呼出操作 (Bell) 子電話の通話中継 有線、無線切換操作 子電話より呼出された時の標示 (Pilot および Signal) 子電話の話中標示 (同上) (a) 交換器で子電話が話中であることを知り得る (b) 子電話が Handset を持ち上げた時、他の子電話が話中であることをその子電話が知り得る 子電話の終話標示 (同上)</p> 

1 図 制御器 (固定用) 標準 Fig. 1. Classified list of controllers (for stationary use).

1 表 MT 管 150 Mc/FM

標準機種分類表

出力分類	形 式	備 考
同 定 用	50 W キャビネット形 (1) 交流電源付ユニット形 (可搬形) (2) 机上形 (1) 机上形 (制御器自蔵) (2) 交流電源付ユニット形 (可搬形)	送信出力管: 2B29 使用 高さ: 幅: 奥行: 寸法: (1600 × 600 × 450) 以下 送、受信部共 50 W 形と同一寸法 本体: (220 × 260 × 470) 以下 電源: (220 × 220 × 470) 以下 準標準
移 動 用	10 W ユニット形 25 W	送信出力管: 2B32 使用 寸法: (230 × 520 × 480) 以下 寸法 本体: (220 × 300 × 440) 以下 電源: (220 × 220 × 470) 以下 送、受信部は固定用と同一寸法 本体: (250 × 260 × 470) 以下 電源: (250 × 175 × 470) 以下 全重量 本体: 23 kg 以下 電源: 23 kg 以下
25 W	ユニット形	送、受信部は固定用と同一寸法 (220 × 300 × 440) 以下 重量 30 kg 以下
10 W	ユニット形 送受、電源部共本体組込 Convertor 1ヶ使用	送、受信部は固定用と同一寸法 (220 × 300 × 440) 以下 重量 30 kg 以下
Walkie-Talkie 電源は Dry Battery 及び Wet Battery	Sub-Miniature 使用 使用時間 Dry: 1 時間/日 1 週間	
0.5 W	背負パック付あるいは片方肩掛バンド付 (または手さげ携行)	Wet: 5 時間連続 全重量 Dry: 7.5 kg 以下 Wet: 13 kg 以下 送信出力管: 573AX 2 本使用

MT 管 150 Mc/FM 無線機・津村・岡谷・黒田・上野

り現在わが国におけるこの種無線機としては最高級のものである。

5. 標準機の形態による分類

今まで広く利用してきたこの種無線機は、大別して固定業務用 (基地局用) と移動業務用 (移動局用) の二種に分類され得るが、最近の需要面での特長として、移動用をそのまま交流電源にて動作せしめ得る方式のものもかなり現われてきている。このような形式のものを一応可搬用と呼ぶこととする。1 表はこの形態別による出力の分類である。

前述のように当社として各方面の顧客の要求に応ずるには 1 表にかかげた程度のものを標準として在庫して置かねばならぬのである。

6. 制御系の標準化

制御系統の標準化は現在までの納入実績を基礎とし、でき得る限り最少限の制御器の組

合せにより、できるだけ広範な用途に応じ得るように研究したのであるが、今日までの顧客の箇別の要求を分類整理して見ても判然とする如く、実に多岐多様でありこの多種の要求を如何なる場合においても完全に満足せしめることは不可能に近いのである。制御系統の大系としては全く同一であってもその細部の操作方法、または通信士の勤務状況の変化による適応性は必ずしも同一でなく、今回の標準化において最も苦心した処であるが、幸にしてここに得た結果はかなり広範囲の要求に応じ得るものと確信しており、多少の操作面での問題は運用面において補い得るものと考え、標準化による原価の低減と、迅速なる納入にその主力を注ぐ方針のもとに立案したものである(1図)。

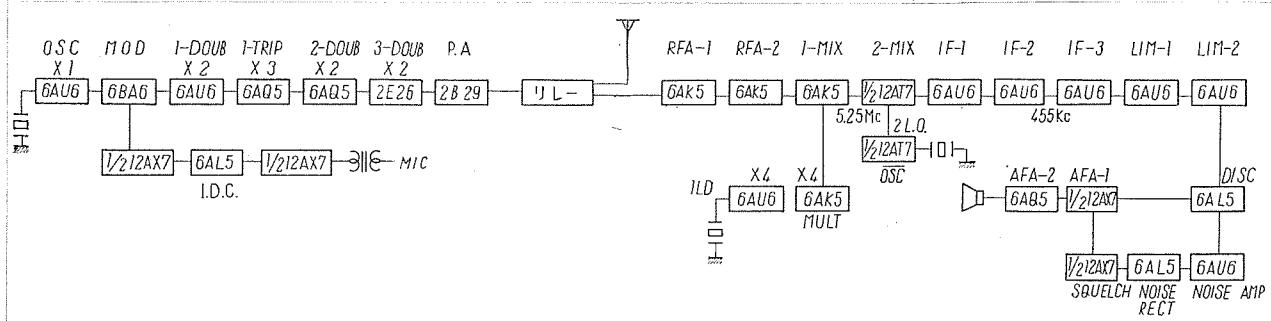
7. 各機器の概要

ア. 50 W 固定用無線機

送信部および受信部の大略の電気特性は2表の通りである。外観はキャビネット形とし据置面積の縮少をはかっている。なお架内部は必要に応じ警報部あるいは現用予備を並設する場合の切換部等を収容し得る如く充分余裕を見ており、各種制御器との接続に關しても充分意を用い、場合によっては制御器の一部を組込むことも可能である。本機はその電気的特性はもちろん他の諸特性も固定通信用として充分なものであり、また送受信部は各々移動用 25 W と同一品であるため振動、衝撃に対しても充分耐え得るものである(2図参照)。

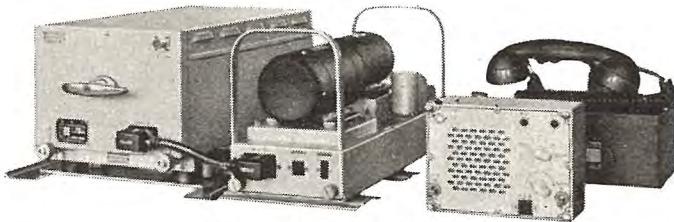
2表 50 W(固定)および25 W(可搬および移動)送、受信機電気特性 *印は25 W 移動用の場合を示す

送信機	受信機
送信出力	55 W 以上(25 W 以上)
周波数範囲	148~156 Mc
周波数許容偏差	-20°~+50°Cにおいて ±0.003 % 常温において ±0.001 % 以内に調整可能
最大偏移	1 kc 以下 ±15 ラジアン
〃	1 kc 以上 ±15 kc
変調周波数特性	1 kc 基準 0.3 kc -10.5±3 db 2 kc +4±3 db 3 kc +6±3 db
変調直線性	600 c/s 15 ラジアン迄直線的
変調入力	1 kc 70% 変調において -4±2 bdm
変調入力インピーダンス	0.3~3 kc において 40±10 Ω
残存振幅変調含有量	1 kc 100% 変調において 5% 以下
スプリアス周波数輻射強度	帯域内 -70 db 以下 帯域外 -60 db 以下
残存雜音変調	1 kc 70% 変調信号に対し -45 db 以下
歪率	600 c/s 15 ラジアンにおいて -20 db 以下
電源所要入力	低圧 6.3 V (5.9 V) 8.5 A 以下 (8 A 以下) 第二高圧 250 V 120 mA 以下 第一高圧 500 V 330 mA 以下 (200 mA 以下)
出力回路	不平衡 75 Ω 定圧波比 2 以下に整合可能
動作定格	10 秒動作 10 秒停止 連続
通倍数	24 通倍 (×2×3×2×2)
水晶片形式	HC/6U 恒温槽付
	周波数範囲 第一局部発振周波数許容偏差 常温において ±0.001 % 以内に調整可能
	帯域幅 入力インピーダンス スプリアス周波数感度 選択度 スケルチ感度
	S/N
	周波数特性 1 kc 100% 変調において 入力 0 db 20 db 以上 入力 20 db 35 db " 入力 30 db 40 db "
	最大無歪出力(10% 歪) 第二局部発振周波数 第一 "
	動作定格 妨害信号特性
	混変調特性 希望信号に上る 20 db 雜音抑圧感度の低下が 6 db となる受信周波数より 80 kc 離れた非変調妨害信号は、20 db 雜音抑圧電圧より 85 db 以上 20 db 雜音抑圧電圧と同じ値のインタモジュレーション積を生ずる、無変調同振幅の受信周波数より同方向に 80 kc, 160 kc 離れた妨害波入力は 20 db 雜音抑圧電圧より 60 db 以上
	電源所要入力 水晶片形式
	6.3 V *(5.9 V) 6.5 A 以下 *(6 A 以下) 230 V 120 mA 以下 HC/6U 恒温槽付





2 図 50 W/25 W 用送受信機
Fig. 2. 50 W/25 W
Transmitting and receiving
apparatus.



3 図 25 W 移動用外観
Fig. 3. 25 W Portable set.

イ. 25 W 移動用無線機

前述アの50 W 無線機の送、受信部をそのまま使用し、これに6 V 直流電源にて動作する直流コンバータ電源を付加したものである(3図参照)。振動および衝撃に対しては既に定評のある当社二重クッションを使用し、万全を期してお

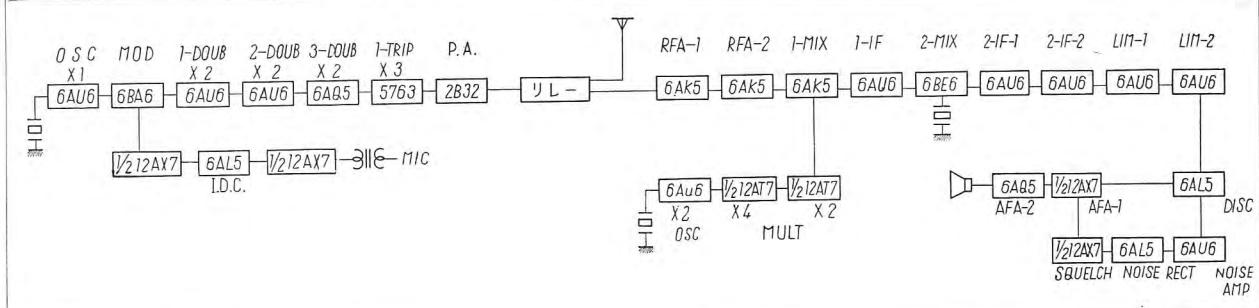
り、その電気的特性と共に移動用としての機能を100%果し得るものである。GT管無線機に比し小型であることはもちろんあるが、さらに小型化を希望される場合には10 W 移動形が最適と考える。

ウ. 25 W 可搬用無線機

イ. 項25 W 移動無線機と送受信部は同様であるが、コンバータ電源の代りに可搬形のエリミネータ電源を付属せしめたものである。またコンバータ電源と並設す

3 表 10 W(固定、移動、可搬)送、受信機電気特性 *印は移動用の場合を示す

送信機		受信機	
周波数範囲	150 Mc 帯 (148~155 Mc または 155~162 Mc) あるいは 160 Mc 帯 (162~170 Mc)	周波数範囲	150 Mc 帯 (148~155 Mc または 155~162 Mc) あるいは 160 Mc 帯 (162~170 Mc)
送信出力	10 W 以上	第一局部発振周波数許容偏差	-20°C~+50°C において ±0.005% 以内
周波数許容偏差	-20°C~+50°C に於て ±0.005% 以内	帯域幅	6 db 低下において ±20 kc 以上
最大偏移	1 kc 以下 ±15 ラジアン	入力インピーダンス	75 Ω
変調周波数特性	1 kc 以上 ±15 kc	スプリアス周波数感度	-70 db 以下
	1 kc 基準 0.3 kc -10.5±3 db 3 kc 0±3 db	選択度	±60 kc において 100 db 以上
変調直線性	1 kc 15 ラジアン迄 直線的	スケルチ感度	0 db 以下~20 db 以上 調整可能
変調入力	1 kc 70 % 变調において -6±3 db m	S/N	1 kc 100 % 变調において 入力 0 db (148~170 Mc) 15 db 以上
変調入力インピーダンス	0.3 kc~3 kc において 60±10 Ω	周波数特性	入力 20 db (148~170 Mc) 35 db 以上
残存振幅変調含有量	1 kc 100 % 变調において 5 % 以下	1 kc 基準 0.3 kc +10.5±3 db 3 kc 0±3 db	出力インピーダンス 600 Ω
スプリアス周波数輻射強度	-60 db 以下	最大無歪出力 (10 % 歪)	1.0 W 以上
残存雑音変調	1 kc 100 % 变調信号に対し -47 db 以下	第二局部発振周波数	5,705 kc
歪率	1 kc 70 % 变調において -20 db 以下	第一 " "	(受信周波数 - 5.25 Mc)/16 Mc
電源所要入力	低圧 6.3 V (5.3 V) 6.5 A 以下 (6 A 以下)	動作定格	10 時間 連続
	第二高圧 250 V 65 mA 以下	電源所要入力	低圧 6.3 V *(5.9 V) 6.5 A 以下 (*5.6 A 以下)
出力回路	第一高圧 350 V 135 mA 以下 不平衡 75 Ω 定在波比 2 以下に整合可能	水晶片形式	高圧 200 V 120 mA 以下 HC/6U 恒温槽付
動作定格	30 秒動作 30 秒停止 連続		
通倍数	24 通倍 (x2×2×3)		
水晶片形式	HC/6U 恒温槽付		



ば交直両用ともなし得るものである。

エ. 10 W 移動用無線機

送受信部の電気特性は3表のとおりである。外形を極力小型化し、送受信部および電源部を1箇の箱体に収容したものである(4図)移動用標準機として都市周辺の近距離用として推奨するものである。なお試験用交流電源を付加すれば容易に交流にても動作せしめ得るものである。

オ. 10 W 固定用無線機

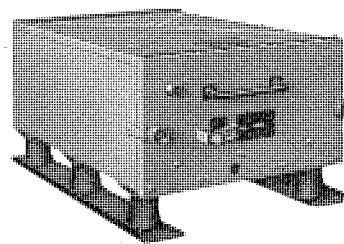
送受信部はエ.と全く同一であるが交流電源を自藏した机上形とエ.に交流電源(別箱4図参照)を付加した可搬形の2種類で小形固定用としても最適である。小地域の通信網の中心局用として推奨する。

カ. 0.5 W 携帯用無線機

本機はいわゆる Walkie-Talkie で真空管はすべて Sub-Miniature を使用し、乾電池または蓄電池にて動作するものである。電気的性能の大略は4表のとおりで外観は本誌6頁(無線機部門新製品の紹介 16, 17図参照)

4図 10 W (移動用、固定可搬用) 外観

Fig. 4.
10 W Mobile and portable stationary.



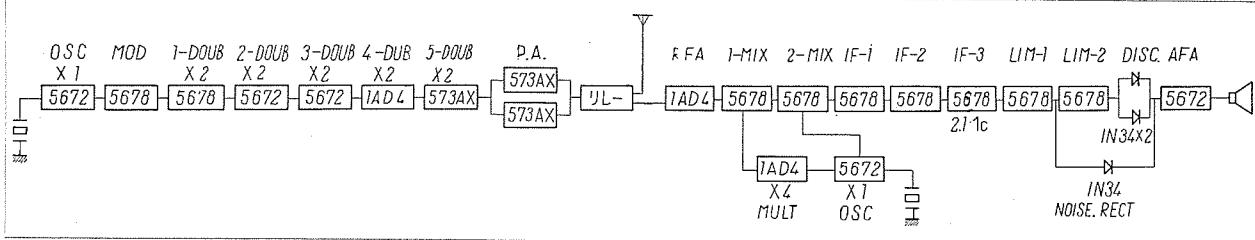
に示してある。

7. むすび

以上で MT 管に切換えた当社の 150 Mc/FM 通信機標準の紹介を終るが最近の傾向は各機種共に小型化の線に沿うのが自然であり、大型出力管を残して、大部分は MT 管に移行されるものと考えられる。さらに小型なサブミニチュアという線も出ているが、最近登場したトランジスタとのかね合も考慮の要あり、特殊品となる関係上、サブミニチュアの全面的進出にはあまり期待できないものと思われる。

4表 0.5 W 携帯形送受信機電気特性

送信機	受信機
周波数範囲	150 Mc 帯 (148~157 Mc) 160 Mc 帯 (162~170 Mc)
送信出力	0.5 W 以上
周波数許容偏差	-20°C~+50°C において ±0.005% 以内
最大偏移	1 kc において 100% 变調に対して ±15 kc
变调周波数特性	1 kc 基準、受信機と組合せて 0.3 kc -6 ±3 db 以内 3 kc 0 ±3 db 以内
变调直線性	1 kc 15 ラジアン迄 直線的
变调入力	1 kc 70% 变調において -2±3 db m
变调入力インピーダンス	0.3~3 kc において 40±10 Ω
スプリアス周波数輻射強度	-40 db 以下
残存雜音变調	1 kc 100% 变調に対し -50 db 以下
歪率	1 kc 70% 变調において -20 db 以下
電源所要入力	低压 D-C 2.6 V 1.2 A 以下 高压 D-C 135 V 53 mA 以下
出力回路	不平衡 50 Ω 定在波比 2 以下に整合可能
動作定格	20 秒動作 40 秒停止で連続
通倍数	32 通倍 ($\times 2 \times 2 \times 2 \times 2$)
水晶片形式	HC/6U 恒温槽無し
周波数範囲	150 Mc 帯 (148~157 Mc) 160 Mc 帯 (162~170 Mc) -20°C~+50°C において ±0.005% 以内
局部発振周波数許容偏差	6 db 低下において ±17 kc 以上
帯域幅	50 Ω
入力インピーダンス	-50 db 以下
スプリアス周波数感度	±80 kc において 60 db 以上
選択度	0 db 以下~10 db 以上 調整可能
スケルチ感度	1 kc 100% 变調において 入力 0 db 15 db 以上
S/N	1 kc 基準、送信機と組合せて 0.3 kc -6 ±3 db 3 kc 0 ±3 db
周波数特性	2 mW 以上 (受信周波数 +2.1)/5 Mc (受信周波数 +2.1) × 4/5 Mc
最大無歪出力 (10% 歪)	連続
第二局部発振周波数	低压 D-C 2.8 V 0.4 A 以下 高压 D-C 67.5 V 28 mA 以下 HC/6U 恒温槽無し
第一	
動作定格	
電源所要入力	
水晶片形式	



搬式遠隔測定装置

無線機製作所

杉多重雄*・龍田直紀*

Carrier Telemetering Equipment

Shigeo SUGITA・Naonori TATSUTA

Electronics Works

With the rapid increase of electric power system, a demand has become quite brisk of telemetering equipment highly efficient and stable for directing the load dispatching. Mitsubishi, coping with the situation, has introduced the Westinghouse Freq-O-Tron type and has completed new telemetering equipment for the Chugoku Electric Power Company.

1. まえがき

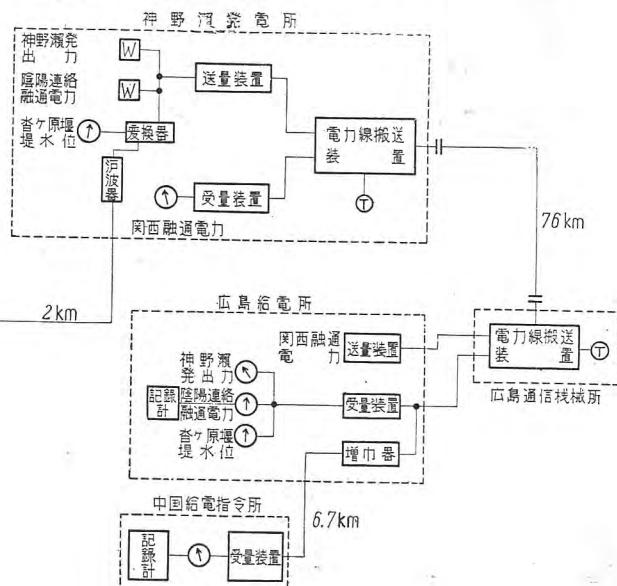
近年著しく増大した電力系統を合理的に運営するため、遠隔測定装置がひろく実用されるようになってきた。さらに最近では系統の遠隔監視制御や自動制御まで論ぜられるに及び、高性能にして高安定度を有する遠隔測定装置が強く要望されている。

当社ではかかる状況にかんがみ、かねてより調査研究を行い、積算電力計機構の送量器をもった遠隔測定装置を製作納入してきたが、今般Westinghouse電機会社のFreq-O-Tron方式を導入して新型の遠隔測定装置を完成し、中国電力株式会社に納入したので、この装置につき解説すると共にその性能を紹介する。

2. 施設の概要

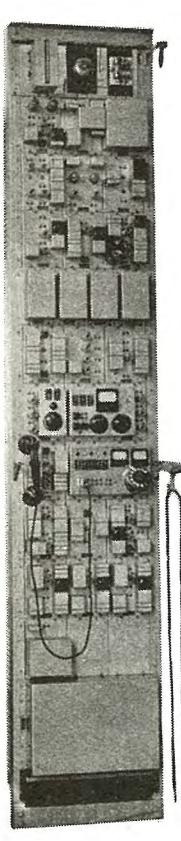
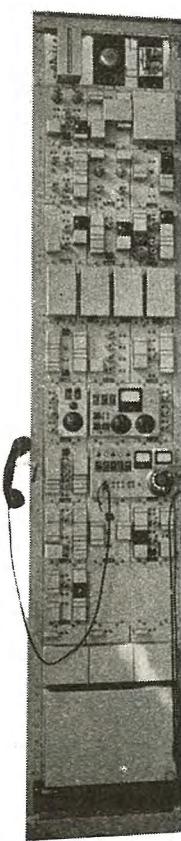
本装置は中国電力株式会社神野瀬発電所・広島支店給電所・広島通信機械所および中国給電指令所に設置し、神野瀬発電所の出力を広島支店給電所および中国給電指令所に指示させると共に、神野瀬発電所における陰陽連絡線融通電力および神野瀬発電所逆調整池水位を広島支店給電所に指示さ

せ、かつ関西融通電力を神野瀬発電所に指示させるもので、搬送部はSSB方式電力線搬送で電話1通話路、遠隔測定1通話路から成り立っており、その施設状況は1図に示す如くである。2図はその外観写真で、各パネルの実装状況は3図に示す如くである。



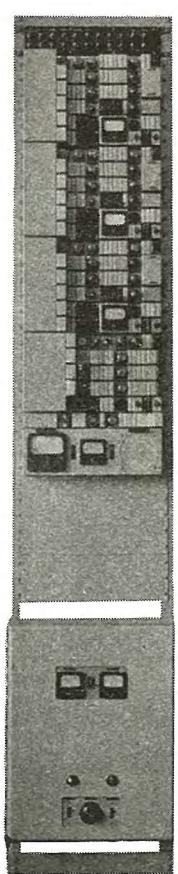
1図 神野瀬発電所出力遠隔測定装置系統図

Fig. 1. Block diagram of carrier telemetering equipment for the output indication at the Kanno power station.



2 図 (a)
電力線搬送部
(2 端局)

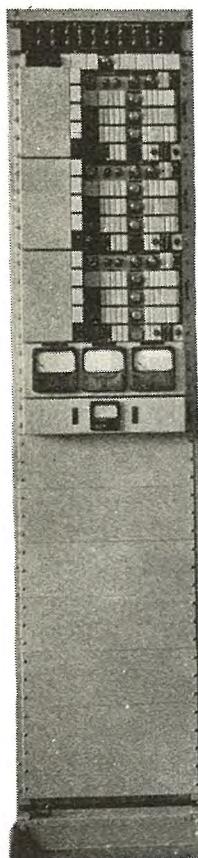
Fig. 2. (a)
Power line carrier
equipment.
(2 terminals)



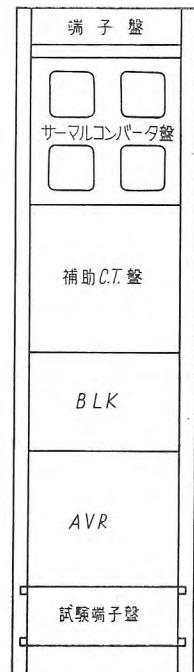
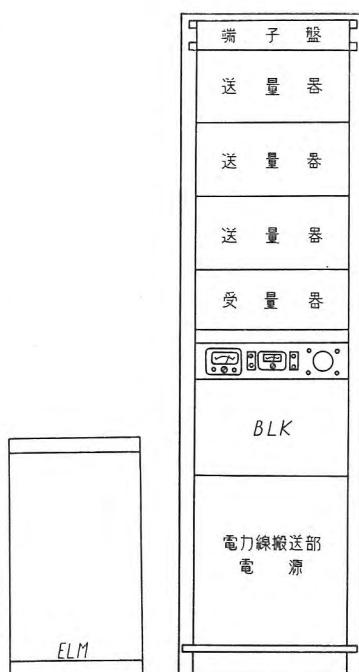
2 図 (b) 遠隔測定部

Fig. 2. (b) Telemetering
equipment.

各部品の実装には搬送部は小型化新実装方式を採用し、遠隔測定部は新型実装方式によっている。本装置の搬送部は4図の如く構成されており、1通話路は電話に(1数字のトルダイヤル方式で一般単独加入7量、他系統中継2量、私設自動交換機1量を選択できる)、他の1通話路は425 c/s より 170 c/s 間隔の音声周波で搬送される遠隔測定信号に使用する。遠隔測定部は17, 19図に示すように構成されており、送量器の入力としては直流電圧が必要なので、被測定量を直流電圧に変換する装置が補助に用いられる。2図および3図に示したサーマルコ



TB	BELL	ARR
TPA	TDF	RDF
GMOD	GOSC	GODEM
TA		
ATA	VA	RA
MBF	DBF	MBF
#1	#1	#2
MOD		DBF
#1	TBOS	#1
TST		AVA
DSC		
	LM	
ROS	TEL	
	MET	
RING	MOD	DEM
	#2	#2
TLM	TLM	TLM
MOD	MOD	MOD
#1	#2	#3
TLM	BLK	BLK
RBF		
	RELAY	
	FUSE	ALM



2 図 (c) 遠隔測定部

Fig. 2. (c) Telemetering
equipment.

3 図 各部の実装
(a) 電力線搬送部
Fig. 3. Mounting arrangement
(a) Power line carrier equipment.

3 図 (b) 遠隔測定部

Fig. 3. (b) Telemetering
equipment.

ンバータは交流電力を直流起電力に変換する装置である。

以下搬送部と遠隔測定部に分けて各部の要点を説明する。

3. 電力線搬送部

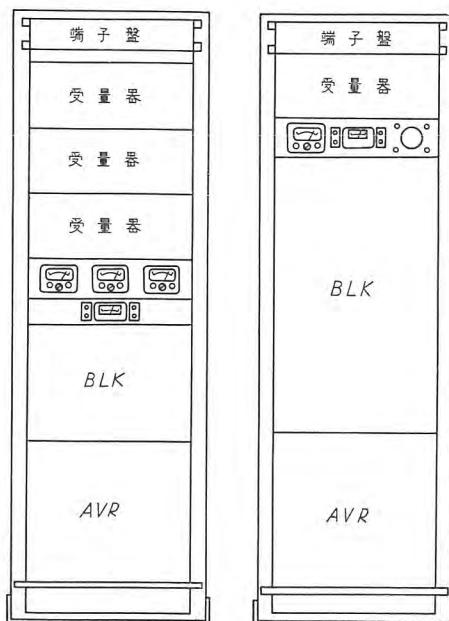
搬送部の構成は4図の如くで、この装置による電話および遠隔測定信号のレベルダイヤグラムを5図に示す。つぎに本搬送部の特長を列挙すればつぎの如くである。

ア. 通信用 MT 管の採用と新実装方式による小型化

従来有線通信管としてはCZ-501D および CZ-504D の2種の ST 管が使用されてきたが、本装置では新たに実用化された MT 管 19M-R9 および 19R-P11

を使用した。これらはいずれも有線通信管として広く使用されるため、とくに安定で長寿命であり、信頼度が高く万能管として広範囲の使用目的に適用できるものである。

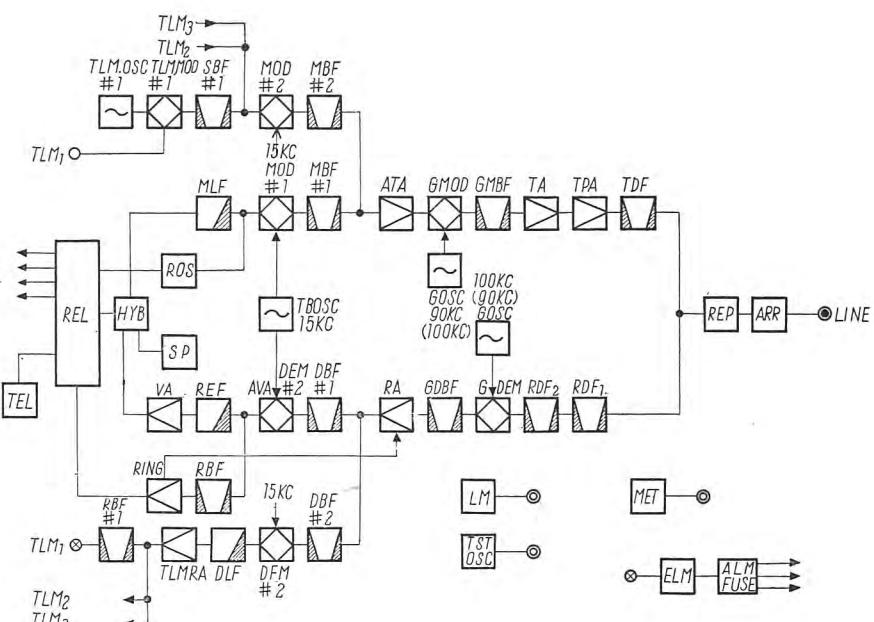
真空管の小型化と共に各部品についても検討を加え、最近実用化されつつある高性能の部品を大幅にとり入れて小型化をはかると共に実装方法についても従来の平面的配列法を排して、基礎パネルの小型化と共に部品は立体的に実装し、極力空間利用度



3図 (c) 遠隔測定部

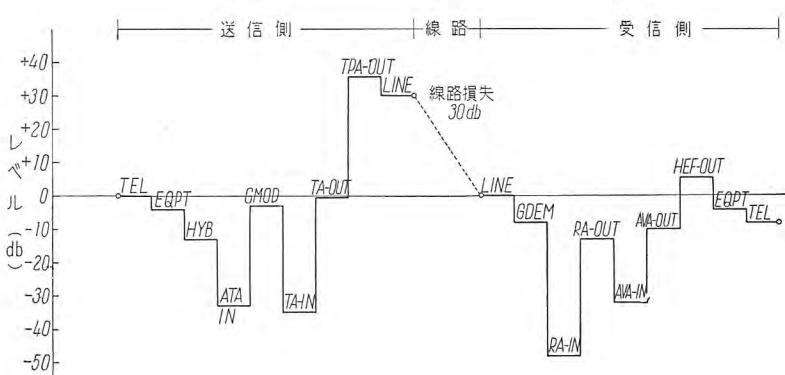
Fig. 3. (c) Telemetering equipment.

搬送式遠隔測定装置・杉多・龍田



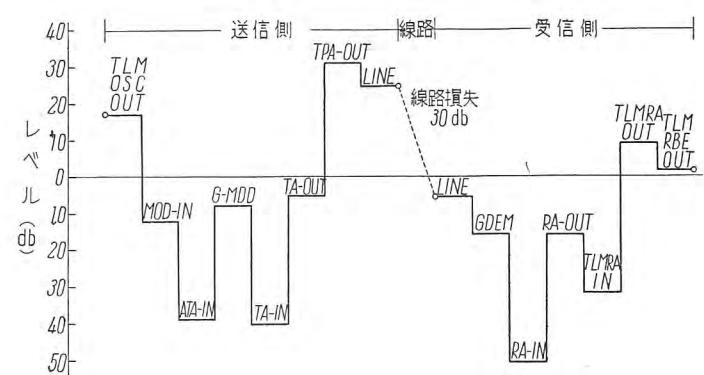
4図 電力線搬送部のブロックダイヤグラム

Fig. 4. Block diagram of the power line carrier equipment.



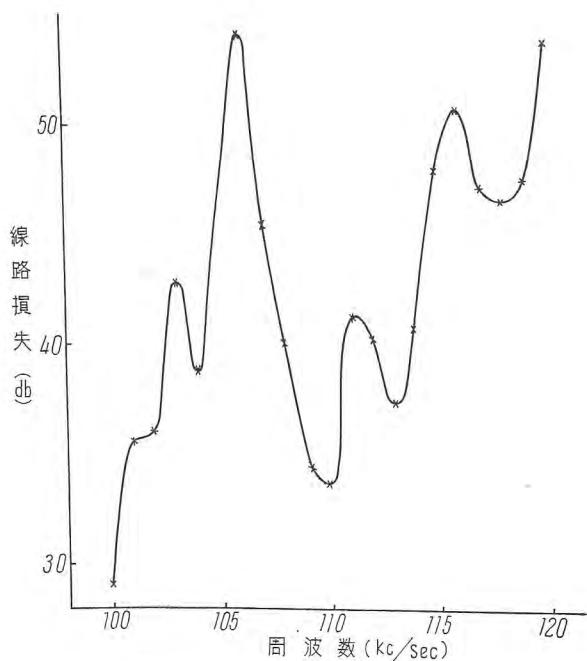
5図 (a) 通話路レベルダイヤグラム

Fig. 5. (a) Level diagram for the telephone channel.



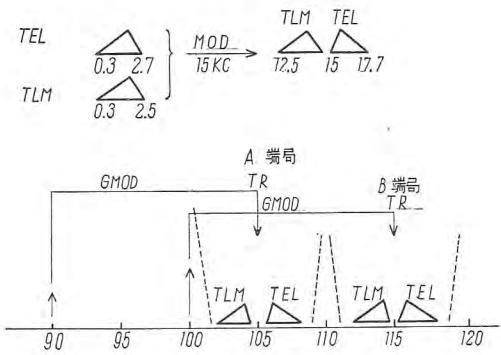
5図 (b) 遠隔測定信号レベルダイヤグラム

Fig. 5. (b) Level diagram for the telemetering channel.

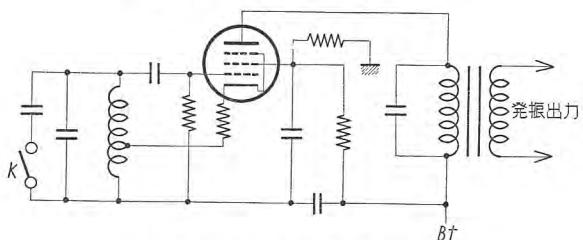


6 図 広島—神野瀬間線路損失特性
(Blocking coil 無しの状態にて)

Fig. 6. Curve showing line loss characteristics between Hiroshima and Kannose stations.
(without blocking coil)

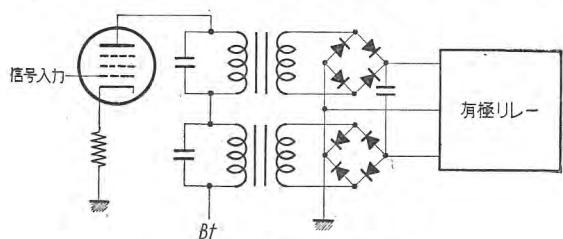


7 図 周波数配列図
Fig. 7. Frequency arrangement.



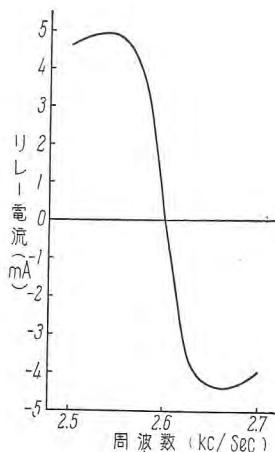
8 図 信号発振器原理図

Fig. 8. Schematic diagram of the signal tone oscillator.



9 図 信号受信器原理図

Fig. 9. Schematic diagram of the signal tone receiver.



10 図 信号受信器周波数—
リレー電流特性

Fig. 10. Frequency-relay current characteristic of the signal tone receiver.

の向上をはかった。

イ. SSB 方式の採用

送電線の伝送特性は 6 図に一例を示す如くであるから波形歪の点からいって SSB 方式は有利であり、また S/N についても BSB 方式に比し著しく改善されることは周知のとおりである。

ウ. 二重変調方式の採用

本装置では第 1 変調を 15 kc で行い、その上部側帯波を通話に、下部側帯波を遠隔測定信号路として群変調を行い、7 図のように所要周波数帯域を得ている。このため水晶濾波器を使用することなく、LC 濾波器で安定確実な特性が得られる。

エ. 2 周波信号方式の採用

信号方式は帯域外に 2 周波、2,550 c/s および 2,650 c/s を使用した FS 信号方式で、二つの信号周波数のうち 2,550 c/s が當時送出されており、トールダイヤル方式、16 c/s 呼出方式が可能である。この方式は雑音の多い回線の場合有利であり、信号の伝送が確実になる利点がある。

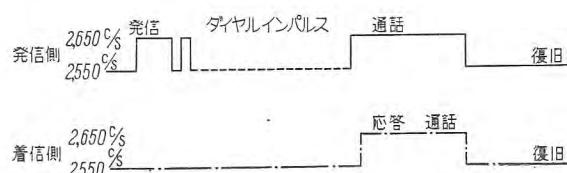
信号発振器は 8 図の如くで周波数の安定度についてはとくに留意してある。ダイヤリングによる周波数の切換えは K の開閉により行う。

信号受信器は 2 周波選別回路を有し 9 図のように構成され、出力に 2,550 c/s および 2,650 c/s に対応して極性の異なる直流を得て有極リレーを動作させる。この受信器の特性は 10 図に示す如くである。

なお信号周波数の動作状況は 11 図の如くである。

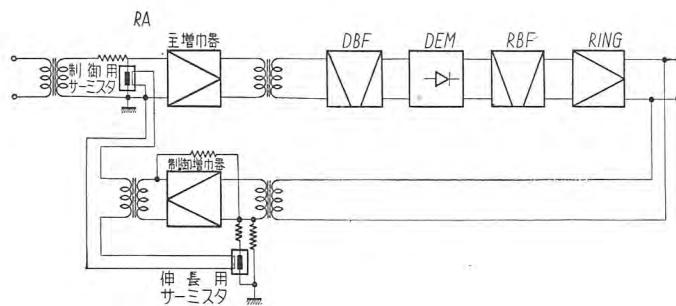
オ. 自動利得調整回路の採用

線路損失の変動にもとづく受信レベルの変動を補償す



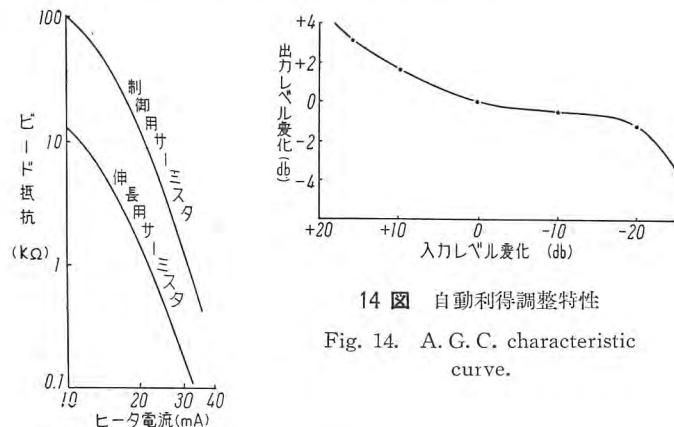
11 図 信号周波数の動作状態

Fig. 11. Performance characteristics of signal tone frequency.



12 図 自動利得調整系統図

Fig. 12. Schematic diagram of the A. G. C. system.



13 図 傍熱型サーミスタのヒータ電流—ビード抵抗特性

Fig. 13. Heater current-bead resistance characteristics of the indirectly-heated thermistors.

るため、受信増幅器には監視電流（これは前記信号周波を利用する）によるサーミスタを用いた AGC が使用してある。回路構成は 12 図の如くで、利得制御素子としては逆 L 型減衰器の一辺にサーミスタを用い、その抵抗変化によって主増幅器の利得を制御する。サーミスタは半導体抵抗で、大なる負性温度係数をもっている。この抵抗には電気的に絶縁されたヒータがまいてあり、このヒータに制御電流を流して抵抗値を変化させる。

サーミスタのヒータに電力を供給する制御増幅器は伸長用サーミスタの特性を正饋還的に利用し、制御用サーミスタの制御率を著しく増大せしめ、AGC としての圧縮率の向上をはかっている。

本器に使用したサーミスタの特性は 13 図の如くで動作伸長率は -4.5 度で、このサーミスタによる AGC 特性は 14 図に示すように入力レベル変動 +10 dB ~ -20 dB に対し出力レベル変動は ±2 dB 以内に圧縮される。

なお AGC の時定数はサーミスタの時定数で決定されるが約 30 秒程度で回線の安定度を保持するに適当な値となっている。

4. 遠隔測定部

遠隔測定部は補助変換部・送量器・および受量器から成り立っている。方式としては Westinghouse 社で開

発された Freq-O-Tron なる斬新にして誤差の少い新方式を採用している。

ア. 補助変換部

本装置に使用する送量器は入力として被測定量と直線関係を有する直流電圧が必要である。本節ではこの被測定量を直流電圧に変換する補助部分として、代表的な二例につき説明する。

(1) 交流電力を直流電圧に変換する装置

電力の変換器にはサーマルコンバータを使用する。サーマルコンバータは測定電力をそれに対応した熱量に変換し、さらにこの熱量に対応した直流起電力を熱電対により発生せしめる機構である。15 図はサーマルコンバータの原理図であり、測定電力の電圧および電流で熱線を加熱し、電圧と電流とが加動的に作用する熱線と差動的に作用する熱線との温度差を熱電対ではかり直流起電力を発生させるものである。いま 15 図につき説明すると、 R を熱線抵抗、 T_1 を和側の熱線温度、 T_2 を差側の熱線温度とすれば、次式が成立する。

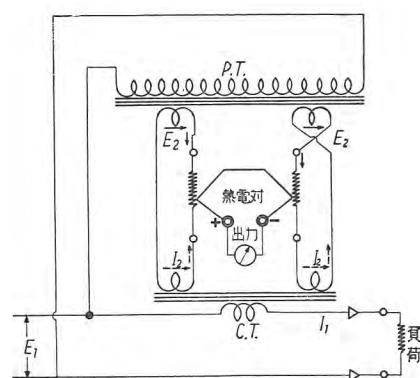
$$T_1 = k \left\{ \frac{E_2 \cos \omega t}{R} + I_2 \cos (\omega t + \theta) \right\}^2 \cdot R$$

$$T_2 = k \left\{ \frac{E_2 \cos \omega t}{R} - I_2 \cos (\omega t + \theta) \right\}^2 \cdot R$$

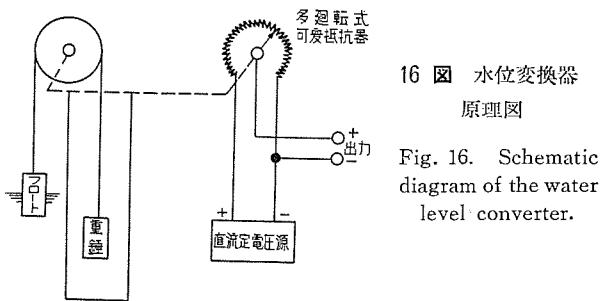
熱電対は 2 箇の熱線の温度差に比例した起電力を発生するからその起電力 E は T_1 と T_2 との差に比例するので

$$E = k'E_2 I_2 \cos \theta = K E_1 I_1 \cos \theta = K P$$

すなわち発生した直流起電力は被測定電力に比例する。実際に用いられているサーマルコンバータは多巻線の絶縁変圧器を用いて多くの熱電対を直列に接続して出力電圧を高めし、また絶縁変圧器を用いているので熱電対は直熱型とされ、速応度を早めている。サーマルコンバータに組込まれている補助変流器には飽和特性をもたせ、一次回路の異常電流による熱線の断線を防いでいる。また多数の熱線を使用するため熱線抵抗を全く同一に製作することは不可能であり、そのため上式で E^2, I^2 の項が残留し、測定誤差を生ずる。この誤差を補償するた



15 図 サーマルコンバータ原理図
Fig. 15. Schematic diagram of the thermal converter.



16 図 水位変換器
原理図
Fig. 16. Schematic diagram of the water level converter.

めに電圧および電流のみで起電力を発生する熱電対を設けてあり、この起電力で誤差電圧を打消すように接続してある。

以上は電力の場合につきのべたが、無効電力の場合にも移相変圧器を用いて電圧を 90° 移相させる以外は全く同様に変換できる。

(2) 水位を直流電圧に変換する装置

貯水池等の水位を電圧に変換するには 16 図のように、フロートの上下によりシャフトを回転させ、この回転に多回転式可変抵抗器の摺動部を機械的に連動させて、水位に比例した直流電圧を得ている。なおこの方式では負荷抵抗を低くすると水位と直流出力電圧との間の比例関係がくずれるので、指示計をふらせる場合には真空管電圧計式の高入力抵抗の回路を負荷とする必要である。1 図に示した沓ヶ原堰堤水位の測定にはこの機構を用い、神野瀬発電所における指示にはカソードフォロワー型の真空管電圧計を採用して 2 km の線路の影響を無視できる程度におさえると共に良好な直線性を保持している。

1. 送量器

前節でのべた補助変換器により被測定量に比例した直流出力電圧が得られると、つぎにこれを送量器に加え、送量器ではこの入力電圧に比例した衝流周波数に変換し、その出力は搬送部を経て線路に送出される。本節ではこの Freq-O-Tron 方式の送量器について説明する。

17 図は送量器の動作原理を示すブロックダイヤグラムで、入力直流電圧に比例した周波数を発生し送出すると共に、その一部を入力側に饋還して入力電圧と自動的に

平衡をとる方式である。17 図にしたがってその動作をのべると、直流入力電圧はチョッパにより交流に変換され高利得の増幅器により増幅され、同期整流回路で整流され直流電圧にもどされ、この電圧によって主発振器を制御する。主発振器は一種の鋸歯状波発振器で、発振周波数と発振電流の平均値との間に直線関係が成立つよう構成されていて、同期整流回路の出力電圧で制御されて測定量に比例した周波数を発振する。一方発振器の発振電流に比例した電圧を $R_4 C_4$ によりとり出して、これを入力側へ饋還して入力電圧と平衡させるわけである。なお入力回路にバイアス電圧を加えてベースサイクルを発生させており、衝流周波数としては 15~35 c/s が用いられている。

上にのべた送量器の動作原理をさらに数式を用いて説明すればつきのようである。すなわち入力電圧を E_i 、バイアス電圧を E_0 、発振電流 I を流して饋還電圧を得る抵抗を R_4 、増幅器入力電圧を e とすれば、平衡状態においては

$$E_i + E_0 = IR_4 + e$$

増幅入力電圧 e は増幅器の利得をこの系の安定度の許す範囲で大きくとるので、他の三項に比して無視できる程度となり

$$E_i + E_0 = IR$$

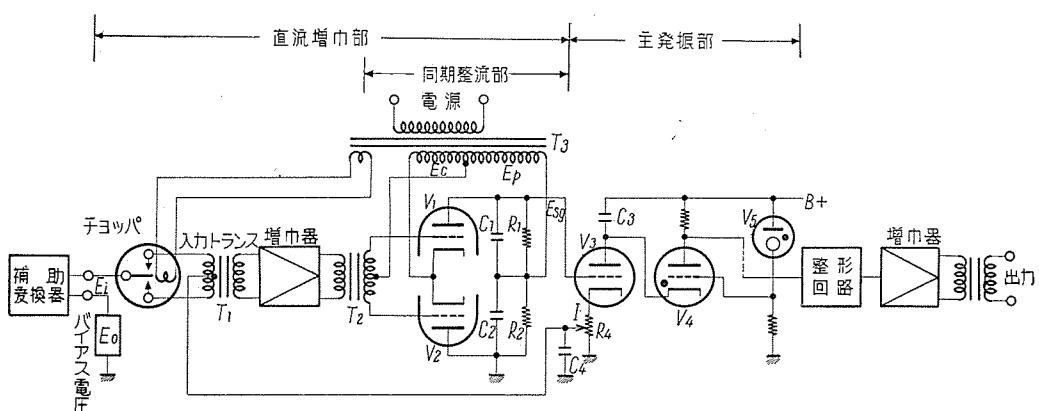
なる式が成立つ。また I は上にのべたように発振周波数 f に比例する、すなわち $I = kf$ となる。ここに k は比例定数である。この 2 式より

$$f = \frac{1}{kR} (E_i + E_0)$$

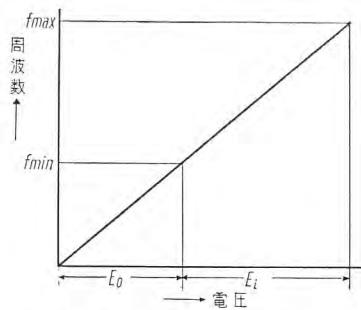
すなわち入力電圧、バイアス電圧、および発振周波数の間の関係は 18 図に示す如くなる。ただし 18 図では入力電圧が 0 から正方向に大になるような場合を示しており、入力電圧が正負両極性をもつような場合にはバイアス電圧をたかめて負の最大入力電圧のとき f_{\min} 、正の最大入力電圧のとき f_{\max} となることは上式より明らかである。

つぎにこの回路構成上重要な増幅部（チョッパから交流増幅器を経て同期整流回路までを一つの直流増幅器と考える）と発振部につき説明を加えることにする。

本器の増幅部は 17 図に示すように、チョッパ・交流増幅器・および同期整流回路から成り立っている。これは一種の直流増幅器と考えることができ、入力電圧の極性を出力側に再現するために、チョッパと同期した整流回路が必要



17 図 送量器の構成
Fig. 17. Schematic diagram of the transmitter.



18 図 送量器入力電圧-周波数特性
Fig. 18. Output frequency vs. input voltage characteristic curve for the transmitter.

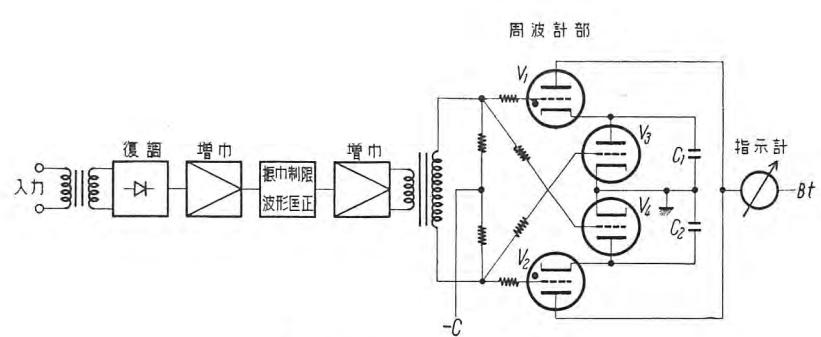
となる。この増幅器の利得は交流増幅器の利得によってきまるが、チョッパと同期整流回路の同期が不完全だと全体としての動作は不能になる。

チョッパは励磁コイルと永久磁石との有極磁界変化によって電源周波数と同期して動作する一種の単極双投開閉接点付有極リレーである。入力電圧はチョッパと入力トランジスタによって電源周波数と同期した交流に変換されて増幅器に加えられ、増幅されて同期整流回路に加えられる。同期整流回路は 17 図に示したように真空管の陽極電圧 E_p および格子電圧 E_c は T_3 によって、チョッパの励磁コイルと同相の交流電圧が与えられている。入力電圧が増加または減少すると不平衡電圧が生じ、増幅器を経て T_2 により同期整流回路に加えられる。負の不平衡電圧が加えられると真空管 V_1 は陽極電圧が正の瞬間に陽極電流が流れ C_1 が充電され、出力端子に $-E_{sg}$ と負の電圧が現われる。一方真空管 V_2 には陽極電圧が正の瞬間に負の信号が加わることになり陽極電流は流れない。この状態は不平衡入力電圧がなくなるまで続き、この系が平衡状態に達すれば同期整流回路の入力電圧は零となり真空管の陽極電流は流れず、出力 E_{sg} は変化しない。正の不平衡電圧が増幅器入力に加えられた場合には逆に真空管 V_1 の陽極電流は流れず真空管 V_2 に陽極電流が流れ C_2 を充電し出力端子には $+E_{sg}$ が現われる。

同期整流回路の出力電圧は主発振器の V_3 の格子に印加されて発振周波数を制御する。主発振回路は一種の鋸歯状波発振器で強度の負饋還により定電流特性を与えられた三極管 V_3 を通してコンデンサ C_3 を定電流で充電する。したがって C_3 の端子電圧は直線的に上昇していくが、この端子電圧が V_5 で定められる一定値に達すればサイラトロン V_4 は通電状態となりコンデンサ C_3 の電荷は放電される。かくして C_3 の端子電圧は零になり V_4 は開路状態に復旧する。かくして上記の動作を繰り返す。発振周波数の制御は V_3 の格子電圧を同期整流回路の出力電圧 E_{sg} で変化させ、 V_3 の内部抵抗を変えることにより行われる。いま V_4 の放電電圧を V_i とし三極管 V_3 を通して流れるコンデンサ C_3 の充電電流を i_c とし、そのときの発振周波数を f とすれば

$$V_i = i_c / C \cdot f$$

なる式が成立し V_i が一定であれば



19 図 受量器の構成
Fig. 19. Schematic diagram of the receiver.

$$i_c = V_i C f = K f$$

すなわち充電電流 i_c は発振周波数と直線関係にあることがわかる。この回路で重要な点は、 V_3 の定電流特性を完全なものにすること、および V_4 の放電電圧を一定値に保つことの 2 点である。コンデンサの充電電流 i_c は一定の抵抗 R に流してこれを前述の饋還電圧とする。

上記のように発振器で発生する波はそのままでは伝送に不適当であるので、この波を整形増幅して搬送部へ供給するわけである。

ウ 受量器

受量器としては従来有極リレーを用いてコンデンサを充電放電させる方が広く用いられてきたが、この受量器では全電子管式のコンデンサ充電放電型周波計を用いている。受量器のブロックダイヤグラムは 19 図の如くで、受量器入力には変調波のまま入り、これを復調して遠隔測定信号を取り出すと共に増幅して、これをシミット回路と呼ばれる振幅制限波形匡正回路に加え、伝送中に生じた波形の歪や振幅の不揃いを修正する。その後再び増幅して上述の周波計に入る。この周波計の原理は有極リレーを用いたものと全く同じで、 V_1 と V_4 の格子が正になった瞬間には直流電源より V_1 を経て C_1 が充電され、一方 C_2 は V_4 を経て放電される。つぎの瞬間、入力信号により V_2 と V_3 の格子が正になると先に充電された C_1 は V_3 により放電され、また放電された C_2 は V_2 を経て充電される。指示計器にはこの充電電流を流す。充電電流は信号周波数の 2 倍の周波数のインパルスになるが、指示計器はその時定数によりこの電流の平均値で安定な指示を示す。この平均電流 i は単位時間当たりのインパルスの数、すなわち衝流周波数に比例する。周波数を f 、電源電圧を E 、コンデンサの容量を C とすれば平均電流 i は

$$i = 2fCE = Kf$$

で与えられる。この式から明らかなように周波計の電源電圧 E は指示の誤差に直接影響するので、変動のないよう充分安定化した電源を使用している。またコンデンサ C はシルバードマイカを採用し、容量値の変動を極小にしている。

なお本器の指示計器としては当社神戸製作所で製作した K-24 型広角度計器を使用し、取付面積の節約と共に

に有効目盛長の延長を可能ならしめた。

5. 遠隔測定装置の性能

ア. 搬送部

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| (1) 送信出力 | 通話路 30 db |
| | 遠隔測定路 25 db |
| (2) 受信レベル | 0 db |
| (3) 音声周波入出力インピーダンス | 600 Ω |
| (4) 搬送周波インピーダンス | 70 Ω |
| (5) 許容レベル変動 | +10 db～-20 db |
| (6) 対向損失偏差 | 300～2,300 c/s で 3 db 以内 |
| (7) 音声周波歪率 | 標準レベルにて 30 db 以上 |
| (8) 通話当量 | -8 db |
| (9) 搬送周波数安定度 | 総合にて 10 c/s 以内 |
| (10) 装置雑音 | -50 db 以下 |

イ. 遠隔測定部

(1) 誤差および誤差変化

標準運転状態における総合誤差は最大目盛の ±1% 以下である。ただし標準運転状態とは定格電源電圧および周波数、周囲温度 20°C における場合をいう。

また電源電圧の変動 -30%～+15%，電源周

波数の変動 -10%～+5% および周囲温度の変化 20°C±20°C に対する誤差は最大目盛の ±2.0% 以下である。

(2) 速応性

装置のみにて測定量が零から定格値迄および定格値より零迄変化したとき 1 秒以下である。

(3) 指針の振動

最低周波数において目に感じない程度である。

(4) レベル変動

標準レベルに対して ±10 db の変動においても正常に動作する。

6. むすび

以上今回中国電力株式会社に納入した搬送式遠隔測定装置についてその大要を述べた。紙面の都合で意を尽くし得ない点も多々あるが、この方面に关心をもたれる方々の何かのご参考になれば幸である。

終りにのぞみ本装置の納入に際しご協力下さった関係各位に深謝申し上げると共に、今後共装置の改良と新方式の開発に努力する所存であることを付言して擱筆する。

最近における当社の社外寄稿一覧

寄稿先	掲載号	題 目	執筆者	所 属
電気科学館	4月号	関西電力株式会社姫路火力発電所の完成近し	浅井徳次郎	本社
オーム	6月号	超高压用変圧器とその組立輸送について	田宮利彦	伊丹製作所
電波科学	6月号	三菱ラジオ EX-68 型	杉多重雄 芝田正巳	無線機製作所

最近における当社の社外講演一覧

講演月日	主 催	演 题	講 演 者	所 属
3月2日	日刊工業新聞	良品質と能率的な生産を得るための当社における実際的設計	松尾準一	本社
3月4日	大阪府立労働会館	標準化と社内規格の作り方	和田巖	本社
3月22日	能率協会技術講習会	工場照明用放電燈およびその他の放電燈について	小椋義正	研究所
3月28日	金日本WF研究発表会	WFによる時間設定資料の作り方およびまとめ方	奈川敏雄	本社
4月2日	日化会	Organo Silicon Isocyanate の生成	馬波久	研究所
5月18日	電気協会講演会	超高压大電力用新型鉄槽油入遮断器について	新井正元	伊丹製作所
同上	同上	特別三相式超高压用外鉄型変圧器とその組立輸送について	村上 有	伊丹製作所
5月30日	日本写真学会 学術講演会	偏光フィルタに関する研究	依田功	大船工場

A E - 1 型 運 転 指 令 装 置

無線機製作所

大鳥羽 幸太郎

Type AE-1 Communication Equipment of Directing Operation

Kotaro OTOBA

Electronics Works

For the purpose of giving directions of operation to power stations, two channel voice communication equipment has been delivered to Himeji steam power plant of the Kansai Electric Power Company. Giving directions to the stations—specially noisy sites—must be made with special care. To meet the requirements, the apparatus has been designed and built by Mitsubishi to make possible the transmission of alarm signals, directive talk, general communication and mass communication, consisting of 26 hand set stations, 20 loudspeakers and 1 amplifier unit.

1. まえがき

この装置は増幅器本体と多数のハンドセットステーションおよびラウドスピーカから構成され、本体には現用予備機があり故障時には自動的に予備機に切り替りつぎの4種類の信号通話ができる特長を有している。

- (1) 警報通達： 任意のハンドセットステーションにある押釦スイッチを押すことにより各スピーカに警報を発することができる。
- (2) 指令通話： 指令者が各部門に種々の指令を発しまた緊急事態発生時には各ハンドセットステーションの位置より一斉に指令を発することができる。(この場合はスピーカを使用する。)
- (3) 一般通話： 任意のハンドセットステーションから求むる相手を呼出して通話し、必要時には同一方法を繰返して他の相手を呼出し、直ちに集団通話に移ることができる。(この場合はスピーカで呼出し通話は送受器を使用する。)
- (4) 集団通話： 各人が任意のハンドセットステーションから他の場所にいる2人以上の相手と同時に通話することができる。すなわち会議通話が行える。(この場合はスピーカで呼出し、会議打合せは送受器を使用する。)

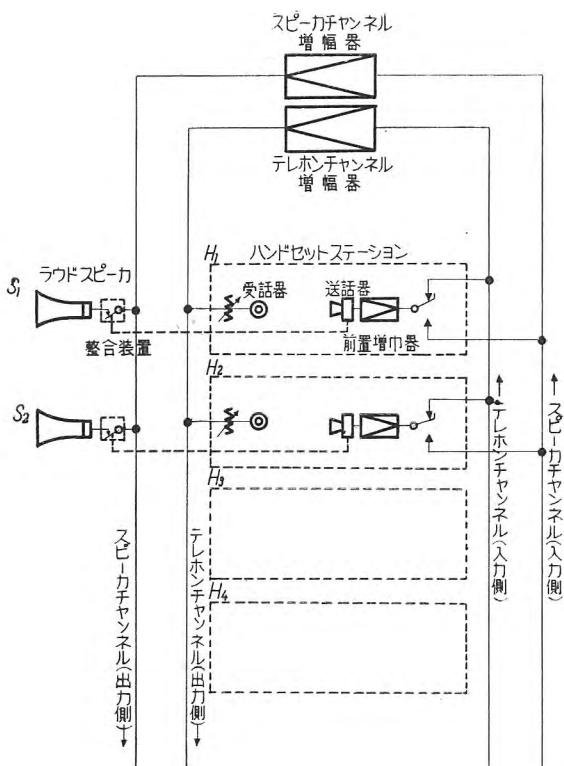
2. 装置の概要と動作

この装置は2チャンネル音声通話方式であり、スピーカチャンネルとテレフォンチャンネルがある。スピーカチャンネルは呼出しならびに指令専用でありラウドスピーカを動作させ、テレフォンチャンネルは応答ならびに一般通話集団通話用であり電話器型の送受器を使用している。

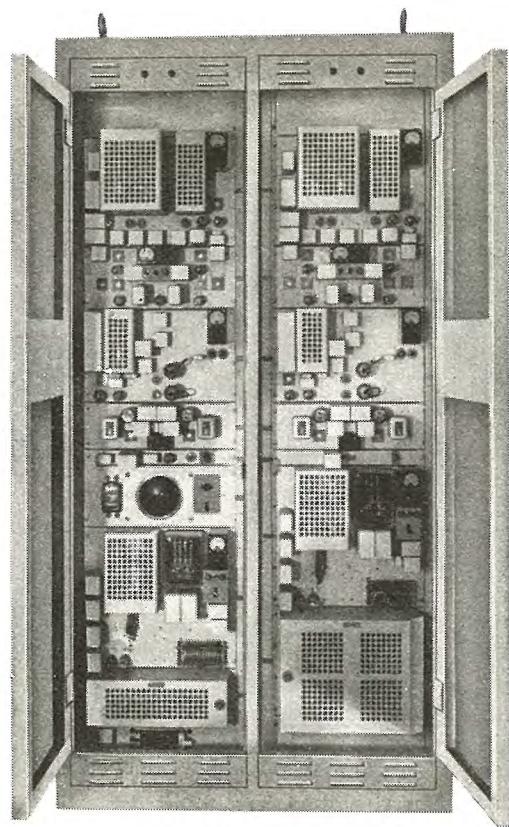
1図に示すハンドセットステーションの任意の一箇所たとえば H_1 の送受器を取り上げスピーカ回路に回路切換スイッチを倒しながら呼出し送話すると、音声波は入力側スピーカチャンネルを通じて増幅器本体に至り増幅されて出力側スピーカチャンネルに送り出され各スピーカを動作させる。この際動作中のハンドセットステーションと組合せられる付近のラウドスピーカはダミー負荷に切りかえられてハウリングしないようにしてある。

他のハンドセットステーションたとえば H_2 の送受器を取り上げ応答すると音声波は入力側テレフォンチャンネルを通じて増幅器本体に至り増幅されて出力側テレフォンチャンネルに送り出され、ハンドセットステーション H_1 の受話器を動作させるので H_1 では回路切換スイッチを離して送話すると H_1 , H_2 間で一般通話をすることができます。

始めに H_1 より同時に2人以上を呼出すか、一般通話の中途で回路切換スイッチをスピーカ回路に倒して他を呼び出すと他のハンドセットステーションたとえば H_3 等の送受器を取り上げて通話に加わることにより、会議



1 図 指令装置回路方式
Fig. 1. AE-1 type circuit diagram.



2 図 増幅器本体正面
Fig. 2. Type AE-1 amplifier front view.

打合せの集団通話ができる。

緊急時には任意のハンドセットステーションにある押鉗を押すと増幅器本体にある警報発生用リレーが動作し警報音は増幅されて出力チャンネルに送り出され各スピーカより警報を発する。

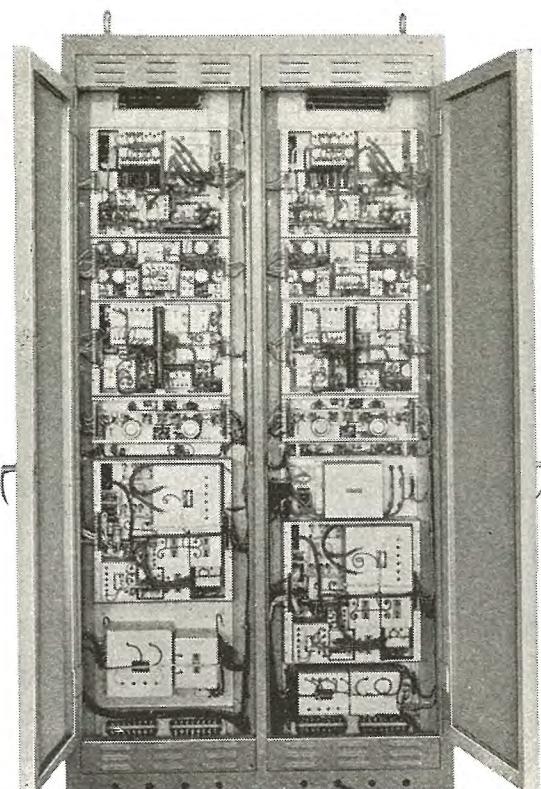
本体は現用、予備機よりなり故障の場合は自動的に予備機に切り替り本体ならびに指令室に設置された故障警報ベルおよび赤色ランプが指示する。

各ハンドセットステーションには前置増幅器をおいて増幅器本体入力レベルを上げ、またテレフォンチャンネル出力側レベルを上げハンドセットステーションの受話器入力側に減衰器を入れて適當音量にする等チャンネル途中の誘導に対する S/N を改善するように留意されている。

3. 増幅器本体

ア. 構成

増幅器本体は 2, 3 図に正面および裏面外観が示されているように(高さ) 2,350 × (幅) 1,200 × (奥行) 400 mm の据付キャビネット内に送受話器装置(ハンドセットステーション) 電源盤・リレー電源盤・モニタ盤・制御装置盤・故障警報器盤を各一面および整流器盤・自動切換器盤・電話回線(テレフォンチャンネル)増幅器盤・入力混合盤・拡声器回線(スピーカーチャンネル)増幅器盤を各 2 面収容している。器盤の取付状況および音声回路・リレー回路の構成は 4 図に示した。



3 図 増幅器本体裏面
Fig. 3. Type AE-1 amplifier back.

イ. 各盤の仕様

(1) 送受話器装置電源盤 各ハンドセットステーションおよび制御装置盤にB電圧を供給する直流 250 V × 0.6 A の整流電源と故障警報ベル用交流電源 50 V を備えている。セレン整流器の間隔は充分開きまた本体の一番下部に取付けて温度上昇に留意している。

(2) リレー用電源盤 本体各盤にあるリレー、各拡声器整合箱内リレー用および各ハンドセットステーション電源として直流 100V × 5A の整流電源を備えている。

(3) モニタ盤 切換スイッチにより一号機、二号機の音声出力を自藏の 6 1/2 in パーマネントスピーカに加え試聴できるようにしておあり、またこの盤に主開閉器およびヒューズを備えこの開閉器により装置全体を動作させる。

(4) 故障警報回路盤 一号機あるいは二号機のうち現用機が故障になるとこの盤にあるリレーが動作して本体現用機側の故障警報ランプおよびベルを動作し、同時に中央指令室にある故障警報箱のランプおよびベルを動作させる。

(5) 制御装置盤 この盤には一号機、二号機のいずれか一方を現用機に他を予備機に予め選択するスイッチおよび現用機側増幅器が完全に動作するまで故障検出回路を動作させ

ない遅延回路を備えている。この自動切換機構の詳細は 3, ウに述べた。

(6) 整流器盤 拡声器回線増幅器盤用の電源盤であり直流偏倚用—100 V × 0.5 A, 直流 250V × 0.05 A の整流電源および電力増幅管用直流 1000 V × 0.35 A 整流電源を備えまた高圧整流管 2H66 の高圧トランジスタ回路には遅延回路が入れてある。

(7) 入力混合盤 各ハ

ンドセットステーションの出力音声周波およびバイロット用高周波 20 kc を混合させて拡声器回線増幅器盤、電話回線増幅器盤に供給する回路であり、また各ハンドセットステーションにある警報用押鉗を押すとこの盤にあるリレーが動作して 900 c/s の警報音が発振し混合されて両方の増幅器盤に供給される。

(8) 拡声器回線増幅器盤 各ラウドスピーカに音声周波出力を供給する盤でありつぎのような仕様である。

出力増幅管	UV211A	4 本
パラレルプッシュ		
出力インピーダンス	75 Ω	
出力	150 W	
周波数特性	300～6,000 c/s	3 db 以内
S/N		30 db 以上
歪率		20 db 以上

出力増幅管回路にはグリッドに正規の偏倚電圧がかからねば動作させない保護回路が入れてある。

(9) 電話回線増幅器盤 各ハンドセットステーションの受話器に音声出力を供給する盤であり、テレフォンチャンネルにおける誘導による S/N を改善するために音声周波出力レベルを充分高くしている。またこの盤の周波数特性、S/N、歪率は拡声器回線増幅器盤と同様である。

(10) 自動切換器盤 拡声器回線増幅器盤および電話回線増幅器盤出力はこの盤を通ってそれぞれの出力チャンネルに供給されており同時にバイロット出力は濾波器を通じてメータリレーに供給されこのバイロット出力レベルが下ると故障指示として予備機に切りかえる。故障切換の動作の詳細は 3, ウに述べた。

ウ. 自動切換回路

自動切換回路としてつぎの操作を行う。

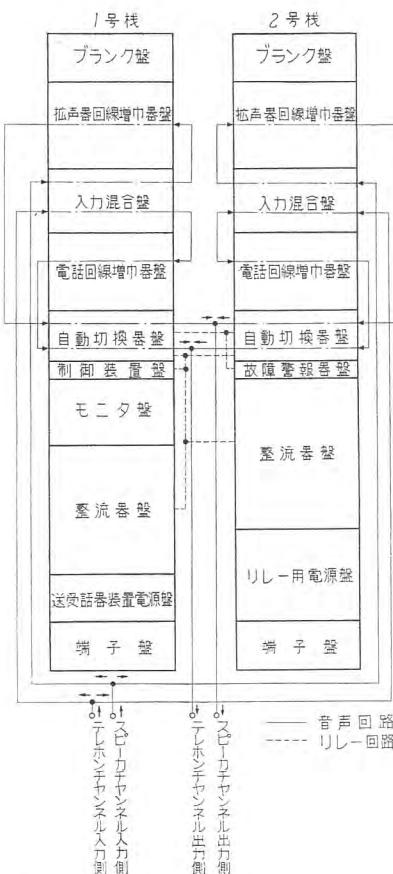
(1) 現用機側の拡声器回線増幅器および電話回線増幅器の出力がいずれか一方でも一定レベル以下になるとメータリレーが動作して自動的に現用機の電源を切り出力回路を開いて予備機側に切換り同時に故障警報のベルおよびランプが指示する。

(2) 現用機側が故障で切換り予備機側が運転中、現用機側を動作させて故障状態を調べることができ、点検完了後再び現用機側を運転状態に復帰させることができる。

(3) 切換スイッチによりいずれの一方でも現用機にすることができる、切換わった場合にはいずれの時でも遅延回路が動作して増幅器が充分動作するまで故障検出回路を動作状態にしない。

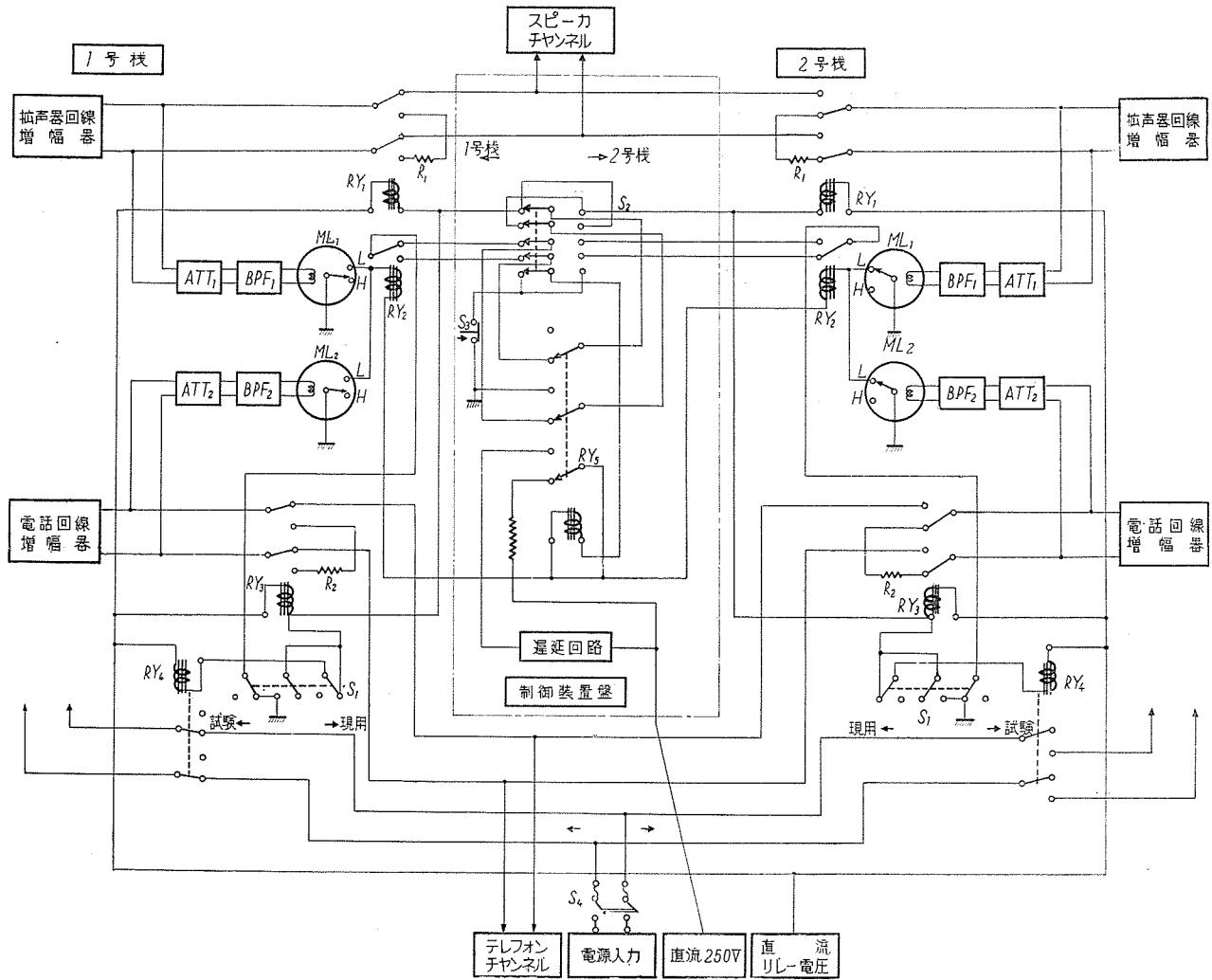
5 図の状況は一号機が現用機として運転中であり二号機が予備機として待機中の各リレー動作位置を示す。

一号機側二号機側のスイッチ S_1 をそれぞれ現用側に倒し、制御装置盤のスイッチ S_2 を一号機側に倒しておいて主電源スイッチ S_4 を入れるとリレー用直流電源は動作するので二号機側の出力回路リレー RY_1, RY_3 および電源開閉リレー RY_4 が動作して出力回路および電



4 図 増幅器本体構成図（前面より見た実装を示す）

Fig. 4. Type AE-1 amplifier mounted on panels.



5 図 自動切換回路
Fig. 5. Circuit diagram of automatic change.

源回路を開く。一号機側は電源が入り、つぎつぎに直流高圧が印加されて動作し始めるが、充分パイロット周波数出力が出るまでメータリレー ML_1 , ML_2 は振れない。一方でメータリレーの端子 “L” 側はアースしているからリレー RY_2 の励磁電圧は遅延回路を通じてからぬようになっている。約 40 秒の遅延後制御装置盤のリレー RY_5 が動作し正規の運転状態になる。

一号機の電話回線増幅器または拡声器回線増幅器のいずれか一方でもパイロット周波数出力レベルが一定値以下になると、メータリレー ML_1 , ML_2 のいずれかの端子 “L” 側がアースに落ちるのでリレー RY_2 が動作し次いでリレー RY_1 , RY_3 , RY_4 が動作して出力回路を開くと同時に電源入力回路を切って一号機は止り、故障警報のランプおよびベルが指示する。

二号機はリレー RY_1 , RY_3 , RY_4 の励磁回路が切れるので拡声器回線増幅器および電話回線増幅器の出力がそれぞれの出力回路につながり電源が入って順次に直流高圧が印加されて運転状態に入る。したがってこの自動切換の間約 20 秒は通話が止る。

一号機側のスイッチ S_1 を試験側に倒すとリレー RY_4

の励磁回路が切れて電源が入り直流高圧が順次に印加されて電話、拡声器両回線増幅器の出力はダミー負荷に加えられて出力回路に無関係に単独に試験することができる。故障箇所発見、故障修理完了後再び一号機を現用機として運転する場合はスイッチ S_1 を現用側に戻して制御装置盤の押釦スイッチ S_3 を押すとリレー RY_5 の保持回路が切れるので自動的に復帰し、一号機現用二号機予備のものとの状態になる。二号機を現用に一号機を予備にした時には制御装置盤の切換スイッチ S_2 を二号機側に倒せばよい。

4. ハンドセットステーション

ア. 構成

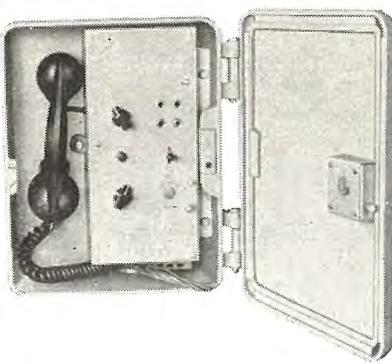
卓上型 3 台、壁掛型 23 台で構成され、卓上型は 6 図に示すような普通の卓上型電話機の形をしており事務所用である。壁掛型は 7 図に示すように(高)380×(幅)295×(奥行)150 mm の密閉型ケースの中に収められ、防水防塵型となっている。

イ. ハンドセットステーションの仕様

(1) 受話器回路 入力インピーダンスは 600Ω であ



6 図 卓上型ハンドセットステーション
Fig. 6. Table-type handset station.



7 図 壁掛型ハンドセットステーション
Fig. 7. Interior of wallmounting-type handset station.

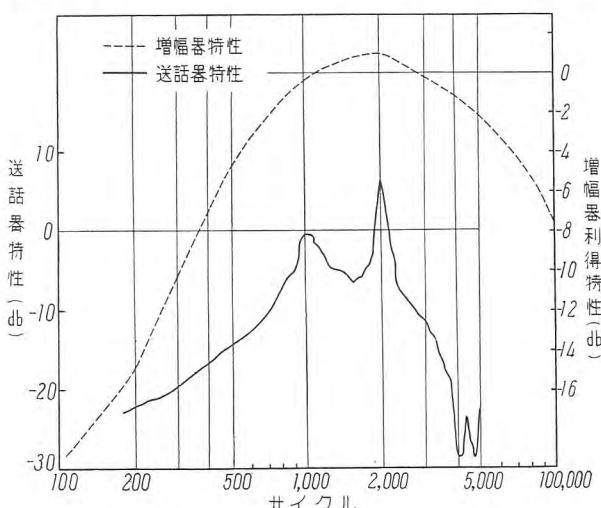
り整合トランス、減衰器を通して受話器に接続されており、受話器は NEC 製 322AR 電磁型である。送受器を掛けている時にはダミーがつながり増幅器本体よりテレフォンチャンネルを見たインピーダンスの変動はない。

(2) 送話器回路 NEC 製 322AT 電磁型送話器を使用しておりその特性は 8 図に示すように周波数特性として 2,000 c/s にピークがあり、騒音に対して S/N をもたしている。送話器の感度は 1,000 c/s において -52 db/μbar である。

(3) 前置増幅器 繊條および B 電源はいずれも増幅器本体より供給され増幅器の S/N をかせぐために繊條電源は直流であり B 電圧回路共濾波器を入れている。またハンドセットステーションの位置により本体からの電圧降下値がことなるので半固定抵抗を入れて据付の時に調整できるようにしている。

使用真空管 12AU6MT 2 本
利得 56 db
周波数特性 8 図
出力レベル 10 dbm (20 dbm 最大)

(4) 出力側ミクシング回路 発電所内配管工事の都合上各ハンドセットステーションの出力回路は 1 図に示



8 図 ハンドセットステーション周波数特性
Fig. 8. Frequency characteristics of handset station.

すように全部並列に接続する必要ありハンドセットステーションより見たインピーダンスは非常に下るので整合回路が必要である。本装置としては増幅器本体入力インピーダンスは 26 箇のハンドステーションが常に並列につながっている接続とし、すなわちフックスイッチを掛けたままでは出力回路にはダミー 600Ω を接続し、送受器を取り上げフックスイッチが上るとダミー 600Ω 回路が切れて前置増幅器の出力トランスの二次側 600Ω に接続されるようにしてあるので、何台のハンドセットステーションが通話状態になっても各ハンドセットステーションの出口よりチャンネルを見たインピーダンスすなわち増幅器本体の入力インピーダンスには変化はない。

1 表 ミキサ損失および整合

並列数	ミキサ損失 $10 \log_{10}(2n-1)$	整合トランス	
		一次インピーダンス $Z=R \frac{2n-1}{n^2}$	補償抵抗 $\gamma=R \frac{n-1}{n}$
2	4.8 db	450Ω	300Ω
3	7.0	333	400
4	8.4	262	450
5	9.5	216	480
20	15.9	58.5	570
25	16.9	47	576

各ハンドセットステーションの前置増幅器出力回路のミクシング方式には種々あるが並列型として補償抵抗 γ を入れて整合を考えている。本装置では増幅器本体入力側に整合トランスを入れており 1 表に示すようなミキサ損失がある。

5. ラウドスピーカ

三菱製ダイヤトーン $6\frac{1}{2}$ in パーマネントスピーカの 5 台とパイオニヤ R 15 型トランペットスピーカ 15 台で構成され 1 図に示すように全部並列に接続されハウリングを防止するために送話中のハンドセットステーションのそばのスピーカは切れるようにリレーを入れている。なおこの時はダミーが入るので増幅器本体より見た出力インピーダンスには変動がない。

ラウドスピーカは増幅器本体より 200 m も離れた点のもあり、音声波損失を軽減する意味においてトランペットスピーカ整合トランスの一次側インピーダンスは $1,200\Omega$ とした。なお二次側インピーダンスは 16Ω である。トランペットスピーカはとくに耐湿を考慮した防水型で各現場に備えられ、パーマネントスピーカは美麗なキャビネットに収容され事務所用である。

6. むすび

機器として電気的には火力発電所の騒音、誘導が問題であり、機械的には防塵、防水、耐震性が要求され、極力これら仕様を満足するように設計した。

通信設備は人間でいえば神経系統であり、この指令装置が火力発電所の連絡および指示の連絡網となり運転を能率化することを信ずるものである。

工業用テレビジョン装置

無線機製作所

津村 隆*・嶋村 和也**

Industrial Television Apparatus

Takashi TSUMURA・Kazuya SHIMAMURA

Electronics Works

Industrial TV has already reached the stage of practical application. It is expected to make a big contribution toward the improvement of national industry, playing its major part in such fields as non-attendant power plants, remote supervisory control of danger zones or process control in various industries by saving personnel expenses, improving job safety or rationalizing enterprise managements.

This paper deals with general technical topics in ITV and also explains about functions and structures of the two types of Mitsubishi ITV now in manufacture stage—one is for a short distance scanning with random interlacing system while the other is for a longer distance scanning and of higher degree functioning with the standard system adopted in broadcasting.

1. まえがき

わが国において工業用テレビジョン装置（以下 ITV と略す）が云々され出したのは近々 2 年程のことであり、現在は播籠期ともいえる時代であるが、その母体は古く第 2 次大戦中から研究されていた。といつてもそれは主に米国での話であるが空中魚雷の眼として開発され、戦後小型化された新しい撮像管ビディコン 6198 が実用になるに及んで、一段の飛躍を遂げ今日に到ったものである。

近代マルコニー、ジーメンス等が電信方式を確立してからラジオ、テレビと移行してきた発達の歴史を見ても、人間の五感のうちで最も重要な聴覚視覚を「いかにして自然の条件を越えて拡張するか」という点に多大の努力が払われてきたことがわかる。現在一般に親しまれているラジオを考えて見ても、放送局と家庭用セットの組合せというのは単に通信分野における送受信局の一例にすぎず、全く同じ原理のものが商業用工業用としてあらゆる分野で使われ、人間の聴覚を拡張している。テレビジョンにしても全く同様で、放送用のテレビジョン方式と同じ原理のものが、より広い一般的な用途に使用されても良い筈である。この目的に合致するものがこゝにいう ITV であり、人間の眼で直接見ることのできない場所を監視する場合、1箇所から数多くの場所を監視する場合、逆に一つの物を多数の場所から監視したい場合等に利用して非常な効力を發揮する。

かくの如くに ITV と事新しくいっても「テレビジョン方式」という点からすれば普通の放送用のものとなんら変りなく、全く同様に考えてよいのであるが、具体的な製品としてはとくに要求され具備していなければならない次の条件がある。

ア. 送受方式、構造すべて単純であること

一般用として簡単に利用できるためには装置を小型化することが第一で、しかも専門技術者が保守に当る場合は極く稀と考えられることから、一般の人が容易に操作できるよういわゆるフルプルーフでなければならない。

イ. 構造が堅牢で信頼度高く、苛酷な条件に耐えること

遠隔地から監視しなければならない場合には人間の近より難い危険な場所が多く、耐熱、耐湿、耐ガス、耐振、防塵等の問題も普通の通信機器に比して一段と重要になってくる。このような条件の場所では保守の問題も見逃すことはできず、構造の堅牢なこと、信頼度の高いことがとくに要求される。

ウ. 安価であること

ITV はその性格から考えて、元来ある程度の危険や不便の下に直接眼で監視してきた場所にその代りとして使用したり、またその他の用途においてもとくに人件費の節減を考慮して利用するが多く、この点からしても人件費を下廻る価格であることが普及の絶対条件である。このためには映像その他、装置の性能を

落すことなくできる限りの簡略化を行うことが望まれる。

以上の条件の他、ITV は無人の場所に設置され遠隔地から操作されることが多いので、遠隔操作に対する考慮も払わねばならず、現在でも設計上なお幾多の問題を残している。

さてかような見地で製作された ITV は各方面に多くの用途を生み、米国においては家庭用として迄用いられる程になっている。1表に工業、商業、教育、その他の方面での主な使用例を挙げておく。

1表 ITV の用途

工 業 用

発電所関係	無人発電所の操作状況の監視。 水力発電所ダムゲート、取水口、量水標、 流木等の監視。
	火力発電所炉内燃焼状況、同水位、発煙量等の監視。
製鉄関係	溶鉄炉内部、湯口等の状況、線引き作業の工程管理等。
	落盤時等の坑内危険区域監視、爆破作業の監視等。
鉱山関係	遠隔測定におけるメータ指示の直送。 高温区域内の諸作業監視。
	生産工程の集中管理。
その 他	アイソトープ製造等原子工業の操作監視。 実験室等での危険作業監視。
商 業 用	
商業関係	ファッショショーン、演劇等のデモンストレーション、演劇のリファーナル、その他各種宣伝用。
	印鑑、署名等の照合、伝票の伝送等。
教 育 用	
医学用他	各種手術の公開、顕微鏡の多人数観測、血球数の測定、その他教育参考用。
そ の 他	
警察用 保安用 その 他	各種照合物の伝送、監房の監視等。 盗難監視、爆発物の取扱い監視等。 海中の観測、精神病院の監房監視等。

当社においても約2年前から研究を行い試作改良を続けた結果、極めて良質の画像が得られまたその他の性能も一応満足できる装置が完成している。

この当社 ITV には火力用、一般用（標準用および遠距離用）の2種があり、全種共現在受注製作中で、こゝに ITV 全般に涉る諸問題について考察すると共にその実際の装置の概略をも述べることにする。

2. 方 式

ア. 撮像管

ITV 用撮像管として知られている物にビィディコン 6198、イメージディセクタ、アイコノスコープ 5527 がある。

上記3種の撮像管を比較すると 2表のようになる。

2表 ITV 用撮像管比較表

項目 \ 種類	ビィディコン 6198	イメージディセクタ	アイコノスコープ 5527	備 考
必要照度	約 30 lx	約 200 lx	約 50~100 lx	光電面入射照度
偏向方式	電 磁	電 磁	静 電	
解像度	400 本以上	不 明	250 本以上	
平均寿命	約 2,000 時間	約 8,000 時間	約 3,000 時間	ITV としての実用時間
高 壓	300 V	6,000 V	800 V	
価 格 比	1	3~4	1/5	
光電面許容温度	60°C	65°C	40°C	

この表から判断するに、イメージディセクタは感度の点で問題にならぬ程悪く、火力用の如く発光体を監視する場合を除きほとんど使用に耐えない。火力用として考えた場合にも、石炭使用のボイラにおいては点火時以外内部は案外暗く、場合によっては 60 lx 程度になり良質の映像を得ることが困難なこともある。

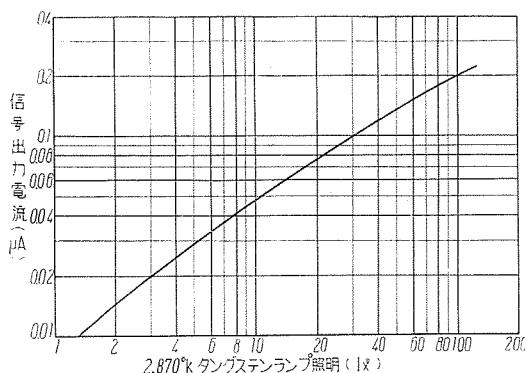
このため ITV 用として一般に推奨できる撮像管としてはビィディコン 6198 とアイコノスコープ 5527 で、感

3表 ビィディコン 6198 定格および動作例

一 般 定 格			
ヒータ電流	0.6 A	光電面最大有効面積	1/2 in x 3/8 in
ヒータ電圧	6.3 V ± 10 %	集束方式	磁界
信号電極入力容量	4.5 PF	偏 向 方 式	磁 界

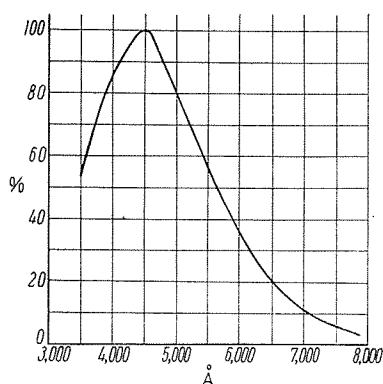
最大定格および動作例 (1/2 in x 3/8 in 走査)

	最 大 定 格	動 作 例
信号電極電圧	125 V max.	10~125 V
第3および第4グリッド電圧	350 V max.	200~300 V
第2グリッド電圧	350 V max.	300 V
第1グリッド電圧	0 min~125 V max.	-45~100 V
信号出力電流		0.1~0.2 μA
最小 (2870°K タンゲステン燈 6 lx)		0.2 μA
信号電流 0.1~0.2 μA に対する照度		30~100 lx.
信号電流 0.2 μA~0.02 μA に対する光量比		30
ブランкиングパルス 最少値 (光頭値)		
第1グリッドに適用		30 V
カメードに適用		10 V
フォーカスコイル中心磁場		40 gauss
アライメント中心磁場		0~4 gauss
ヒータカーボン電圧		
ヒータ×負	125 V max.	
ヒータ×正	10 V max.	
光電面許容温度	60°C max.	



1 図 信号電流出力特性

Fig. 1. Characteristic of signal current output.



2 図 ビデイコン 6198 色感度曲線

Fig. 2. Color sensibility curve.

度、解像度、サイズ等の点からすれば前者、維持費の点からすれば後者が優っており、これらの点を総合した上で現在では一般にビデイコン 6198 が使用され、当社のITV もすべてこの線で進んでいる。

ビデイコンの主要規格および性能を 3 表、1 図 2 図に示す。

イ. 撮像、受像

撮像受像に関しては放送用テレビジョン方式の他にもとくに ITV 用として二、三の方式が提唱されているが、実際に使用されているのは放送用に準拠した標準方式と、これに類似した Random Interlace 方式の 2 種だけである。これらの方の詳細は 4 表に示すとおり走査基準が異ってはいるがその他原理的な部分では全く同一である。

4 表 撮受像方式

項目	方式	標準方式	Random Interlace 方式
垂直走査		60 c/s	60 c/s (50 c/s)
水平走査		15.75 kc/s	走査線数約 200~350 本になる範囲で任意の値に選定
走査線数		525 本	
毎秒像数		30 枚	Random 方式使用
飛越走査		飛越走査方式使用	

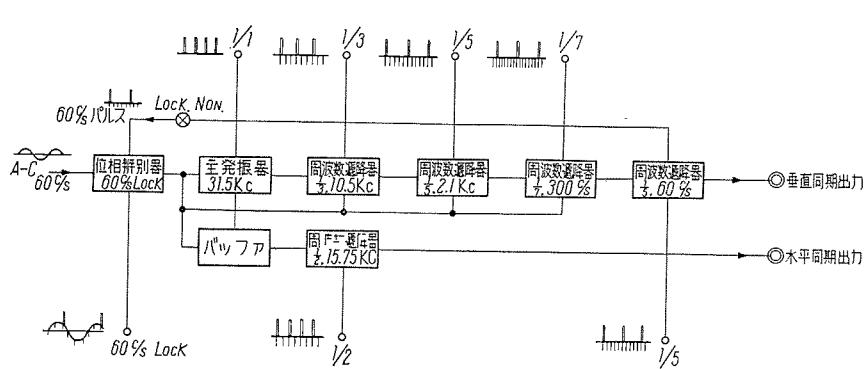
(1) 標準方式

放送用テレビジョンの標準方式と比較して走査基準の点から表面上は全く同一であるが、実際には随所に簡略化がほどこされている。

- 同期信号波形中に等化パルスを含んでいない。
- 同期パルスの立上り等放送標準規格に入っていない。
- 垂直同期パルスの期間には水平同期を維持するための処置が構じられていない。
- 変調の規格も合致しない。

等々、このために

- 飛越走査の安定度が悪い。
- 垂直同期パルスの期間にくずれた水平同期が再び



3 図 同期信号発生回路

Fig. 3. Synchronizing signal generation circuit.

回復する迄の、走査線数にして数本分の期間をブランкиングで消すか、または有効映像面外に出すかあるいは垂直同期信号の幅をできる限り狭くしてさらに強い垂直水平の同期信号を伝送する必要がある。

等の問題が起つてくる。理論的にはこのような欠点を生ずるが、ITV という観点からすればこの程度の影響はさして問題とするに当らない。

ITV は通常有線で伝送され、撮像部と受像部が 1 つの閉回路を形成しているため、必要周波数帯域幅等の面から標準方式以外の走査線基準を任意に選定できるのであるが、補助監視機として放送 TV の受像機をそのまま使用できるという点から、この標準方式が一般に採用されている。

3 図に当社 ITV における同期信号発生回路のブロックダイアグラムを示す。

(2) Random Interlace 方式

標準方式の垂直走査周波数と水平走査周波数が特定の整数比 2:525 なる値を常時維持しているのに対し、本方式においてはこの両者がおのおの独立した無関係の値に選定されている。

垂直水平の両走査の間に整数比関係がない場合でも、撮像と受像の走査が全く同一の関係で行われている限りいかなる走査基準なるを問わず画像の再現は完全に行え

るわけで、標準方式がこの方式の一例であるとも考えられる。

- かくの如く垂直水平の周波数を独立させた場合、
- 同期信号発生回路における周波数遅降回路が不要になり、垂直水平共それぞれ1箇宛の発振管を使用するだけで充分になる。
 - 解像度の低下がさして問題にならない場合、適当な水平走査数を選定することによって映像増幅器の周波数帯域幅を減少させることができる。

等の利点が生ずる。この反面

- 飛越走査を行っていないので垂直解像度が低下する。とくに走査線間隔が開くために画面が荒く見える。
- 垂直水平の各周波数が独立して時々刻々微少変動を示すために、画面の走査線が停止せず絶えず縦方向にチラチラ移動する。

等の欠点がある。ただしこの ii. の性質があるために、垂直解像度の低下は理論的に考えられる程の低下を示さず、i. の欠点をある程度補っている。

本方式による場合は、標準方式の如く放送用テレビジョンの方式を考慮に入れる必要がないので、垂直走査周波数も任意に選定できることになり 50 c/s 地域においても簡単に次項に述べる電源同期の方式を採用することができる。

ウ. 電源同期

米国をはじめ諸外国のテレビジョン標準方式はすべて垂直走査周波数を電源の商用周波に同期させており、わが国の標準方式のみ 50 c/s 地域と 60 c/s 地域とが共存するという理由で電源非同期方式を採用している。

垂直走査周波数を電源周波数に同期させることは、ハムの混入による障害の程度を軽減し装置を簡易化するにかくべからざる手段であり、ITVにおいても可能な場合にはすべてこの電源同期方式を採用している。ただ ITV を 50 c/s 地域で使用し、しかも放送用受像機を補助監視用に使用する要求に対しては、放送用に準拠して電源非同期方式を採用する他なく、この場合にのみ非同期が実施されている。

エ. 伝送方式

(1) 映像信号

映像信号を伝送するには 2 つの方式がある。

第 1 は映像信号をビデオ周波数のまま伝送する方式で近距離の場合（大略 300 m 程度の距離迄）に使用される。この方式によれば、送受信に高周波回路、検波回路等が必要なく装置が簡単になるが、伝送距離が長くなるにつれて伝送周波数帯域内におけるケーブルの減衰特性の不均一、位相歪等がはなはだしくなり実用にならなくなる。

第 2 の方式は高周波による搬送方式で、前者の使用できないような遠距離の場合および近距離でも放送用受像機を補助監視機として使用する場合に採用される。この

方式による時は回路構成は複雑になるが、ケーブルの減衰特性、位相特性が伝送周波数帯域内でほとんど一定と考えられる程度の高い搬送周波数を選定することによって、映像の質の低下を防止することができる。この点から考えれば搬送周波数はある程度高いことが望ましいが、周波数を高く取れば伝送ケーブル内の総合減衰量が増加し遠距離伝送が困難になるので、距離の長短によって適当な値を選定すべきである。

当社においては、放送用受像機使用の近距離の場合はすべて放送バンドを使用し、水力発電所などの遠距離用としては 44 Mc を使用している。

また搬送方式としては一般に単側帯波方式が採用されているが、当社では遠距離の場合に限り両側帯波伝送を実施し、ケーブル特性の相異による帯域内の不均一を軽減している。

(2) 同期信号

同期信号の伝送方式にも前記映像信号伝送方式に対応し 2 つの方式がある。

すなわち第 1 は映像信号と同期信号とを別箇の伝送路によって伝送するもので近距離用として使用される。この場合には通常垂直同期信号と水平同期信号も分離したままの状態で送るので、映像と同期、垂直同期と水平同期とのそれぞれの分離回路が必要なく、装置が簡単になる。

第 2 の方式は放送用テレビジョン標準方式の如く、映像信号、垂直水平の同期信号を混合し、搬送波に乗せて同一線路で伝送するもので遠距離用に適している。

オ. 制御方式

第 1 章において述べたように ITV は監視場所から遠隔操作によって働かせる場合が多く、この制御方式も重要な問題の一つとなっている。

制御方式としては、

- 多芯の複合ケーブルを使用して直接制御側と被制御側とを結ぶ方法。
- 1 本の伝送路によって同時に全制御信号を伝送する多重方式。たとえば周波数多重方式等。
- 1 本の伝送路を多数の制御目的に対して切換える切換方式。たとえば電話の加入者選択方式等。

が考えられ、(1) は近距離、(2) (3) は遠距離の場合に主として使用される。

現在の ITV においては遠距離の場合でもケーブル長が高々 2~3 km の例が多く、維持費、信頼度、保守等の面から (1) の方式が最も適しているといえよう。

また (1) の方式を使用するならば、撮像管の感度、電磁焦点、ビーム電流等の調整が、すべて直接必要な電圧を伝送することにより簡単に操作できる利点もある。ただしこのような場合には伝送回路の途中から混入するハムその他の雑音電圧に対し、充分なフィルタを付加する必要がある。

一方(2)(3)の方式は制御要素の数が多い程効果的であり、制御要素の増設に対しても簡単に応じられる利点をもっているので、最終的には要素数、伝送距離等を考慮した上で適当な方式を選定する必要があろう。

3. IT型工業用テレビジョン装置とその性能

当社のITVにはI型、II型の2種がありこの主要規格、性能は5表に示すとおりである。

ア. IT-I型

本装置は表示のとおりRandom Interlace方式を採用した簡易化方式で、火力発電所などのように放送用テレビジョンと関係ない純工業用として、近距離の場所に用いるに適している。

監視機として放送用受像機を使用する場合には、水平走査周波数を15.75kcに設定すればよいが、映像信号に混入させる垂直同期信号と水平同期信号とが一定の関係を有しないので、標準方式を使用するのに比べて不安定になり易い。またこのような使い方をした場合には走査線数が約263本となるために、垂直方向の荒さが多少眼につくので家庭用その他とくに簡易化を必要とし監視用に放送用受像機を使用せねばならない特殊な場合の他は、水平走査周波数は19.2kcを採用するのが望ましい。

米国ダイヤモンド社の火力用ITVの如く、この周波

5表 IT型工業用テレビジョン装置主要規格および性能

型		IT-I型	IT-II型
方 式	名 称	Random Interlace方式	標準方式
	垂 直 走 査	60c/s(50c/s)	60c/s
	水 平 走 査	19.2kcまたは15.75kc フリーラ シニング	15.75kc
	走 査 線 数	約320本(380本)または約260本 (315本)	525本
	每 秒 像 数		30枚
	飛 越 走 査	Random走査	飛越走査
	電 源 同 期	同期または非同期	同期または非同期
撮 像 管	同 期 信 号 混 入	とくに高周波使用の場合 同右	ブラックカーランブラック方式
	種 類	ビディコン 6198	
	寿 命	約2,000時間(ただしITVとしての実用時間)	
受 像 管	普 通 用	14HP4	14HP4
	遠 距 離 用		14HP4および5UP1
レ ン ズ		35mmフィルム用 f1.5 50mm 焦点標準レンズ 望遠広角取替可能 または16mmフィルム用 f1.5 25mm 焦点レンズ 望遠広角取替可能	
映像増幅器総合周波数帯域		20c/s~4.5Mcで変動3db以内	
解 像 度	15.75kc	垂直 約250本(290本)	約350本
		水平 約350本(350本)	約350本
	19.2kc	垂直 約300本(350本)	
		水平 約300本(300本)	
必要最低照度(被写体入射照度)		約400lx(f1.5レンズ使用時)	
走 査 否	垂 直	10%以内	
	水 平	15%以内	
許容周囲温度	撮 像 機	50°C以内	
	制 御 監 視 機	50°C以内	
	電 源 装 置	40°C以内	
許容電源変動	電 圧	100V ± 10%(ただしAVR付加により ± 20%)	
	周 波 数	60c/s(50c/s) + 5% -10%	
電 源 消 費 電 力		約1kVA	
高周波出力電圧	75Ω同軸	約0.2V	
	300Ω2線式フィーダ	約0.5V	
監 視 可 能 距 離		300m以内	300m以内 とくに遠距離用の場合 5km以内
受 像 画 面		292×208(14in角形)	

数を21kcに設定しているものもあるが、水平走査の直線性の悪化および映像周波数帯域幅のために余り望ましいことではない。

本装置による実際の映像写真を4図に示す。



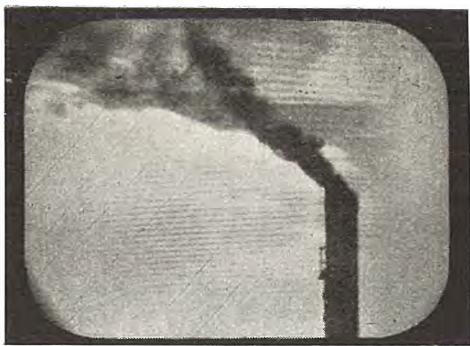
4図 (a) 送電線鉄塔
距離約200m 晴天
絞り5.6

Fig. 4. (a) Transmission line tower (cloudy day).



4図 (b) レーダ塔
距離約150m 晴天
絞り5.6

Fig. 4. (b) Radar tower (cloudy day).



4 図 (c) 煙 距離約
200 m 曇天 絞り 5.6
Fig. 4. (c) Smoke
(cloudy day).



4 図 (d) ポスター 照明
500 lx 絞り 2.8
Fig. 4. (d) Poster
(500 lx).

イ. IT-II 型

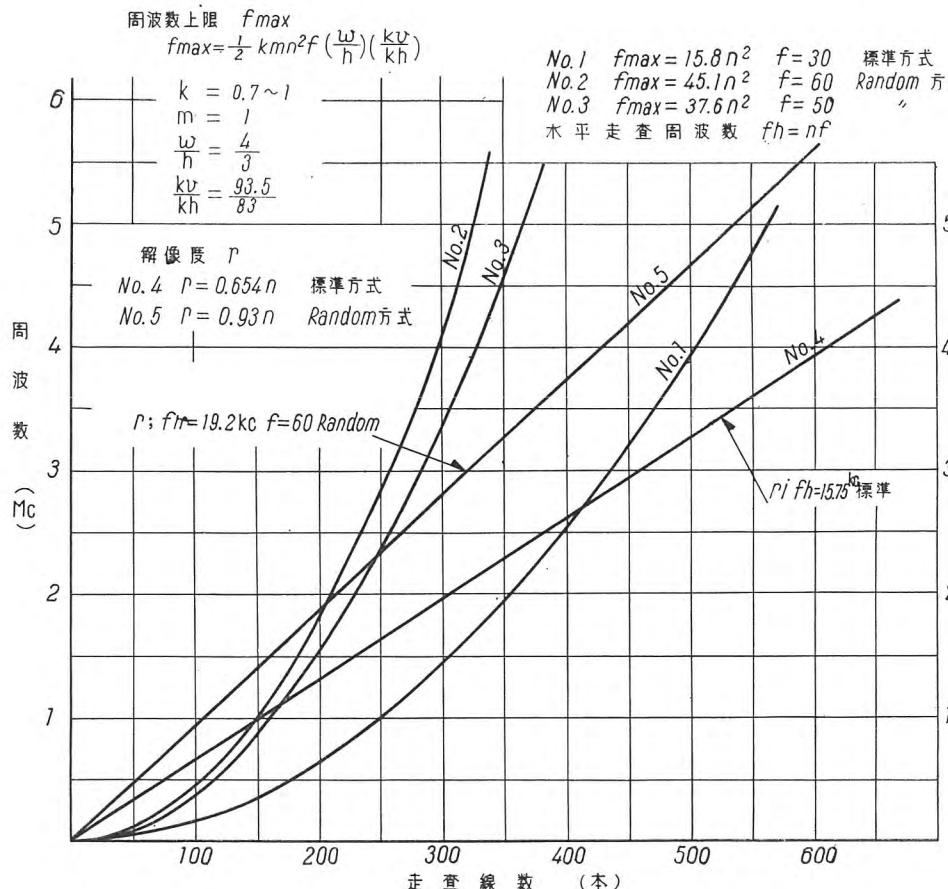
本装置は表示のとおり標準方式を採用しており、必要な場合には放送用受像機を補助監視機としてそのまま使用できる。

性能としても I 型に比して優秀で、付属品を適当に選定することにより I 型の用途はもちろんあらゆる分野に用いられる。とくに遠距離の使用が望まれる場合には送像側に送出し変調機を付属することによって数 km まで実用になる。

ウ. 周波数帯域幅

テレビジョン信号を伝送する場合に必要な周波数帯域幅の上限は次式によって決定される。

$$f_{\max} = \frac{1}{2} k m n^2 f \left(\frac{w}{h} \right) \left(\frac{k_v}{k_h} \right)$$



5 図 最高周波数曲線と解像度

Fig. 5. Maximum frequency curves and degree of image dissection.

$$\begin{aligned} \frac{w}{h} &= \text{横縦比} \\ k &= \text{垂直解像度系数} \\ m &= \text{水平垂直解像度比} \\ n &= \text{走査線数} \\ f &= \text{毎秒送像数} \end{aligned}$$

この関係を曲線で表わせば 5 図の如くなる。

Random Interlace 方式のように水平走査周波数を任意に選定できるような場合には、受像画面の大きさおよび許容できる解像度等によって適当な走査線数を選定し、これにより必要帯域幅を決定することになる。

周波数の下限は、とくに時間と共に照度のはげしく変化する場合でない限り 60 c/s でよいが、I 型 II 型においては 20 c/s に選定している。また直流分伝送は放送用

テレビジョンと同様直
流分再生回路を付加す
ることにより行っている。

I 型 II 型の映像増
幅器総合周波数特性は
6 図に高周波補正特性
は 7 図のとおりである。

エ. 被写体照度と 照明

撮像に必要な被写体の照度は大略次式によ
って決定される。

$$I_s = \frac{1}{TR} 4 f^2 I_p (m+1)^2$$

ただし

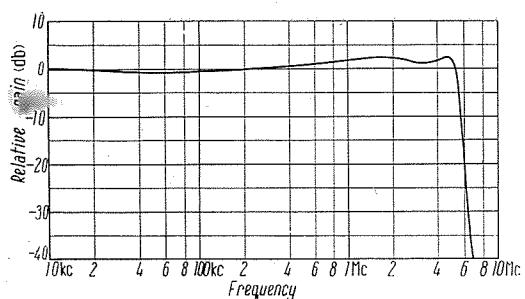
I_s = 被写体への入力
照度 (lx.)

T = レンズの透過率
 R = 被写体の最も明
るい部分の反射
系数

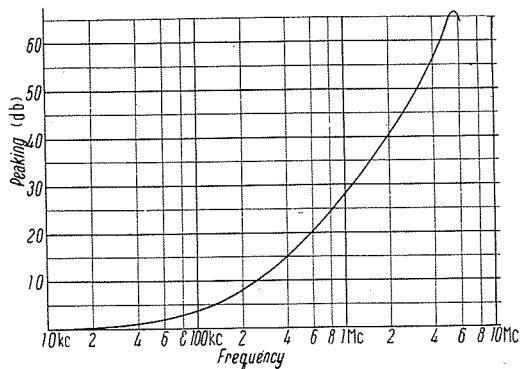
f = レンズの絞り

I_p = 光電面上の照度
(lx.)

m = レンズの横倍率



6 図 映像増幅器総合周波数特性
Fig. 6. Image amplification overall frequency characteristic.



7 図 高周波補正特性
Fig. 7. High frequency amendment characteristic.

ビディコン 6198においては $I_p=30\text{lx}$ でありまた通常 $T=0.75$, $R=0.65\sim0.7$ 程度と考えられ $m\ll 1$ なることから次式の如くなる。

$$I_s = 228 f^2$$

すなわちレンズの絞りと必要照度との関係は 8 図の如くなる。

もちろんこの値は撮像管の光電特性が関係する性質のもので、白熱電燈光源の場合と太陽光線の場合とでは、スペクトル分布が異なるために自ら相異がある。ビディコン 6198 の光電特性は 1 図にあるとおり、波長の短い方に山をもっており、このため普通の白熱電燈照明より太陽光線や昼光色螢光燈、水銀燈等による照明の方が効果的である。

光電面上照度 $I_p=30\text{lx}$ の時出力が適当な値になるといふのはタンクステン白熱電燈に対するもので、このため太陽光線下においては必要照度 I_s の値は多少小くなる。

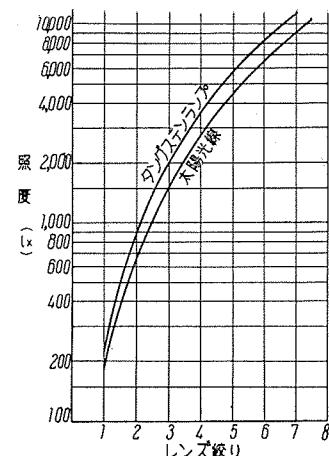
以上のべた I_s の値は適当な照度の限界という意味であり、これ以下の照度においてももちろん撮像は可能である。ただ I_s がこの値を下廻る場合には、信号電極電圧を上昇させ感度を増加させることが必要で、感度は増加しても S/N, 信号出力電流対暗電流比および残像特性が悪化し寿命も短くなり望ましい使い方ではない。

絞り 1.5 のレンズの場合 I_s は $400\sim500\text{lx}$ 程度となるが、この場合でも実際に 100lx 程度迄は一応使用できる。

オ. 遠隔操作

I 型 II 型共、制御監視機（次章参照）正面パネルにおいては常時次の操作ができる。

- (1) 電源 ON, OFF.



8 図 必要最低照度曲線
Fig. 8. Necessary minimum illumination curves.

- (2) 撮像管ターゲット電圧調整.

- (3) 撮像管ビーム電流調整.

- (4) 撮像管電磁焦点調整.

- (5) 撮像管走査面垂直位置調整.

- (6) 撮像管走査面水平位置調整.

- (7) 垂直同期調整.

- (8) 監視機コントラスト調整.

- (9) 監視機輝度調整.

用途によってはさらに多数の遠隔操作ができる。たとえば、

- (10) レンズ焦点調整.

- (11) レンズ絞り調整.

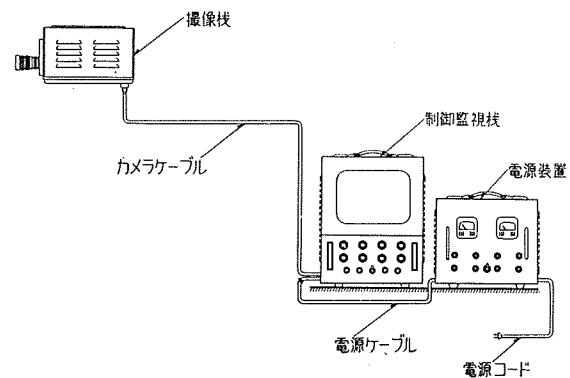
- (12) 撮像機左右回転.

- (13) 撮像機上下伏仰.

- (14) 照明装置 ON, OFF.

- (15) ウィンドクリーナ ON, OFF.

等々。



9 図 ITV 系統図
Fig. 9. ITV system diagram.

10 図 (a) 撮像機および三脚
Fig. 10. (a) Television camera and tripod.



10 図 (b) 制御監視機
右 電源装置 左

Fig. 10. (b) Control monitor machine and electric power source



4. 装置の構成および動作

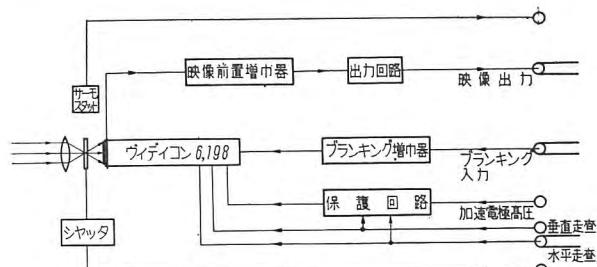
IT 型工業用テレビジョン装置本体の構成は 9 図に示すとおりで、用途によって適当な付属品を付加して使用する。10 図は IT-I 型試作機の写真である。

ア. 撮像機

ブロックダイアグラム； 11 図

外形寸法； 370 (L) × 167 (W) × 224 (H)

装置が動作状態になると自動的にシャッタが開放され、レンズを通して光電面上に像が結ばれる。次項にのべる制御監視機から、カメラケーブルを通して伝送されてきた垂直および水平の走査電流によって、撮像管が動作して像は電気信号に変換され映像前置増幅器に印加される。

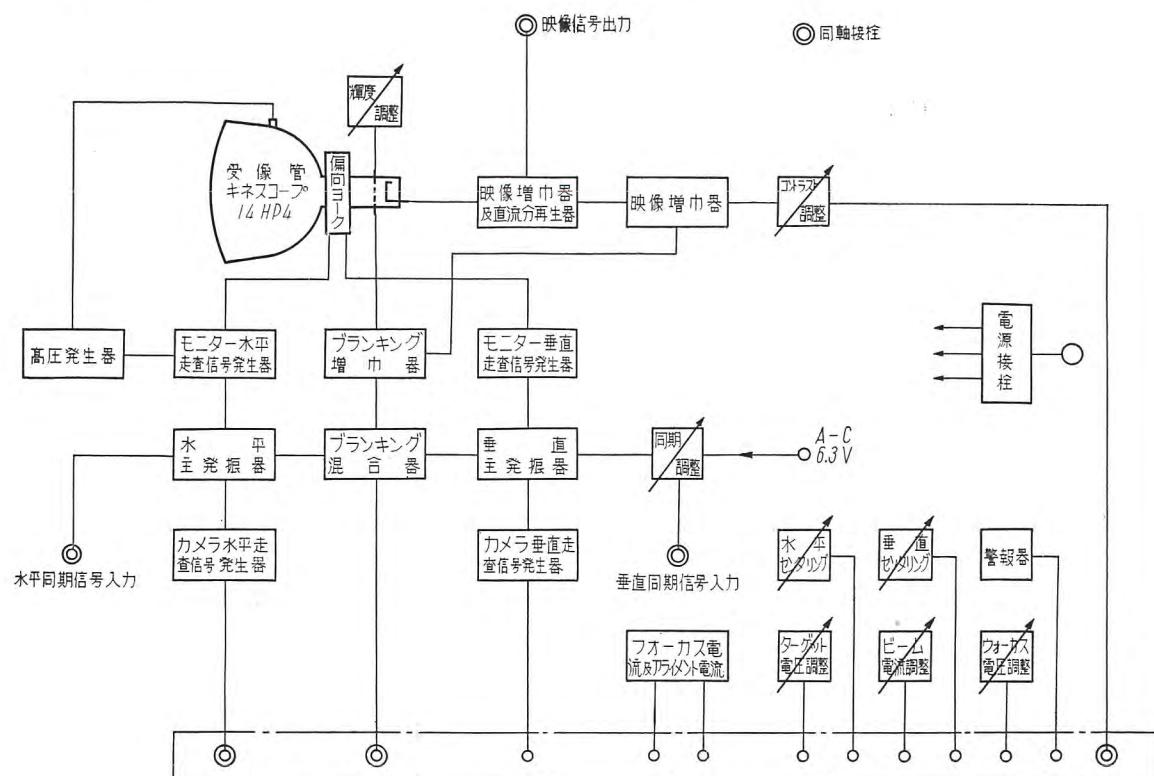


11 図 撮像機ブロックダイアグラム

Fig. 11. Block diagram of television camera.

12 図 IT-I 型制御監視機ブロックダイアグラム

Fig. 12. Type IT-I control monitoring machine block diagram.

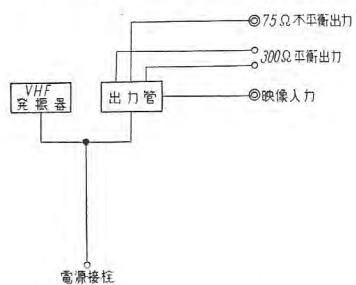


ビディコン 6198 の信号電極負荷抵抗は、周波数特性の点からすれば必要周波数帯域幅が得られる程度に充分低く取るべきであるが、マイクロフォニックノイズ、抵抗の熱雑音等を考慮に入れるとある程度高い値に選定して低周波成分の出力を増加させ、この部分で生じた高周波分のアンバランスを後段増幅器で補正する方が、信号雑音比の点で有利である。本機では $50\text{k}\Omega$ に取っている。

映像増幅器は初段にカスコード型を配した3段のピーキング増幅器になっており、信号はさらにカソードフォロワ型の出力回路を経て送り出される。

本機には走査停止時に撮像管光電面の破壊を防止する保護継電器回路が設けられ、さらに火力用等高温地区で使用する場合には、許容温度超過表示用のサーモスタットを付加してある。

1. 制御監視機



IT-I 型ブロックダイアグラム；12 図
外形寸法；563 (L) × 410 (W) × 535 (H)

IT-II型にはこの他に、同期信号発生部(3図)高周波部(13図)がアタッチメントとして追加内臓される。

本機は次の如きブロックから成っている。

- (1) 水平走査ブロック.
 - (2) 垂直走査ブロック.
 - (3) ブランкиングブロック.
 - (4) 映像增幅および受像ブロック.
 - (5) 制御ブロック.

(1) (2) のブロックはそれぞれ主発振器、撮像機走査回路、監視機走査回路を有し、同一の主発振器の出力パルスを撮像機系、監視機系に分配することによって撮像と受像を同期走査させている。具体的な回路については放送用テレビジョン受像機の同部分の回路とほとんど同一で、撮像機系の方だけは幾分直線性の良い回路を使用している。

(3) のブロックにおいても (1) (2) のブロックから与えられる垂直水平のブランкиングパルスを、適当な比率で混合した上で撮像機系、監視機系に分配している。

(4) のブロックでは撮像機からの映

像信号入力をピーキング増幅し受像管 14 HP 4 に印加し受像する。

(5) のブロックには前章でのべた操作要求に従って、スイッチ、押ボタン、可変抵抗器等が配置され、一切の制御はすべて正面パネルにおいて操作できるようになっている。

IT-II型においては(1)～(5)各部の他に同期信号発生部および高周波部があり、おのおの別箇のサブシャーシに組込まれビス止めにより本体に装置し、ケーブルにより本体と接続されている。

II型においては同期の主導権を有するのはこの同期信号発生部で、その垂直および水平同期パルス出力は本体(IT-I型)の垂直および水平主発振器に導かれ、その発振周波数を制御する。

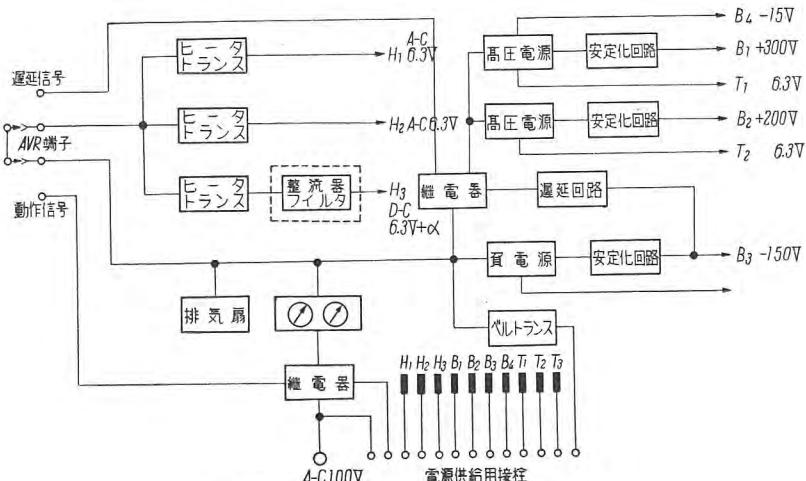
また本体映像増幅器出力段に付属した映像信号出力端子からは、同期信号の混入した映像出力が送り出され、高周波部のVHF発振出力を変調し、テレビジョン放送バンドの高周波出力として信号を取出している。

ウ. 撮像制御機および送信機

IT-II 型をとくに遠距離の目的に使用する場合には、送像側に撮像機および電源装置の他さらに撮像制御機および送信機を設置する。この場合制御監視機は受像側におかれ、IT-I 型および近距離の IT-II 型の時もっていた、撮像機走査用回路および同ブランкиング回路は除去され、新たに高周波增幅部、同検波部、同期信号分離回路が追加される。これらの回路は放送用テレビジョン受像機と全く同様なのでとくに説明は行わない。

撮像制御機は近距離用の制御監視機とほとんど同一のもので、ただ監視用の受像管として 14 HP 4 の代りに 5 UP 1 を使用しているのが異なるだけである。

また送信機は近距離用の高周波部(13図)と原理的に同一であり、単に送信出力を増加させただけのものである。VHFの発振は水晶制御方式とし出力は約10W程度得られる。



14 図 電源装置ブロックダイアグラム
Fig. 14. Electric source block diagram.

撮像制御機外形寸法；610 (L) × 350 (W) × 460 (H)
送信機外形寸法；637 (L) × 410 (W) × 370 (H)

エ. 電源装置

ブロックダイアグラム 14 図

外形寸法；637 (L) × 410 (W) × 370 (H)

制御監視機正面パネルにおいて電源スイッチを ON すれば繼電器が働いて、ヒータ電源、負高圧電源、排気扇、ベルトランスが ON される。約 30 秒後遅延回路によって正高圧用繼電器が ON され各機器が動作を開始する。

本電源は A-C の主入力の他にヒータ回路のみ AVR 端子をもち、電源変動のはげしい場合に AVR を挿入する。高圧回路は安定化回路を自蔵するため AVR 挿入の必要がない。

またヒータの内撮像機用のみは D-C 使用も可能になっており、電源非同期式の場合に使用する。

本装置の主繼電器、遅延繼電器が動作した場合、さらに他の機器を駆動する目的で駆動用信号出力端子を設けてある。

オ. カメラケーブル

撮像機操作用として、撮像機—制御監視機間に使用される。同軸ケーブルを含む 30 芯のビニール外装ケーブルで、仕様は 6 表のとおりである。

カ. 付属品

IT 型工業用テレビジョン装置を使用する場合、用途に応じた各種の付属品を必要とする。つぎにその主なものについて簡単に説明しておく。

(1) レンズ焦点および絞り調整装置。

撮像機後部に駆動用アタッチメントを、前部レンズマウントカバーに歯車機構をそれぞれ装着し、単相 100 V 用平衡誘導電動機を使用して操作する。

焦点可変速度 MIN～MAX. 約 10 sec.

絞り可変速度 MIN～MAX. 約 7 sec.

操作はすべて制御監視機正面パネルにおいて行われる。

(2) 三脚および撮像機回転装置。

三脚は撮映機用の大型三脚を使用する。(10 図)

一般的の用途に使用される回転装置はこの三脚下部に装着され、中心軸を駆動して回転させる。回転に使用するモータは 100 V 単相の整流子電動機でもちろん逆転も可能である。

回転速度；約 300°/60 sec.

回転機構のロックを除去すれば手動で操作することもできる。

(3) 観窓およびフィルタ。

火力発電所炉内燃焼状況監視用として用いる場合、撮像機保護の目的でボイラ天井部に装着し、この窓を通して内部を監視する。

冷却方式；2 層強制通風式

耐熱ガラス；石英ガラス 2 枚

熱線吸収用ガラス 1 枚

色ガラスフィルタ 1 枚

最大許容温度；ボイラ内面 約 1,200°C

注入風圧；水柱 約 400 mm

風量；3～5 リューベ/毎分

最大視角；約 35°

冷却室は耐熱ガラスでしきられ、ボイラ内面から石英ガラス 2 枚、熱線吸収用ガラス、色ガラスフィルタの順に装着される。400 mm の圧力で注入された冷気はこの間を別れて通過し、通過後合流してボイラ内面に向い噴出する。噴出穴はスリット (円板状) と溝との複合体で、溝は観窓中心線に対して偏角を有し、この作用によってある程度回転力をもった円板状の風が、最内面にある石英ガラスの内部に吹付けられる。この円板状の風によりボイラ内部からの煤の付着が防止される。

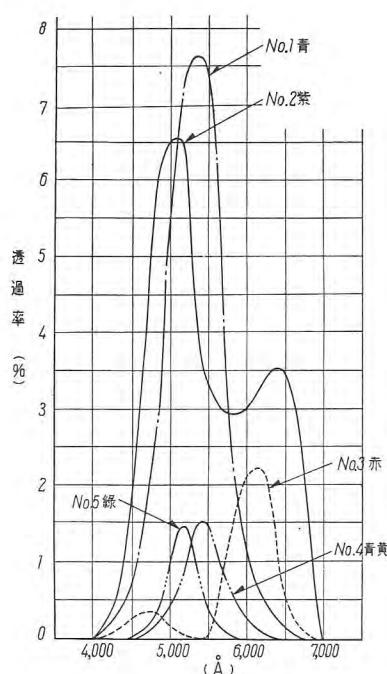
強制通風により対流および接触による熱伝導を阻止するため、撮像機側では通常 45°C 程度に保持されるが、監視物体が発熱体であるために熱線の輻射によって撮像

6 表 カメラケーブル仕様

PE 絶縁 同軸ケーブル	構 造 仕 様					電 気 仕 様 at 20°C			
	本 数	中 心 导 体	絶 缘 体	外 部 导 体	外 部 被 覆	絶 缘	耐 壓	イ ン ビ ー ダ ン ス	減 衰 量
	3 本	約 0.54 φ	約 3.2 φ	約 4.0 φ	約 5.2 φ	10 MΩ/km 以上	60 c/s 1 kV 3 分	75 Ω±3 Ω at 10 Mc	46 dB/km at 10 Mc
<hr/>									
PE 絶縁 ナイロン被覆 電線	本 数	導 体	絶 缘 体	保 護 被 膜	遮 蔽 体	群保護被膜	絶 缘	耐 壓	導 体 抵 抗
	7 本×2	約 0.8 φ	約 1.5 φ	約 1.7 φ	約 6.2 φ		1 MΩ/km 以上	60 c/s 1 kV 3 分	44 Ω/km
同 上	4 本×1 星 捩 り	14/0.2 軟銅撓線	P.E. 0.35 t	ナイロン	P.E. テーブル一枚		<hr/>		
		約 1.1 φ	約 1.8 φ	約 2.0 φ	約 5.5 φ	約 6.0 φ	同 上	同 上	<hr/>
同 上	3 本×3	30/0.18 軟銅撓線	P.E. 0.35 t	ナイロン	錫銅軟銅線編組	P.E. テーブル一枚	<hr/>		
		約 0.8 φ	約 1.5 φ	約 1.7 φ	約 4.4 φ	約 5.0 φ	同 上	同 上	25 Ω/km
集合および 外装	集 合	抑 え 卷	遮 蔽 体	外 部 被 覆	仕上り外径	重 量	近 端 漏 話 減 衰 量 100 kc		
	<hr/>		約 20 φ	約 21 φ	約 25 φ	<hr/>			
	30 心 シコート介在	片面 PVC 引線テー ブ 2 枚重ね巻き	錫銅軟銅線 編組	PVC (黒) 2.0 t	26.0 φ max.	900 kg/km	同 軸 相 互	同 軸 遮 蔽 群	遮 蔽 群 相 互
<hr/>									

管光電面温度が上昇する恐れがあり、熱線吸収用のフィルタを装着せねばならない。

以上の如くすれば冷却に対する問題は解決するが、ボイラ内部の焰を監視するには適当な色ガラスフィルタの装着も必要になる。とくにボイラを石炭運転させている場合、灰分の影響によって赤色付近のスペクトルが強く（灰分の発するもの）、この光のために肝心の焰の細部の



15 図 フィルタ色感度曲線

Fig. 15. Filter colorsensitivity curves.

5 のフィルタを使用した場合、焰の動きがある程度感知

できたが、No. 2, No. 3 を使用した場合には全然感知できなかった。

わが国のボイラのように比較的質の悪い石炭によって運転される場合には、灰分のため正確な内部状況を撮像するのはほとんど望めないが、上記フィルタを併用した場合その程度を改善することは可能になるものと思われる。

5. む す び

ITV は現在実用化の域に入っただけでまだ発展の段階にあり、今後幾多の改良が加えられることと思われる。

たとえば現在行っている伝送方式では、とくにマイクロ波伝送などを考えない限り、限られた距離の場所にしか使用できないが、一般に使われているテレメータ方式が電力線搬送方式と相まって今日の発展を遂げたように普通のラジオ放送程度の周波数帯域幅で充分な特殊テレビジョン方式を開発することができれば、伝送可能距離の制限もほとんど考慮に入れる必要がなくなり、搬送方式の利用によって一段の飛躍が見られるであろう。

かように方式自体についても幾多開発の余地が残されているが、装置を安価にすることも大きな課題の一つであろう。現在製作されている ITV はこの点から見れば「やっと使用し得る状態になった」という段階で、これが普及を見るためには設計工作になお一段の努力が払われねばならない。

以上わが国における ITV の現状、および当社で製作している実際の装置について概略説明したが、本稿を終るに当たり、本装置の開発に尽力された無線製作所担当各位のご援助に対し心から感謝の意を表わす次第である。

高周波誘導加熱装置

無線機製作所

馬場文夫*・渡辺文明**

High Frequency Induction Heating Apparatus

Fumio BABA · Fumiaki WATANABE

Electronics Works

High frequency induction heating apparatus are welcomed everywhere nowadays in virtue of their versatile application in the metallurgical field. Mitsubishi has been manufacturing them of vacuum tubes for a few years. Their output ranges from 10 to 100 kW, the frequency of 350-450 kc being of the standard with other variety available on demand. A 150 kW 10 kc generator type induction heater has been added to the production of late, which, no doubt, will become popular soon.

1. まえがき

最近高周波誘導加熱の利用は金属の表面焼入を始め鑄付・鍛造・焼鈍・溶融など多方面にわたり発展しつつある。当社においてもすでに数年前から高周波誘導加熱装置を製作し、またこの装置を用いて巻上機用ギヤー、電車モータ用ギヤーなど大寸法のものからミシン針、メータ用ピポットなど小寸法のものまで各種電機、機械部品の熱処理を実施して良好な成績を上げている。

本稿は装置の構造・種類・性能などについてその概要を記し、つぎに本装置の各方面における応用について記述した。高周波誘導加熱を利用されるにあたって本稿が参考になれば筆者等の望外の喜びである。

2. 高周波誘導加熱装置

ア. 概要

当社では主として真空管式の誘導加熱装置を製作している。その出力 10~100 kW、周波数 350~450 kc を標準とし 80~100 kc, 9~10 kc のものも必要に応じて製作し広い範囲の利用に応じることができる。1 表は真空管式誘導加熱装置の各出力のもの主なる仕様を記したものである。本装置は電源回路、制御回路、発振回路、負荷回路よりなる。1 図は EH-3 型 (出力 20 kW) の誘導加熱装置の外観図であり、左側面に陽極用高圧変圧器があり遮弊筐により遮弊されている。前面には本装

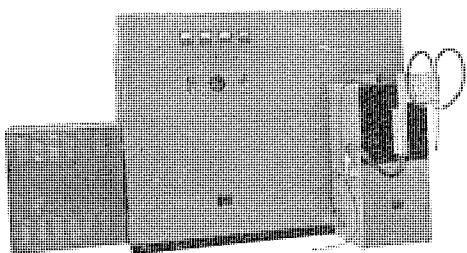
置制御に必要なスイッチ、調整器、各種指示器が配置されている。本体左半分は整流電源、制御機器があり右半分には発振管、発振回路を自藏している。負荷回路はカレント、トランスおよび加熱コイルよりなり1 図では右前方にあるが、カレント、トランスは必要に応じて本体より 2~3 m 離して配置することもできる。

イ. 電源回路

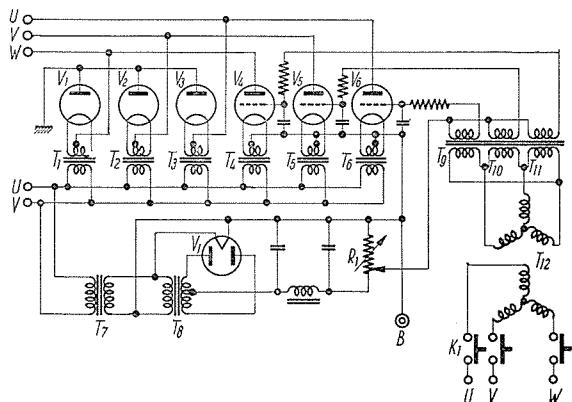
本装置は三相、50~60 c/s, 10~50 kW のものは 220 V 50~100 kW のものは 3,300 V の電源を必要とする。陽極用高圧変圧器は三相油入屋内用変圧器を使用し発振管の最大連続定格に必要な電力で連続使用に耐えるよう設計されており、一次 Δ 結線、二次 Y 結線して整流管 3 本、サイラトロン 3 本を使用して三相全波整流して発振管陽極直流電圧を得ている。

陽極電圧はサイラトロンの格子電圧の位相変化により連続的に変えることができる。2 図 a. はその回路の結線図である。 T_1, T_2, T_3 は整流管織条変圧器、 T_4, T_5, T_6 はサイラトロン織条変圧器、 V_1, V_2, V_3 は整流管、 V_4, V_5, V_6 はサイラトロンである。サイラトロン V_4, V_5, V_6 の格子電圧が零または正である場合は整流管とどうように動作するのでこの回路は一般の三相全波整流回路と同じとなり出力端子 B 、接地間には入力交流相電圧の約 1.35 倍の直流電圧を得る。変圧器 T_7, T_8 、整流管 V_7 により抵抗 R_1 に直流電流が流れしたがってサイラトロン V_4, V_5, V_6 の格子はその織条に対して負電

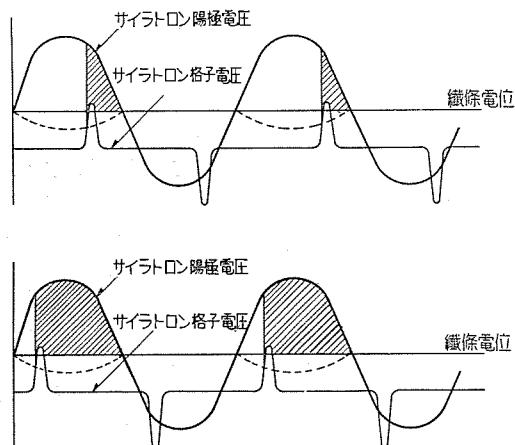
* 機器製造部第三技術課長 ** 機器製造部



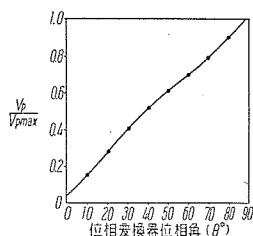
1 図 EH-3 型誘導加熱装置 (出力 20 kW)
Fig. 1. 20 kW Induction heater Type EH-3.



2 図 (a) サイラトロン制御電源回路結線図
Fig. 2. (a) Connection diagram of thyratron control circuits.



2 図 (b) サイラトロン動作特性 (斜線部は放電領域を示す)
Fig. 2. (b) Thyratron operation character.



2 図 (c) 位相変換器の位相角 θ と出力電圧 Vp との関係
Fig. 2. (c) Relation between phase angle θ and output voltage Vp.

圧となる。この負電圧はサイラトロン V_4 , V_5 , V_6 の陽極に最大の電圧がかかった時も放電しないような値にしておく。 T_9 , T_{10} , T_{11} は尖頭波変圧器でありその尖頭電圧は先に述べた負電圧より大にしておくとその尖頭値付近ではサイラトロンは放電可能となる。尖頭波変圧器の位相は位相変換器 T_{12} により任意の位相に調整できるので 2 図 b. のようにサイラトロンの放電特性を変えることができる。2 図 c. は位相変換器の調整位置と出力電圧との関係を示したものである。また位相変換器 T_{12} の一次電圧を電磁接触器 K_1 によって断とすればサイラトロン格子はつねに負電圧となるので B 端子には高圧が出ないので陽極電圧の接続には小電流容量の電磁接触器で可能である。

ウ. 制御回路

発振管・整流管・管サイラトロンの織条回路の接続、陽極高圧変圧器の接続などすべて電磁接触器を使用し操作を簡易かつ確実にしている。発振管を保護するため発振管織条電圧は規定電圧の約 1/2 より徐々に昇圧するような調整器を備えまたこれにより電源電圧が変動しても規定電圧に調整でき、発振管冷却水の水圧が不足した場合は自動的にその織条回路が断となり、発振管の陽極電流が規定値以上になった時は陽極電圧が断となるような安全装置が備えている。また積算時間計を備え発振管使用時間が示指できるようになっている。

動作状態を指示するため陽極電流計・陽極電圧計・格子電流計・織条電圧計・織条印加標示燈・高圧印加標示燈を備えている。

内部点検の時は内部に高圧が生じないよう扉スイッチを備え安全であるようにしてある。

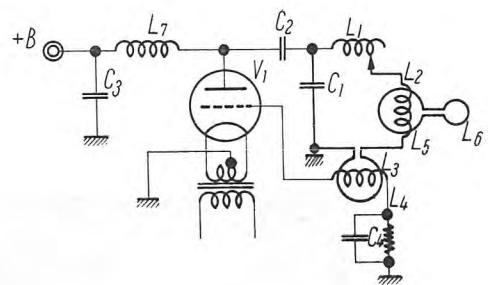
その他加熱時間を制御する必要ある場合はタイマを付加して高周波電力を印加してから一定時間経過すれば自動的に高周波電力を断にすることができる。

エ. 発振回路

発振管は水冷管を使用しその冷却水量は使用真空管に

1 表 真空管式誘導加熱装置の主なる仕様

型 名	高周波出力 kW	周波数 kc	発 振 管	整流管 サイラトロン	電 源 入 力	冷却水 l/min
EH-1	10	350~450	水冷管 8T10×1	972A×6	三相, 220V, 19KVA	20
EH-2	15	350~450	〃 8T67×1	5H69×3 5G69×3	〃 〃 28KVA	30
EH-3	20	350~450 90~100	〃 8T10×2	5H69×3 5G69×3	〃 〃 37KVA	20
EH-4	30	350~450 90~100	〃 8T67×2	5H69×3 5G69×3	〃 〃 55KVA	30
EH-5	50	350~450 90~100 9~10	〃 9T71×1	5H69×3 5G69×3	三相, 220V, 90KVA 三相, 3300V, 90KVA	75
EH-6	100	350~450 90~100 9~10	〃 9T71×2	7H57×3 7G57×3	三相, 3300V, 180KVA	75
EHR-5	5	350~450	強制空冷管 8T10R×1	972A×3	三相, 220V, 12KVA	—
EHR-10	10	350~450	〃 8T20R×1	972A×6	〃 〃 19KVA	—
EHR-20	20	350~450 90~100	〃 8T20R×2	5H69×3 5G79×3	〃 〃 37KVA	—



V₁ 発振管
 L₁ 陽極コイル
 L₂ カレントトランス一次
 コイル
 L₃ 陽極コイル(格子結合用)
 L₄ 格子コイル
 L₅ カレントトランス二次コイル
 L₆ 加熱コイル
 L₇ 陽極チョークコイル
 C₁ 陽極タンクコンデンサ
 C₂ 陽極阻止コンデンサ
 C₃ 陽極側路コンデンサ
 C₄ 格子側路コンデンサ

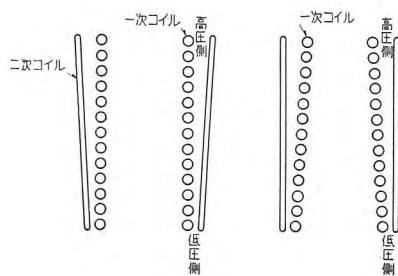
3 図 発振回路、負荷回路結線図

Fig. 3. Connection diagram of oscillation circuit and load circuits.

より異り 20~75 l/min である。冷却水用蛇管はステアタイト製のものを使用し、従来一般に使用されていたゴム管製蛇管に比して絶縁もよく長年月使用しても全然劣化しない。

発振回路は陽極同調式自励発振回路でありその結線は 3 図のとおりである。発振タンク回路は発振管陽極との間にコンデンサ C₂ が挿入されているので直流高圧は印加されておらず安全である。陽極タンクコンデンサ C₁ は高周波損失の極めて少いリリジコンを使用しているので C₁ の回路損失は僅少であり、その容積も他の種類のコンデンサに比して小さい。C₁ の静電容量は充分大に選んであるその両端電圧と電流との積すなわち無効電力は陽極出力電力の 50 倍以上になるよう設計してあるので、結合度のよくない加熱コイルを使用した場合も鋼など強磁性体を加熱して磁気変体的以上の高温な状態であっても充分高周波電力が伝送されるようになっている。

格子コイル L₄ は陽極コイルの接地側に設けたコイル L₃ と結合し、カレント、トランス一次コイル L₂ は陽極コイル L₁、L₃ の間に接続されている。この回路方式によるとカレント、トランス二次コイル L₅ に接続された加熱コイル L₆ がどんなインダクタンスであっても自動的に発振周波数が追従するので同調をとる必要がなく



4 図 カレント・トランス断面図

Fig. 4. Cross section view of current transformer.

調整が簡易である。また被加熱物に伝送される電力を小にしたい時は、陽極コイル L₁ を大にすれば L₂ の電圧、電流共減少したがって伝送電力も減少する。L₁ を小にすれば L₂ の電圧、電流共増加して伝送電力は増大する。そしていずれの場合も格子コイル L₄ は L₁ とは独立した陽極コイル L₃ と結合しているので格子饋還量はほとんど変化せず L₁ のタップ調整のみで高周波電力の調整ができる。

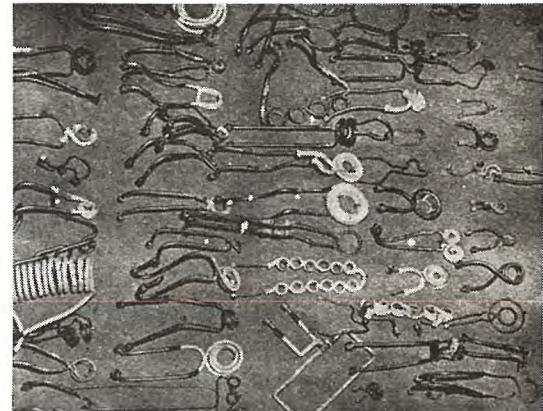
才、負荷回路

カレント、トランスは装置の出力、周波数、加熱コイルのインダクタンスにより最も能率よく使用し易い構造に製作している。一次コイル、二次コイル共に水冷として連続使用に耐えるようにしてありかつ水圧継電器を備えて冷却水が流れていないう時高周波電流が流れないようにしてある。

加熱コイルと被加熱物との結合が密でない時、非磁性体を加熱する時などにも伝送電力が小とならないように 4 図に示すように一次コイル、二次コイルの間隔を高圧側では大とし低圧側では小とした構造のものを使用している。かかる構造のものを使用すれば一次コイル、二次コイルの間隔が等しいものに比べて、高周波耐圧が大で結合系数も大とすることができるので被加熱物への伝送電力は大となる。

3. 高周波誘導加熱装置の応用

高周波誘導加熱を金属の焼入、鑄付など各方面に応用

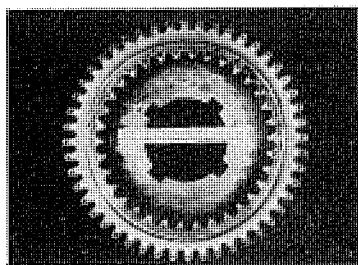


5 図 種々の加熱コイル
Fig. 5. Variety of heater coils.

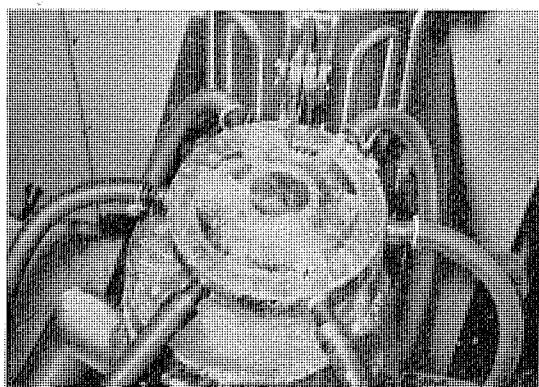
2 表 各種ギヤー高周波焼入実施例

ギヤー寸法	加熱条件							W_P/S	$\frac{W_P\sqrt{t}}{S}$
	直径 D	幅 h	モジュール	投影表面積 S	陽極電圧 V _P	陽極電流 I _P	入力電力 W _P =V _P I _P		
170	25	4	133	10.6	7.2	76	13	0.57	2.06
160	28	3	141	10.5	7.0	73	14.5	0.52	1.98
125	14	2	55	10.8	6.0	65	3.4	1.18	2.17
120	10	2	38	8.0	3.9	31	5.5	0.85	1.99
115	20	3.5	72	10.6	6.2	66	4.8	0.92	2.02
80	28	3.5	70.5	10.6	5.6	59	6.6	0.84	2.16
35	30	1.5	33	10.7	5.5	59	1.2	1.79	1.96

焼入温度 850~900°C
 材質 炭素鋼 (C=0.4~0.6)
 投影表面積 $S = \pi D h \times 10^{-2} \text{cm}^2$



6 図 170 φ ギヤーの硬化形状
Fig. 6. Heating pattern of 170 φ gear.



7 図 ギヤー焼入状況
Fig. 7. State of gear hardening.

する場合その加熱コイルの設計に充分なる考慮をする必要がある。能率のよい加熱コイルを作るためには被加熱物とコイルとの結合を密にすること、コイルのインダクタンスをカレント、トランス二次コイル L_s の 0.5~2 倍に選ぶこと、加熱コイルと L_s を結ぶリード線のインダクタンスをできるだけ小にすることなどを考慮すればよい。したがって被加熱物の形状、寸法に応じそれに最適のコイルを多種類作ることが望ましく 5 図はその一例を示したものである。つぎにその主な応用につき記述する。

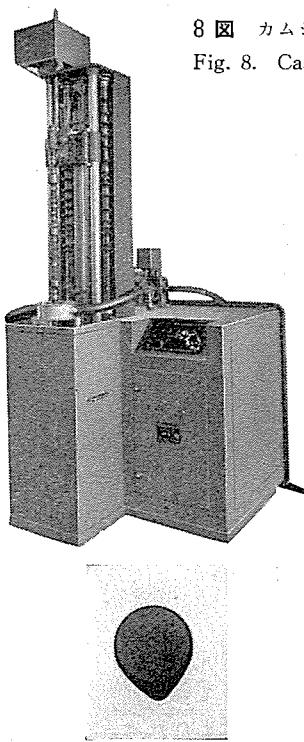
ア. 表面焼入

焼入深度 1~3 mm に鋼を表面焼入するには、350~450 kc の周波数で高周波有効電力 0.3~1.5 kW/cm² を必要とする。

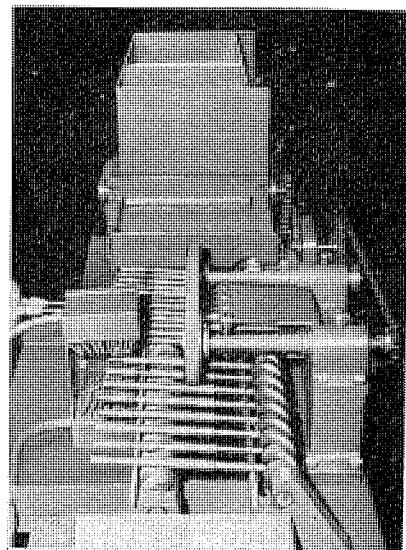
2 表は EH-5 型（出力 50 kW）誘導加熱装置により直径 170 φ より 35 φ までの各寸法のギヤーの高周波焼入結果であり、6 図、7 図は 170 φ ギヤーの焼入硬化層



11 図 ワッタメータ用ピボット焼入装置
Fig. 11. Induction heating equipment for hardening of pipato.



8 図 カムシャフト焼入装置
Fig. 8. Case hardening equipment of camshaft.

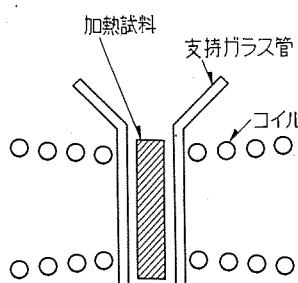


9 図 カムの硬化形状
Fig. 9. Heating pattern of cam.
10 図 扇風機軸のウォーム焼入装置
Fig. 10. Induction heating equipment for hardening of worm gears.

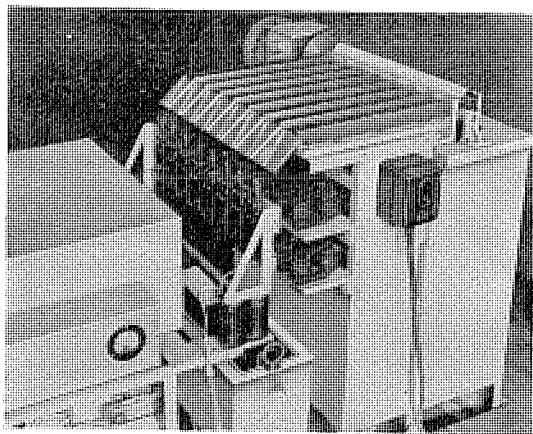
の状態および加熱後冷却時の状態を示したものである。

誘導加熱により表面焼入をすれば耐磨耗を必要とする表面層は充分なる硬度が得られ、内部に焼の入らない強靭な部分が残りかつ硬化深度を任意に調整できるので、従来高価な特殊鋼を使用していたものも安価な炭素鋼に置き換えられ、また浸炭焼入に比較しても焼入コストが著しく低減されるのみならず歪の小なるものができるのでその利用範囲は極めて広い。

同種のものを多量に焼入する場合は自動送り装置を併用すると、作業時間は短縮されかつ品質を均一化させることができる。8 図は当社製自動車用カムシャフト焼入装置である。本装置の高周波電源としては EH-3 型 (20 kW) 誘導加熱装置を用いカムシャフトを送り装置にはめ込み押鉗を押せば自動的に焼入の必要なカム、ギヤーが焼入れできるようになっている。焼入時間は小型カム（焼入箇所 10）では約 4 分、大型カム（焼入箇所 14）では約 5.5 分である。10 図は当社扇風機軸のウォーム部



12 図 二層巻渦巻コイル
Fig. 12. Two layer spiral coil.



13 図 ミシン針焼入装置

Fig. 13. Induction heating equipment for hardening of needles.

の自動送り装置であり末焼入軸を箱につめて装置を起動されれば自動的に1本ずつ軸が拾われて回転しながら加熱コイルを通り、続いて冷却輪の所で急冷され焼入が完了する。焼入速度は1分間10本である。

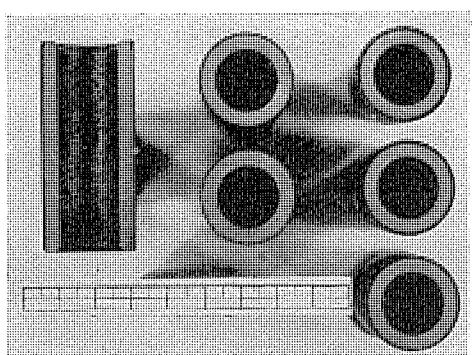
11図は当社ワッタメータ用ピポットの焼入装置であり出力1kW, 7Mcの誘導加焼装置により毎秒1箇の割合で焼入している。品物寸法が0.5~1φ×10m/mであり非常に小さいので一般の外回巻コイルでは能率が悪いので12図に示すような二重渦巻コイルを使用し被加熱物に磁束を集中して加熱能率を良くしている。13図はミシン針焼入装置であり出力3kW, 7Mcの装置で毎秒1箇の割合で焼入ができる。

3表 ピストンビン高周波焼入実施例

加熱条件		焼入状態		
陽極電圧 V_P	陽極電流 I_P	入力電力 $V_P I_P$	表面硬度 R_c	硬化深度 m/m
9.2kV	3.8A	34kW	65.5	1.2
9.6	3.2	30.7	63.9	0.8
9.1	3.1	28.2	62.4	0.7
8.7	2.9	25.2	69.9	0.65
8.4	2.8	23.5	59.0	0.5

材質 SAE-1045

寸法 外径 26φ, 内径 17φ,
送り速度 9mm/sec



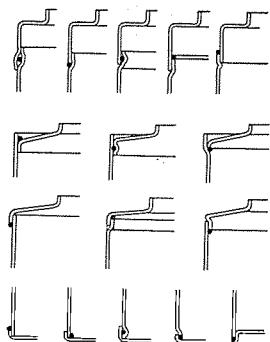
14 図 ピストンの硬化形状

Fig. 14. Heating pattern on piston pins.

高周波誘導加熱装置・馬場・渡辺

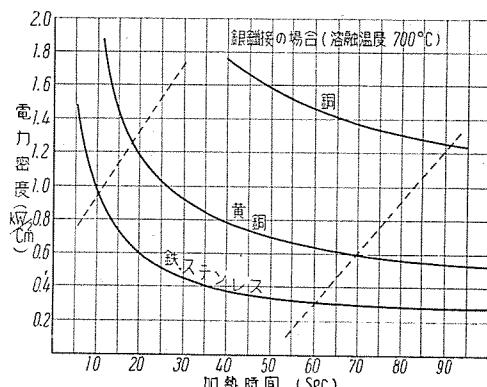
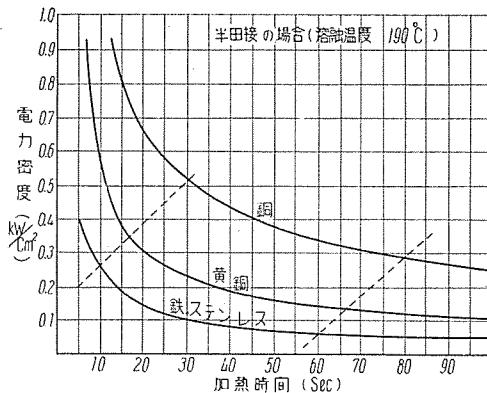
円筒形で細長い形状のものを高周波焼入する場合は、加熱コイルの下方につねに冷却水を噴出させて上部より連続的に品物を送る方法が有効である。すなわちかかる方法によれば加熱コイルの幅を小にすることにより高周波電力密度を大にすることことができたがって一発焼入よりも薄い焼入層を得ることが可能である。3表は直径26φの自動車用ピストンビンを連続焼入した時の実験結果であり、14図はその焼入深度の状態を示したものである。

以上高周波表面焼入の応用例について記述したが、この場合注意すべき点は焼入素材の材質を充分に検討して熱処理条件を誤らないことである。とくに特殊鋼、鉄物を焼入する時は焼割れ、歪などが起り易いので、熱差膨脹計 (Differential dilator meter) によりその変体温度を実測し、ジョミニ試験 (Jominy Test) によりその必要冷却速度を測定して加熱温度、冷却方法を定める



15 図 金属板の高周波鋸付方法

Fig. 15. Variod induction brazing method of sheet-metals.



16 図 高周波鋸付に必要な電力密度

Fig. 16. Electric power in induction brazing.

4表 バイトのチップ鑄付実施例

寸法	加熱表面積 (cm ²)	陽極入力 (kW)	鑄接時間	
			銅鑄の場合 (sec)	黄銅鑄の場合 (sec)
4/8"	5.1	10	18~20	10~12
6/8"	10.9	13.8	26~28	15~17
1"	19.2	13.8	60~70	30~35

ことが必要である。さきに述べた自動車用カムシャフト焼入装置はカムシャフト素材が単鑄鉄であるので上記試験を実施して理想的熱処理条件を定めてこれを基準として焼入装置を設計したので割れなく焼入することができた。

イ. 鑄付

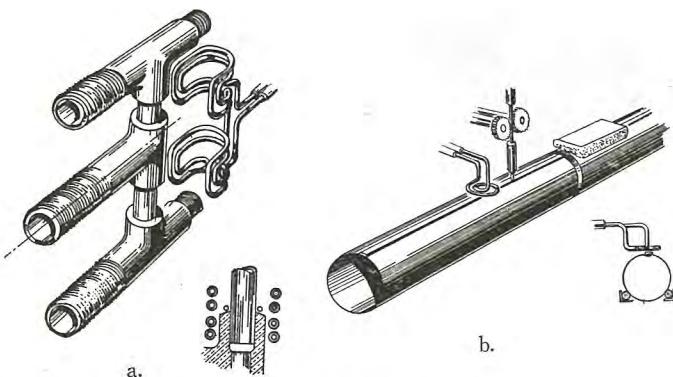
誘導加熱により鑄付を行うには 15 図に示すように鑄接面にあらかじめフラックス、鑄を配置し外部に加熱コイルを置いて加熱し鑄が充分鑄付面にまわった時高周波電力を止めればよい。鑄およびフラックスの融解温度、量、配置方法などを適当にすれば全く熟練を要せず完全な鑄付ができる。

鑄付には一般に 350~450 kc の高周波が用いられその所要電力は鑄の種類、鑄付するものの材質、鑄接時間などにより異り 16 図により大略の値を計算できる。4表は EH-1 型 (10 kW) 誘導加熱装置によりバイトのチップを付した時の実験結果である。バイトのチップを高周波鑄付すればその鑄付時間が 1 分以内であるのシャンクを手で持ったまま鑄付可能であり作業が簡易となりしかも確実な鑄付ができる。また一般の炉のように炉の予熱を必要とせず作業場が清潔になり作業時間も短くなるので鑄付コストは 1/3 以下に切下げられる。

鑄付するものの形状が複雑になるとそれに応じてコイルの形状を考えねばならない。17 図 a. は 3 箇の T 型管を鑄付する時の加熱コイルの形状を示したものであり、17 図 b. は連続加熱方法によりブリキ罐の半田付作業の状態を示したものである。

ウ. 鍛造

鍛造を誘導加熱方法で行えば、加熱時間が短いこと、必要部分のみを温度上昇させることができること、温度調整が容易であることなどの利点がある。



17 図 高周波鑄付コイル

Fig. 17. Coils for induction brazing.

使用周波数は直径 50 mm 以下のものは 350~450 kc それ以上のものは 80~100 kc を使用するのがよい。

加熱時間は内部まで温度が上昇するような時間が必要であり、一例をあげれば EH-3 型 (20 kW) の装置で 50 φ 肉厚 5 mm の鋼管の先端 50 mm を加熱すると 2 本同時に加熱して 20~24 秒が適当である。

エ. 溶融

1 回の溶融量が 1 kg 程度のものは出力 10 kW、周波数 350~450 kc、10 kg 程度のものは 20~30 kW、周波数 80~100 kc、50 kg 程度のものは 50~100 kW、周波数 9~10 kc、を使用するのが便利である。

真空管式の誘導加熱装置を溶融に使用する時は、その周波数が自動的に追従するので調整が容易である。

オ. その他の応用

その他誘導加熱の応用として、黄銅のアニール、銅とガラスの接着、など多方面に応用され将来さらにその利用範囲は拡大される見込である。

4. むすび

真空管式誘導加熱装置の構造、仕様の概要につき記述し本装置が多方面において有効に利用できることを実施例により説明した。最近当社において 10 kc、150 kW の発電機式誘導加熱装置が完成されたので今後は真空管式の装置と共にさらに広い範囲に有効に利用されることを期待している。

通信機用ばね材料としてのベリリウム青銅板

世田谷工場

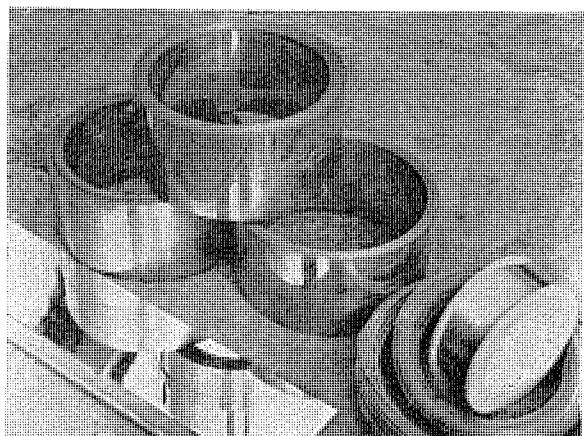
尾島学二*・加藤仲司**・矢吹真之助**

Beryllium Bronze Plates as Spring Materials for Communication Equipment

Gakuji OJIMA・Nakaji KATO・Shinnosuke YABUKI

Setagaya Factory

Beryllium bronze having excellent aging property stands out above varied materials of spring for electric apparatus, for which nickel silver, phosphor bronze and brass have been extensively used in the past. Superiority of this alloy speaks for itself, its application broadening year after year. Mitsubishi has been producing about 100 kg per month of it to satisfy the present demand, but aims at increasing it to ten times of the current yield.



1. まえがき

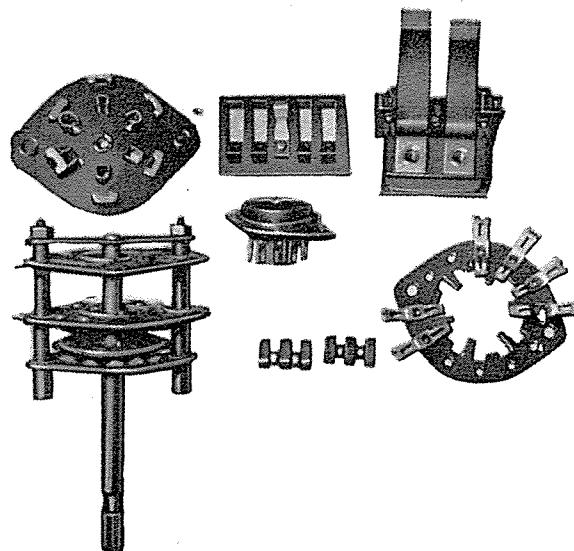
電気機器用の銅合金ばね材料としては洋白、磷青銅、黄銅等が使用されているが、最近に至り優秀な時効性銅合金であるベリリウム青銅が使用されるようになった(1図)。

この材料はとくに最近の通信機工業の著しい発達に伴いこれらの部門にも多方面に使用されるようになった。従来の銅合金ばね材料洋白、磷青銅、黄銅等に比してベリリウム青銅は時効硬化させることによりその強度、耐疲労性、導電性が著しく良くなるため、従来使用していたばね材の欠点である強度と加工性が両立しない点を解

決することができる。

すなわち従来の銅合金ばね材料では強度を必要とする場合は冷間加工率を大にすることによってある程度の強度は得られるが、この反面加工性が悪くなる。したがってそのため複雑な加工を必要とする部品に対しては必要な強度が得られなかった。

ベリリウム青銅においては固溶化処理すなわち焼入操



1図 使 用 例

Fig. 1. Test pieces.

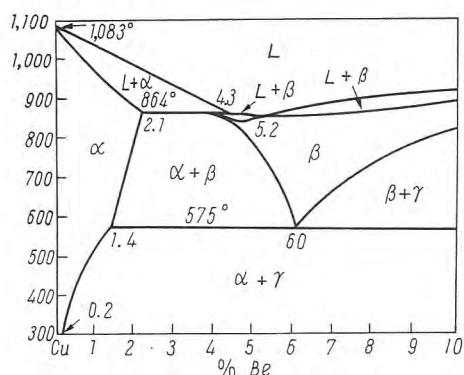
作したままか、または固溶化処理後加工率の少ないものを使用すれば成形加工性においては従来の銅合金ばね材よりはるかに優れている。

この製品は鋳物、加工材すなわち線、板、棒等に大別されるがこれらの中でも加工材が多く使用されとくに板としての需要が最も多い。

ベリリウム青銅の性能上従来用いられていた燐青銅に代って使用されるものが大部分であるから以下、主として電気機器に使用されるばね材としてこれら両者、とくに高錫燐青銅板との強度、耐疲労性、導電性、加工性等についての比較検討の結果を述べる。

2. 分類

ベリリウム青銅は2図⁽¹⁾に示す銅—ベリリウム平衡状態図から判るように、銅に対するベリリウムの溶解度



2図 Be-Cu 平衡状態図

Fig. 2. Be-Cu equilibrium diagram.

の差すなわち 864°Cにおいてベリリウムが 2.1%銅中に固溶するが 300°Cにおいてはそれが 0.2%に過ぎないことを利用して、溶体化処理すなわち焼入操作をした後時効すなわち焼戻し処理をすることによって従来の銅合金には見られない特長を示すものであるが、使用目的によってつぎの2種に大別することができる。

- ア. 高強度合金 (1.0%以上のベリリウムを含むもの)
- イ. 高伝導度合金 (1.0%以下のベリリウムを含むもの)

ア. 高強度合金

高強度合金は最も一般的に使用されるものであって、その化学成分はベリリウム 2%と固溶化処理をしやすく

するためと結晶粒の粗大化を防ぐため、ニッケルまたはコバルトを 0.3%程度含有するのが標準である。固溶化処理のままかまたはさらに冷間加工を加えたものを時効させることにより銅合金としては最高強度、すなわち引張り強さ 140 kg/mm²程度が得られるので主として強度、耐疲労性、耐摩耗性、伝導性を必要とする部分に使用される。

その使用される例としては各種スプリング、ベロー、カム、ペアリング、電極等があげられる。

参考として燐青銅板とベリリウム青銅板の引張り強さと伸を示すと1表のとおりである。

1表

特 性 品 種	状 態	引張り強さ (kg/mm ²)	伸 (%)
11%錫燐青銅板	50%圧延後 250°C × 1 時間焼鈍	79.4	20.6
10%錫燐青銅板	〃	78.4	22.8
9%錫燐青銅板	〃	77.5	20.4
8.5%錫燐青銅板	〃	76.5	21.6
Be-Cu PAT	320°C × 2 時間時効	119.5	6.2
Be-CuP 1/4 HT	〃	123.4	4.5
Be-CuP 1/2 HT	〃	133.2	3.4
Be-CuP HT	〃	138.1	2.1

AT は固溶化処理 (780°C × 1 時間) 後時効 (320°C × 2 時間) 1/4 HT, 1/2 HT, HT は固溶化処理後さらに所要の冷間圧延後それぞれ時効 (320°C × 2 時間) させたものであるこの実験に供した燐青銅板およびベリリウム青銅板の化学成分を2表に示す。

2表

単位 %

成 分 品 種	Sn	P	Be	Co	Cu
11%錫燐青銅板	11.26	0.211			残部
10%錫燐青銅板	10.09	0.222			〃
9%錫燐青銅板	9.24	0.228			〃
8.5%錫燐青銅板	8.77	0.219			〃
Be-Cu P			1.97	0.31	〃

1表および2表に示す 8.5, 9, 10, 11%錫燐青銅板のうち 8.5%錫燐青銅板は JISH 3732 ばね用燐青銅板発条質 (PBS-SH) に適合し高級ばね材として使用されているものである。ベリリウム青銅板は高強度合金として最も一般的に使用されているベリリウム 2%のものを取上げた。1表より判るように引張り強さにおいては 11%錫燐青銅板は Be-Cu PAT よりはるかに弱く、強度を必

3表

(単位 %)

品 種 合 金 成 分	加 工 材				鋳 物	
	高 強 度	高 伝 導 度	高 強 度	高 伝 導 度	高 強 度	高 伝 導 度
Be	1.90~2.15	1.60~1.80	0.45~0.60	0.25~0.50	2.00~2.25	2.60~2.85
Co	0.25~0.35	0.25~0.35	2.35~2.60	1.40~1.70	0.35~0.60	0.35~0.65
Ag	—	—	—	0.90~1.10	—	—
Cu	残部	残部	残部	残部	残部	残部

要とするものにはベリリウム青銅が使用されるべきことが判る。

1. 高伝導度合金

高伝導度合金は強度よりむしろ電気伝導を要求される部品に使用されるもので、ベリリウム 1% 以下にコバルトまたは銀等を添加したものである。

引張り強さは **ア** の高強度合金 140 kg/mm^2 程度に対して **イ** の高伝導度合金は最高 90 kg/mm^2 程度であるが、導電率においては **ア** の 25% 程度に対して約 50% に達する。このように電気伝導性が大きいため電気機器の強度またはばね性を必要とし、かつ電流を流す必要のあるところに使われる。

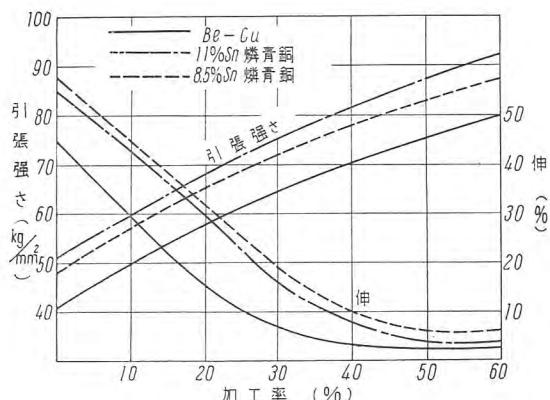
参考のために米国の Beryllium Corporation にて市販されているベリリウム青銅の高強度合金および高伝導度合金の標準組成を **3 表** に示す。

3. 特 性

ア. 引張り強さ

焼入された α 固溶体は韌性に富んでいるため、そのままベロー、ダイヤフラム等複雑な成形加工を必要とするものに使用されるが、成形加工がそれほど複雑でないものには焼入後さらに冷間加工の上使用されるのが普通である。焼入後の冷間加工率を上げるほど最終強度の大なるものが得られるので、成形加工可能な範囲内でなるべく冷間加工率の大なるもの、たとえば $1/2$ 硬質または硬質を選定するのが理想的である。

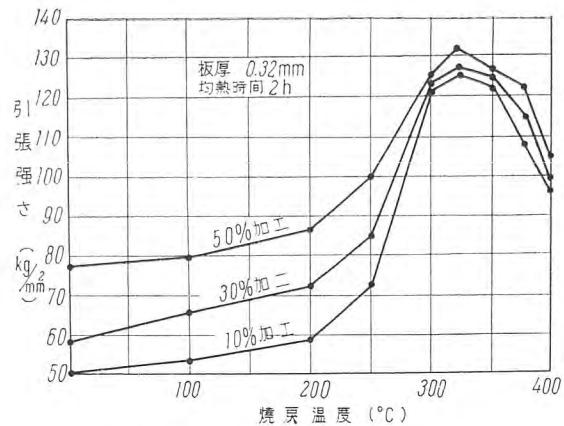
3 図 はベリリウム青銅板と磷青銅板の引張り強さと冷間加工率の関係を示したものである。図から判るように同一加工率の圧延のままでは引張り強さは磷青銅の方が大である。ベリリウム青銅においても上述の如く加工率の大なるものほど引張り強さは大であるが、その反面伸びが減少するので加工性が悪くなるため使用部品に最も適した質別すなわち軟質、 $1/4$ 硬質、 $1/2$ 硬質、硬質のいずれかを選定する必要がある。



3 図 加工率と引張強さおよび伸との関係

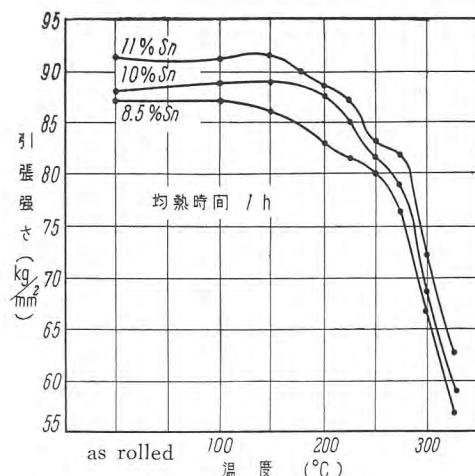
Fig. 3. Relation between reduction in thickness and tensile strength and elongation.

通信機用ばね材料としてのベリリウム青銅板・尾島・加藤・矢吹



4 図 引張強さと焼戻温度との関係

Fig. 4. Relation between tensile strength and age hardening temperature.

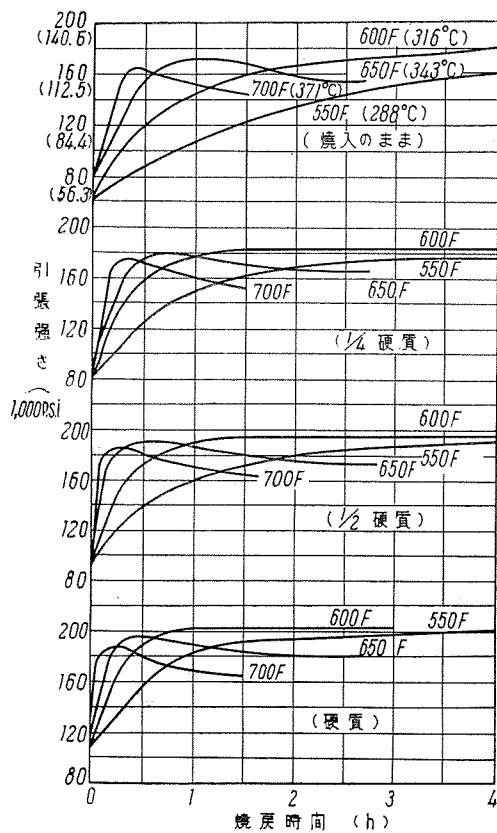


5 図 磷青銅板の引張強さと低温焼鈍温度の関係

Fig. 5. Relation between tensile strength and low temperature annealing temperature of phosphor bronze plate.

4, 5 図 はベリリウム青銅および高錫磷青銅板の焼戻および低温焼鈍と引張り強さの関係を示したものある。

4 図 はベリリウム青銅板を固溶化処理後 10, 30, 50% の冷間圧延後これを各温度に 2 時間時効した場合の引張り強さを示したものであり、図から判るように圧延率の大なる程その引張り強さは大である。またその最高引張り強さの得られる温度は 325°C である。それ以上の温度では γ が析出し始めるためにかえって低下する。**5 図** は 11, 10, 8.5% 锡磷青銅板を焼鈍後 60% の加工を加え、これを各温度に 1 時間低温焼鈍した場合の引張り強さを示したものである。図に示すように圧延のままでは 90 kg/mm^2 程度の引張り強さは得られるが、ばね材として使用される場合はばねのヘタリを少くするため $250^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ にて低温焼鈍をする必要がある。これを行うとその引張り強さは 80 kg/mm^2 程度に低下するから強度を必要とするものにはベリリウム青銅の方がはるかに優れていることが判る。



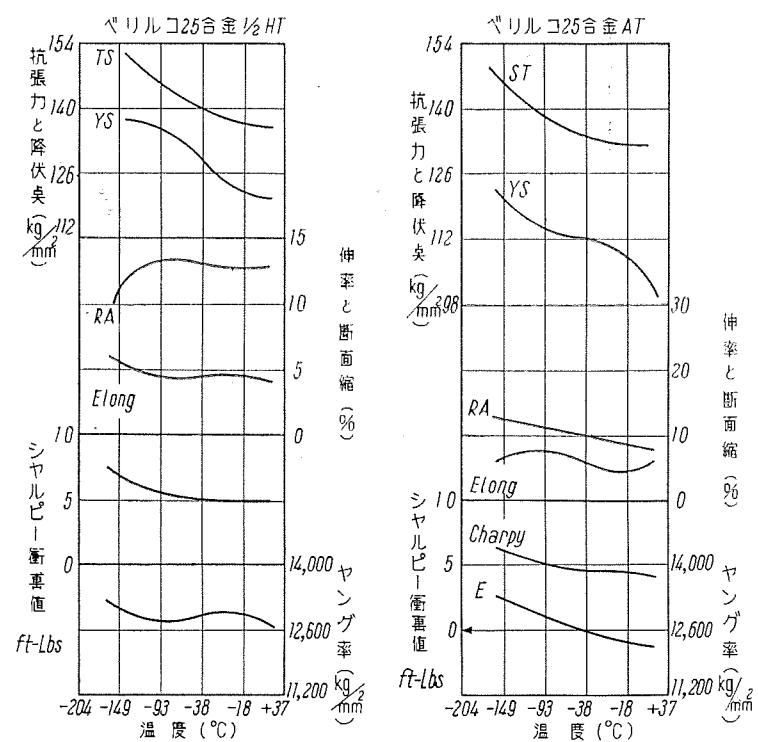
6 図 烧戻温度時間と引張り強さとの関係

Fig. 6. Relation between tensile strength and age hardening temperature and time.

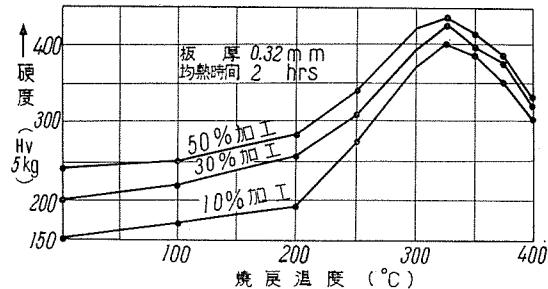
6 図⁽²⁾は高強度合金の軟質, $1/4$ 硬質, $1/2$ 硬質, 硬質の焼戻温度, 時間と引張り強さの関係を示したものである。焼戻には低温度で長時間すなわち $316\sim349^{\circ}\text{C}$ ($600\sim660^{\circ}\text{F}$) で $1\sim3$ 時間程度焼戻しするものと, 高温度で短時間すなわち $349\sim385^{\circ}\text{C}$ ($660\sim725^{\circ}\text{F}$) で $15\sim90$ 分程度焼戻しするものとに大別することができる⁽³⁾。前者は最高強度を得るために行う方法であり, 後者は強度よりむしろ伝導性, 耐疲労性を必要とする場合に行われる方法である。

このいずれを選ぶべきかは使用部品の要求せる性能により決定すべきことである。6 図より判るように最も強度を必要とする場合には 316°C (600°F) にて焼戻しえべきでありその時間は $2\sim3$ 時間で充分である。高温度で短時間焼戻しする場合には温度, 時間の選定には強度および伝導性を考慮に入れて充分検討する必要がある。低温度長時間焼戻しは高温度短時間焼戻しに比べて時間を要する欠点がある。高温度短時間焼戻しは時間の短縮は可能であるが方法を吟味しないと均一性に乏しい欠点が生ずる。

またベリリウム青銅はサブゼロ範囲においてもすぐれた性質を有している⁽⁴⁾。一般に使用される金属材料は往々にして温度が低下するにつれて性質が悪化する場合が多いが、ベリリウム青銅は超低温においても性質が悪化することはない。7 図⁽⁴⁾は低温度における性質を示すも



7 図 低温における特性
Fig. 7. Characteristics at lower temperature.

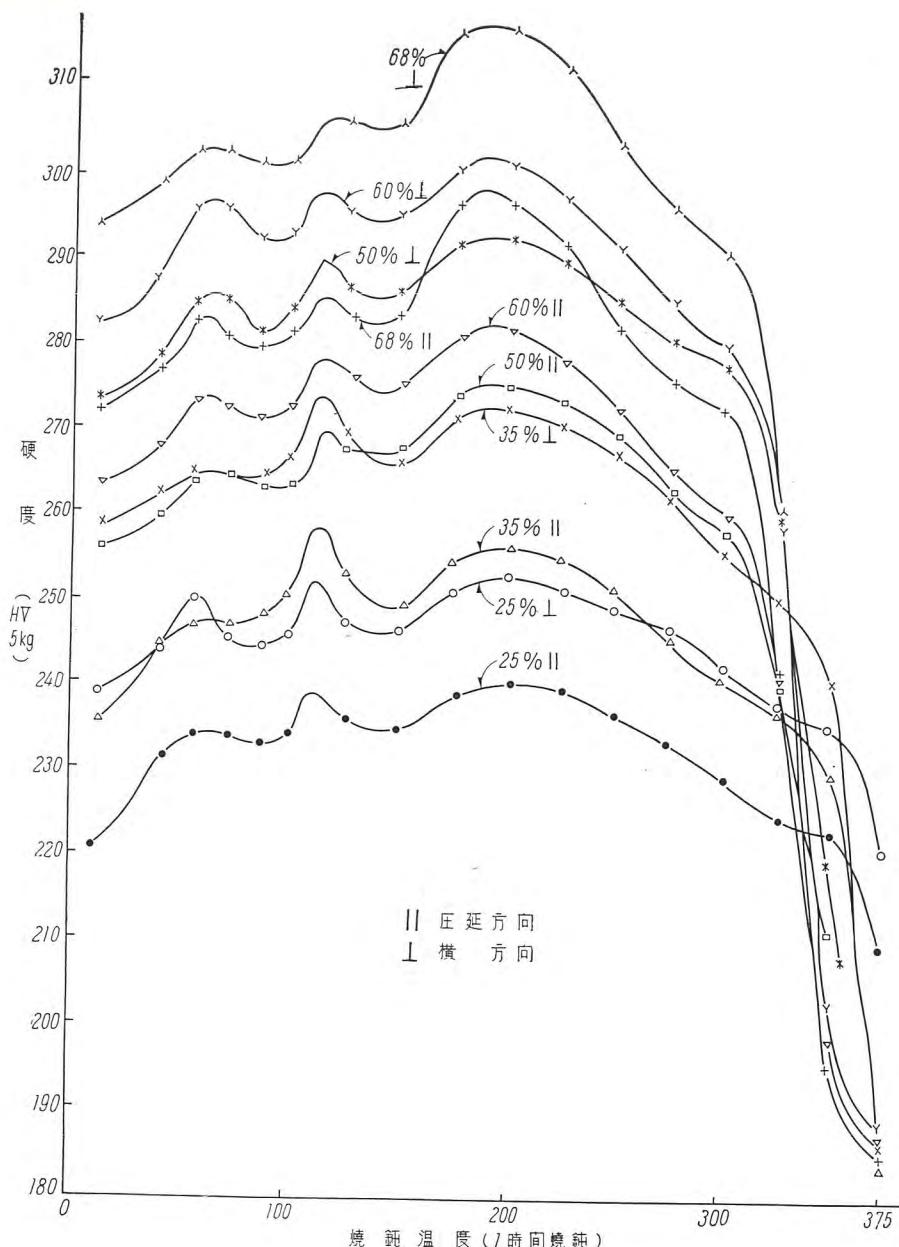


8 図 硬度と焼戻温度との関係
Fig. 8. Relation between hardness and age hardening.

のであるが常温よりむしろ優れた性質を有している。この性質を有するために最近この合金は温度調節器部品, 気体液化装置, 航空機または低温で使用される機械部品として使用されている。

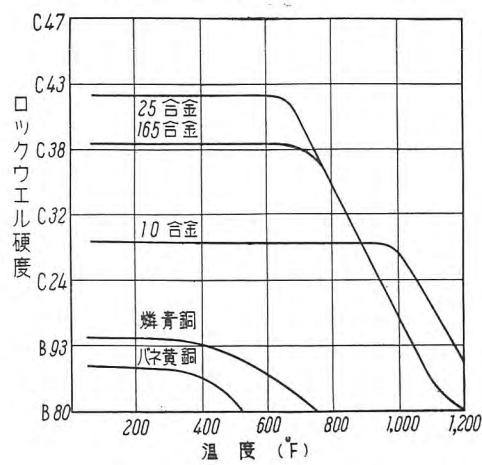
イ. 硬 度

8 図はベリリウム青銅板の焼戻温度と硬度の関係を示したものである。図に示すように硬度においても引張り強さと同様に焼戻温度が高くなるにつれて大となり 325°C において最高に達する。それ以上の温度においては γ が析出し始めるためにかえって硬度は低下する。参考のために 9 図⁽⁵⁾は 10% 錫燐青銅板について低温焼純温度が硬度に及ぼす影響について示したものである。燐青銅板においても引張り強さと同様 325°C 以上の焼純において硬度は急激に低下する。またベリリウム青銅は燐青銅, 黄銅の如き従来の銅合金ばね材料に比して高温に



9 図 磷青銅板の硬度と焼鈍温度の関係

Fig. 9. Relation between hardness and annealing temperature of phosphor bronze plate.



10 図 高温における硬度

Fig. 10. Hardness at high temperature.

おける硬度が大であるので比較的高温にも使用可能である。10 図 は温度と硬度の関係を示したものであり、こ

通信機用ばね材料としてのベリリウム青銅板・尾島・加藤・矢吹

の結果よりベリリウム青銅の最高使用温度範囲は 149~204°C (300~400°F) であるといわれている。⁽²⁾

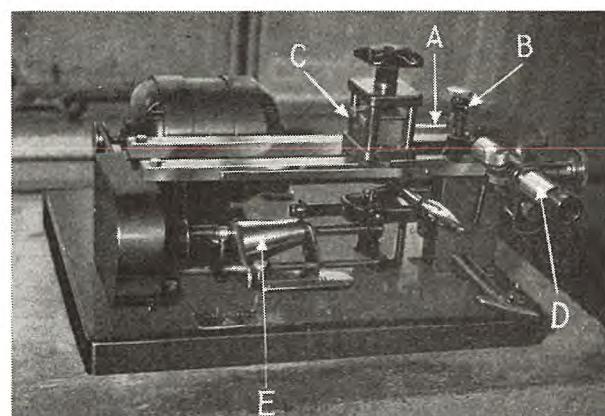
ウ. ばね性

ばね材料はばねとして使用される場合、繰返し撓みをうけるのが普通でいわゆるばねのヘタリを生ずる。このヘタリは性能を低下させるので電気機器に使用される場合とくにばね性の耐疲労性が問題になる。ベリリウム青銅はばねの耐疲労性においても従来使用されていた洋白、磷青銅、黄銅等の銅合金ばね材料よりもはるかに優れた性能を有している。

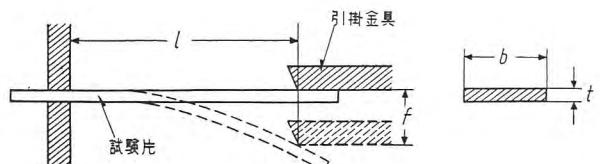
ばね材の良否を判定する方法としては 11 図に示す繰返し撓み試験機が規定されている。

- A 試験片
- B 引掛金具
- C 試験片締付具
- D 変位測定用顕微鏡
- E 偏心ローラ

試験片 A は 12 図に示すように試験片締付具によって片持に保持される。つぎに次式に示される片持梁の理論式



11 図 繰返し撓み試験機
Fig. 11. Plate spring fatigue tester.



12 図 ばね試験片の取付
Fig. 12. Fitting of sample spring.

より撓み量 f を求め、これを偏心ローラ E により撓み量 f を調節して毎分 200 回の速度で 50 回の繰返し撓みを階段的に加え、そのときの永久変位を変位測定用顕微鏡 D により測定する。

$$Kb = \frac{1.5Eft}{l^2} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Kb 表面最大応力 (kg/mm^2)

E タワミ係数 (kg/mm^2)

t 試験片の厚さ (mm)

b 試験片の幅 (mm. 10 mm)

f 負荷点におけるタワミ変位量 (mm)

l 固定端より負荷点までの距離 (mm)

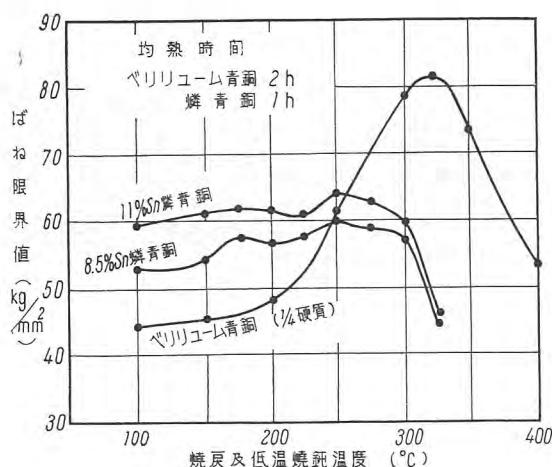
$$l^2 = 4,000 t$$

(1) 式においてタワミ係数を $10,000 \text{ kg/mm}^2$ とすると次式の如くになる。

$$Kb = 3.75f \quad \dots \dots \dots (2)$$

(2) 式において撓み量 f を変化させることにより表面最大応力 (Kb) を知ることができる。 f を偏心ローラ E により変化させて規定の繰返し回数 (50 回) を加えた後 11 図に示す顕微鏡 D によってその時の永久変位を測定し永久変位が 0.1 mm に達した場合の表面最大応力をとくにばね限界値と規定している。

タワミ係数はヤング係数であり各試験片毎に測定すべきものであるが工業試験としては手数を省くためにはね用洋白板 $13,000 \text{ kg/mm}^2$ 、ばね用燐青銅板 $11,000 \text{ kg/mm}^2$ と規定している (JISH 3702, ばね用洋白板, JIS H 3732, ばね用燐青銅板参照) 13 図は前に述べた繰返し撓み試験機によりベリリウム青銅および燐青銅板の焼戻しおよび低温焼鈍温度とばね限界値 (タワミ係数 $10,000 \text{ kg/mm}^2$ にて測定) を示したものである。ここにおいてベリリウム青銅は $1/4$ 硬質のものでこれを各温度で 2 時間焼戻ししたものであり燐青銅板は 11% 錫および 8.5% 錫含有のものを焼鈍後 60% の冷間加工をしてこれを各温度に 1 時間低温焼鈍したものである。図から判るよ



13 図 ばね限界値と焼戻しおよび低温焼鈍温度の関係
Fig. 13. Relation between spring limit values and age hardening and low annealing temperatures.

うにベリリウム青銅のばね限界値は引張り強さ、硬度と同様に 325°C において最大となり、それ以上の温度ではかえって低下する。燐青銅板においては両種共に 250°C においてばね限界値は最高値を示し 300°C 以上においては急激に低下する。

14 図は $1/2$ 硬質ベリリウム青銅板と 8.5% および 11% 錫含有量の燐青銅板を 37.6% 加工したものの表面最大応力 60 kg/mm^2 における残留変位を示している。これより判るようにベリリウム青銅板の残留変位は燐青銅板に比してはるかに少く 325°C において焼戻ししたものはわずかに 0.015 mm に過ぎない。これ以上の温度になると残留変位は増大する。燐青銅板においても 275°C 以上の低温焼鈍においては残留変位は増加するので 250°C 程度で低温焼鈍を施すのが最もよく、ばね材に用いら

4 表

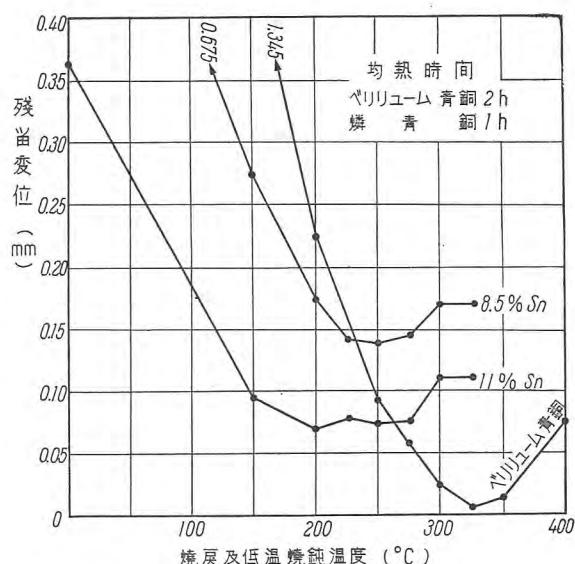
質別	記号	引張り強さ (kg/mm ²)	ばね限界値 (kg/mm ²)	タワミ係数 (kg/mm ²)
ばね用洋白板 (JISH 3702)	発条質 NSS-SH	78以上	63以上	13000
	特硬質 NSS-EH	72-82	57 "	
	硬質 NSS-H	64-75	49 "	
	半硬質 NSS-1/2H	55-67	40 "	
ばね用燐青銅板 (JISH 3732)	発条質 PBS-SH	75以上	52 "	11000
	特硬質 PBS-EH	70-80	47 "	
	硬質 PBS-H	60-72	40 "	
	軟質 BsPs 1A	50以上	40 "	
ばね用黄銅板 (JES 金属6203)	硬質 BsPs 1C	60 "	35 "	$W = \frac{\sigma b t^2}{6l}$ $W = \text{荷重 (kg)}$ $\sigma = \text{表面最大応力 (kg/mm}^2)$ $l = 70 \times \frac{t}{\sigma}$
	軟質 BsPs 3A	50 "	40 "	
	硬質 BsPs 3C	60 "	35 "	

注 いずれも次に示す低温焼鈍を施したものである

ばね用洋白板 $325\text{--}375^\circ\text{C} \times 1\text{--}2$ 時間

ばね用燐青銅板 $225\text{--}275^\circ\text{C} \times 1\text{--}2$ 時間

ばね用黄銅板 $200\text{--}250^\circ\text{C} \times 1\text{--}2$ 時間



14 図 残留変位と焼戻しおよび低温焼鈍温度の関係

Fig. 14. Relation between residual transformation and age hardening and low annealing temperatures.

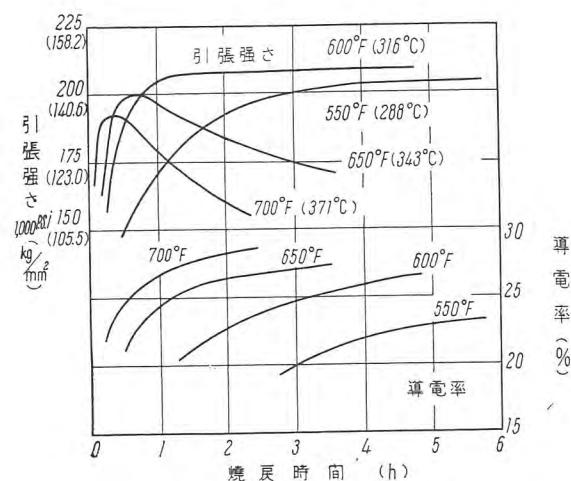
れる場合には必ずこの処理をしたものを用いるべきであることを付言する。

以上の実験結果よりベリリウム青銅板は従来最優秀銅合金ばね材料といわれていた高錫磷青銅板よりもはるかにばね限界値は高くばね材料として優秀なものであるといふことができる。

参考のために現在使用されている銅合金ばね材料のばね限界値を示すと4表のとおりである。

エ. 電気伝導度

電気機器部品として使用される場合には強度、耐疲労性のほかに電気伝導性の良好であることが重要である場合が多い。ベリリウム青銅は電気伝導においても洋白、磷青銅等の従来の銅合金ばねよりも優れた特性を有している。



15図 焼戻し温度、時間と引張強さ及び導電率の関係

Fig. 15. Relation between age hardening temperature and tensile strength and electrical conductivity.

15図は2%のベリリウム青銅板硬質のものの引張り強さ、導電率、焼戻し温度、時間の関係を示したものである⁽³⁾。図から判るようにこの合金の導電率は316°C(600°F)で2時間焼戻したものは23%程度に過ぎない。しかるにこれを343°C(650°F)または371°C(700°F)の高温度で短時間焼戻しすることによりその強度は316°C(600°F)で2時間焼戻したものに及ばないが、その反面導電率においては316°C(600°F)で焼戻したものより優れた導電率が得られる。図に示すように低温度すなわち316°C位で長時間焼戻しを行い強度を主とするものを得るかまたは高温度すなわち343°Cないし385°Cで短時間焼戻しを行い導電率を主としたものを得るかについては使用箇所に要求される性能によって決めるべきである。しかし後者の場合は短時間焼戻しのため均一性を考慮に入れ部品の形状、焼戻し炉の構造および1回の装入量等に格別の注意を払う必要がある。

16図は2%ベリリウム青銅を55%加工せる0.4m線を焼戻し時間を一定とした場合の各温度に対する導電率の変化を示している。

通信機用ばね材料としてのベリリウム青銅板・尾島・加藤・矢吹

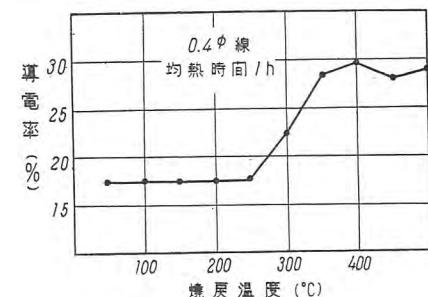
16図のように焼戻し温度が高くなるにつれて焼入れによって得られた過飽和の α 固溶体から γ が析出するためこれにつれて電気抵抗は減少し、導電率はよくなり400°Cにおいて約30%に達する。

引張り強さ、硬度、ばね限界値は325°Cにて最大を得られるがこの場合導電率は400°Cにおいて最大を示す。しかしいまでもなくこの場合引張り強さ、硬度、ばね限界値は低下するのでこれらを考慮し使用目的に最も適した焼戻し温度を決定する必要がある。参考のために磷青銅の錫と磷の含有量が電気抵抗に及ぼす影響を示すと17図のとおりである。

試料はいずれも焼純後55%加工の硬引線の電気抵抗を示したものである。磷青銅は磷は0.2%前後で錫は3~5%, 5~7%, 7~9%の3種に大別されるがこれらのうち強度、ばね性の点より考えると錫7~9%の化学成分を有するものがばね用磷青銅板であり高級ばねとして一般に使用されている。

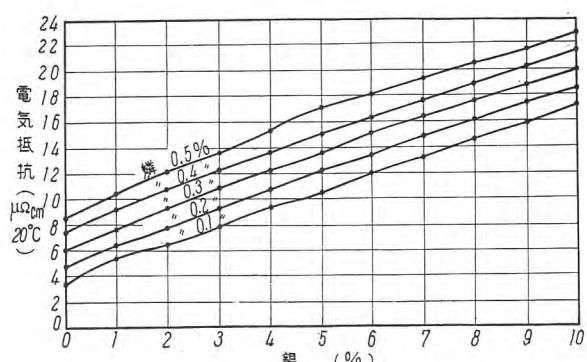
17図に示すように錫8%磷0.2%の化学成分を有する磷青銅の固有抵抗は $16\mu\Omega\text{cm}$ で導電率は11.8%でありベリリウム青銅よりはるかに劣っている。ベリリウム1%以下で他にコバルト、銀等を含む高伝導度ベリリウム青銅のなかで焼戻し後の引張り強さ70~90kg/mm²、導電率約50%のものが米国において相当使用されているようである。

18図はテレビ用ロータリチューナ、19図はこれに



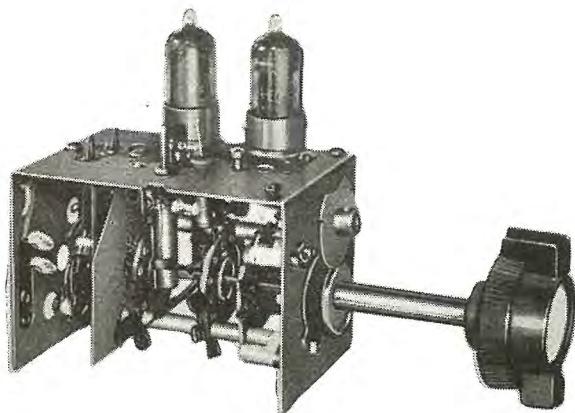
16図 導電率と焼戻し温度との関係

Fig. 16. Relation between electrical conductivity and age hardening temperature.

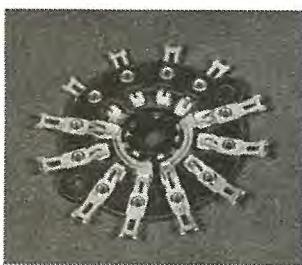


17図 磷青銅の錫、磷の含有量と電気抵抗の関係

Fig. 17. Relation between the content of tin and phosphor in phosphor bronze and electrical resistivity.



18 図 ロータリチューナ
Fig. 18. Rotary tuner



19 図 ロータリスイッチ
の接触片
Fig. 19. Contact pieces of
rotary switch

使用したロータリスイッチの絶縁板に取付けられた接触片を示したものである。

この接触片は従来はばね用磷青銅板 (PBS 70) を使用していたのであるが使用中接触抵抗の増加により必ずしも満足すべきものではなかった。最近無線通信機、テレビ受像機用として高性能のものが要求されるに及んで 19 図の接触片にベリリウム青銅板が使用されることになった。これにより従来の磷青銅板を使用したものよりはるかに接触抵抗は減少し、しかも数万回の使用においてもほとんどその接触抵抗は変化しない、事故のほとんどない接触片が得られるようになった。

20 図は従来ロータリスイッチに使用されていたばね用磷青銅板 (PBS 70) と 2% ベリリウム青銅板を接触片として使用した場合の接触抵抗の変化を示したものでベリリウム青銅板は磷青銅板に比してはるかに接触抵抗が少く数万回の使用においてもほとんど変化はない。これはベリリウム青銅の耐食性と優秀なばね性に原因するものである。

オ. 加工性

洋白、磷青銅、黄銅等従来の銅合金ばね材料では冷間加工率を大とすることによりその弾性を付与しているが反面成形加工性が悪くなる欠点がある。ベリリウム青銅はこの面においても優れた性能を有している。成形加工性の良否はエリクセン値を比較することにより知ることができる。21 図⁽²⁾はベリリウム青銅板のエリクセン値を示したものである。

図中焼入のままのいわゆる軟質のものは最も加工性がよくベロー、ダイヤフラム等の最も加工性を必要とする

ものに使用され一般用ばねとしては $1/4$ 硬質または $1/2$ 硬質のものが適している。

ベリリウム青銅は時効すなわち焼戻しによりその特長が発揮されるものであり焼入のままの軟質のものがさらに冷間加工を施した $1/4$ 硬質、 $1/2$ 硬質、硬質のものが用いられるが他の銅合金のように冷間加工率を大にする必要がないのでその加工性は他の銅合金ばね材料よりもはるかにすぐれている。参考のために錫 8.5% 磷青銅板の板厚 0.25 mm のもののエリクセン値を示すと 5 表 のとおりである。

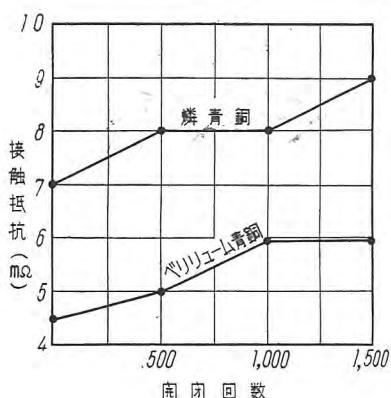
5 表 (単位 mm)

冷間圧延率 (%)	10	30	50	70
エリクセン値 (mm)	5.8	5.2	4.4	3.0

4. むすび

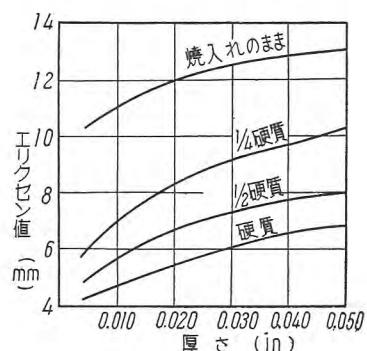
以上現在電気機器またはその他の機器に使用されているばね材料としてのベリリウム青銅と磷青銅の強度、ばね性、電導性、加工性等について比較検討しベリリウム青銅がこれらの点においていずれもはるかにすぐれていることを明かにした。

このような優秀な材料も使用部品の要求する性能により質別すなわち軟質、 $1/4$ 硬質、 $1/2$ 硬質、硬質等の選定



20 図 ベリリウム青銅と焼青銅の接触抵抗

Fig. 20. Relation between contact resistance and numbers of closing and operating of beryllium bronze and phosphor bronze.



21 図 エリクセン値

Fig. 21. Erichsen values.

および熱処理ことに使用者側にて行う成形加工後の焼戻しについて細心の注意を要し、それによってはじめてベリリウム青銅の特長を發揮することができる。

ベリリウム青銅の特性の優秀性がみとめられるにしたがってそれは単に従来見られなかつた優秀なる銅合金ばね材料であるのみならず画期的な新材料であることが明白になるであろう。

そしてこの材料と卓越した機械設計技術との組合せにおいて必ず従来にみられなかつた新しい製品が生れるることは言をまたないところである。

なおこの新興材料の供給に関して、性能価格両面より見て外国の製品に比し決して優るとも劣らないものが国产で貰えるとしたならばわが国工業技術水準向上のため誠に慶賀すべきであり、すでにこの域に到達していることをご報告できる光榮を筆者等は有するものである。

当社はわが国の現在のベリリウム青銅の需要の 100 % 月 100 kg をまかなつてゐる。さらに生産設備の拡充を

計画し本年末には月産 1,000 kg を目標として着々合理的な生産方式の確立にたゆまぬ努力をつづけている、そしてこれが完成には使用者各位の理解あるご支援にまつて絶大なるものであり、切に諸賢のご指導とご期待とを御願いする次第である。

稿を終るに際し片岡電気株式会社加藤製造部長、日電工業株式会社川端社長ほかご関係皆々様から数々の有益なるご助言をたまわつたことを記し紙上をかりて厚く感謝の意を表する。

参考文献

- (1) 二元合金の標準状態図 岩瀬、岡本共著
- (2) Materials & Methods 4, 1950 John T. Richards.
- (3) Iron Age 2, 1949 John T. Richards.
- (4) Berylco Technical Bulletin No. 23 2, 1954
The Beryllium Corporation.
- (5) 計測材料研究会資料 3, 1952 村川潔

通 信 用 G T 管

無線機製作所

吉 本 正 二*

GT Tubes for Communication

Shoji YOSHIMOTO

Electronics Works

GT tubes, as of an improved type of ST tubes, have been extensively put to use because of their vibration proof quality and excellent performances. On the other hand, the birth of MT tubes has brought about competition with them and these relatively inexpensive tubes are threatening to supplant the former. GT tubes, however, excel others in their stable characteristics and long life, finding their application on high class radio sets and other communication equipment.

1. まえがき

GT 管ははじめ ST 管の改良型として、その耐震性や高性能のために一般ラジオ用としても広く用いられたのであるが、MT 管の誕生とともに安価な MT 管が遂に GT 管に取って代って、いまや MT 管が真空管の王座をしめるようになった。

しかし GT 管はその特性の安定なことや寿命の長い点などにおいて優れたところがあるので、いまなお高級ラジオや通信機用として利用されている。また電極の電力損失や耐圧の点などにおいてどうしても MT 管でできない品種、たとえば 6BQ6-GT, 6W4-GT, 5Y3-GT などのようなものは、今後も GT 管として残るものである。

当社では一般ラジオ用 GT 管ならびに通信用 GT 管を製作しているがその主なるものは下記のとおりである。

高周波増幅五極管 6AC7-GT, 6SD7-GT, 6SG7-G

T, 6SH7-GT, 6SJ7-GT

三極管 6J5-GT

双三極管 6SL7-GT, 6SN7-GT, 6N7-GT

双二極管 6H6-GT

ビーム出力管 6V6-GT, 6BQ6-GT, 12A6-GT,

整流管 5Y3-GT, 6W4-GT, 6AU4-GT

これら通信用 GT 管の製作上のいろいろの技術的問題と、

製品の試験結果についてその大要を述べる。

2. 通信用真空管の特質

通信用真空管といふのは、わが国独特のものであってその由来は、国内の主な真空管メーカーの参加している無線通信機械工業会の受信管技術委員会において作成された受信用真空管規格表の CES, ET-3 に通信用として規定された規格による真空管である。

これに対し一般用といふのは、主としてラジオ用として大量に用いられる安価な真空管を目標として作られた規格である。

通信用真空管は電々公社や防衛庁などの通信機に使用するために作られた真空管であるから、単に試験規格面での相違だけではなく、実際に通信機に使用した場合に充分に通信機の機能を発揮し、安定に動作するようなものでなくてはならない。このためには通信用真空管はとくに互換性とか特性の安定度、不良発生率の少いことなどが必要である。

最近高信頼管といふのが国内でもぼつぼつ作られるようになったが、これはとくに信頼度の高い真空管で相当の衝撃や振動にも耐えうるように作られている。通信用真空管はちょうど高信頼管と一般用真空管の中間を行くような性格のものである。

またわが国の特殊事情として通信用真空管はその品種が多い割合に需要が少ないので、生産方式や管理方式も大

量生産できる品種とは自ら異ってきて、特別な工夫が必要である。

3. 通信用真空管の規格と品質

前に述べた CES, ET-3 の試験規格表による一般用と通信用の相違点は一般に通信用の方は試験項目が多くなっており、また規格の幅の狭くなつた項目がある点である。たとえば 6V6-GT について示せば 1 表 (a) (通信用), 1 表 (b) (一般用) の如くである。

すなわち通信用の方は振動、陰極効率、わい率、容量の試験項目が増えており、規格範囲では第一グリッド電流の幅が狭くなっている。しかし真空管はもともと単に初期の特性のみによってその品質を判別することは困難であって、使用中には特性は変動するものである。したまといろいろの不測の故障を起し易いものである。したがって通信用真空管は初めての試験規格に合格するのみではなく、つぎのような点にも充分注意を払って製作されねばならない。

- (1) 各特性が揃つてゐること。
 - (2) 使用中、とくに使用初期の特性の変動の少いこと。
 - (3) 使用後短時間内に起る不測の故障の少いこと。
 - (4) 寿命の長いこと。
- 以上の要求を満たすために必要な技術上の諸問題について論ずる。

1 表 (a) CES 通信用 6V6-GT

用 途	電 力 增 幅							
**構 造	傍熱型ビーム管							
**口 金	B8-6 または B7-7 (8GB 型) ベース ピン番号 1 2 3 4 5 6 7 8 電 極 nc h p g2 g1 ※ h g3							
外 形	*全長 90 mm Max., *最大部直径 34 mm Max., **バルブ T-29							
最 大 定 格	E _f V 5.7~6.9	E _b V dc 350	E _{c2} V dc 310	E _{c1} V dc —	P _p W 13.2	P _{g2} W 2.2	E _{h,k} V 100	
試 験 条 件	6.3	250	250	-125	—	—	—	—
試 験 規 格								
項 目	略 号	試験 方 法	条 件			標 準 値	許 容 量	単 位
**震 動	V _{tb}		R _p =2,000 Ω, E _{c1} =25 V ac			—	0 500	mV ac
*ヒ ー タ 電 流	I _f	4-1				450	410 490	mA
*ヒータ陰極間に漏えい電流	I _{hk}	4-6	E _{hk} =±100 V dc			—	0 50	μA dc
グ リ ッ ド 逆 電 流	-I _{c1}	4-7				—	0 2	μA dc
陽 極 電 流	I _b	4-2				45	30 60	mA dc
第二グリッド電流	I _{c2}	4-3				4.5	0 7.5	mA dc
*相 互 コ ン ダ ク タ ン ス	G _m	4-8				4,100	3,000 5,200	μV
*陰 極 効 率	G _{m'} /G _m		E _f =5.7 V			—	90	%
*内 部 抵 抗	r _p	4-9				約 52	—	kΩ
出 力	P ₀	4-15	E _{sig} =8.8 V ac, R _p =5,000 Ω			4.5	30	W
わい 率		4-15	E _{sig} =8.8 V ac, R _p =5,000 Ω			—	0 15	%
離 音								
**容 量	C _p -g ₁	4-16	No. 308 シールド付			—	— 0.9	μμF
入 力	C in	4-16	No. 308 シールド付			9.0	7.9 11.1	μμF
出 力	C out	4-16	No. 308 シールド付			7.5	5.6 13.5	μμF
**絶縁	R _{g1-k}	4-5	E test=100 V dc			—	20	MΩ
他 電 極 相 互 間	R others	4-5	E test=500 V dc			—	50	MΩ

※ nc またはピンの省略

1 表 (b) CES 6V6-GT

用 途	電 力 增 幅							
**構 造	傍熱型ビーム管							
**口 金	B8-6 または B7-7 (8GB 型) ベース ピン番号 1 2 3 4 5 6 7 8 電 極 nc h p g2 g1 ※ h g3							
外 形	*全長 90 mm Max., *最大部直径 34 mm Max., ** バルブ T-29							
最 大 定 格	E _f V 5.7~6.9	E _b V dc 350	E _{c2} V dc 310	E _{c1} V dc —	P _p W 13.2	P _{g2} W 2.2	E _{h,h} V 45	
試 験 条 件	6.3	250	250	-12,5	—	—	—	—
試 験 規 格								
項 目	略 号	試験 方 法	条 件			標 準 値	許 容 量	単 位
震 動	V _{tb}							
*ヒ ー タ 電 流	I _f	4-1				450	410 490	mA
*ヒータ陰極間に漏えい電流	I _{hk}	4-6	E _{hk} =±45 V dc			—	0 50	μA dc
グ リ ッ ド 逆 電 流	-I _{c1}	4-7				—	0 5	μA dc
陽 極 電 流	I _b	4-2				45	30 60	mA dc
第二グリッド電流	I _{c2}	4-3				4.5	0 7.5	mA dc
*相 互 コ ン ダ ク タ ン ス	G _m	4-8				4,100	3,000 5,200	μV
内 部 抵 抗	r _p	4-9				約 52	—	kΩ
出 力	P ₀	4-15	E _{sig} =8.8 V ac, R _p =5,000 Ω			4.5	3.0	W
離 音								
**絶縁	R _{g1-k}	4-5	E test=100 V dc			—	20	MΩ
他 電 極 相 互 間	R others	4-5	E test=500 V dc			—	50	MΩ

※ nc またはピンの省略

4. 通信用真空管の製造技術上の諸問題

(1) 設計上の問題

一般用真空管では大量に安く作るために設計においてそれ相応の問題はあるが、通信用真空管では各特性が標準を中心として狭い幅の分布を示すように、各部品の寸法公差を厳格にとらなければならない。

真空管の電極寸法の変動とその特性の変動との関係の一例を示せば2表の如くなる。ここで

x_g ；陰極と第一グリッド間の距離

x_a ；陰極と陽極（第二グリッド）間の距離

ϕ ；第一グリッドのグリッド線の線径

p ；第一グリッドの巻ピッチ

これは電極寸法の変動と特性の変動とを6AC7-GTについて計算したものである。6AC7-GTの電極構造の横断面を示すと1図の如くなっている、 x_g 、 x_a の値はそれぞれ0.10 mm、0.43 mmである。それでいま陰極酸化物塗付の厚みが変るか、第一グリッドの厚みが変るかして、 x_g が0.01 mm変動したとすると、陽極電流は約8.5%，相互コンダクタンスは約15%変動することになる。したがってこの場合 x_g の変動は0.02 mm以下でなければならぬことがわかる。

2表 電極寸法の変動と特性の変動

特性の変動	寸法の変動	δx_g	δx_a	$\delta \phi$	δp
増幅率	$\frac{\delta \mu}{\mu}$	-0.43	1.43	1	2
陽極電流	$\frac{\delta i}{i}$	-0.85	-4.59	-2.81	5.63
相互コンダクタンス	$\frac{\delta g_m}{g_m}$	-1.54	-1.53	-0.94	1.88
内部抵抗	$\frac{\delta r_p}{r_p}$	1.11	2.96	1.94	-3.88

また通信用真空管はある程度振動にも耐える必要があるので、電極使用材料の強度も良いものを使用し、マイカの穴と陰極スリーブ、グリッドのサイドロッドとの嵌合度なども設計上注意が必要である。

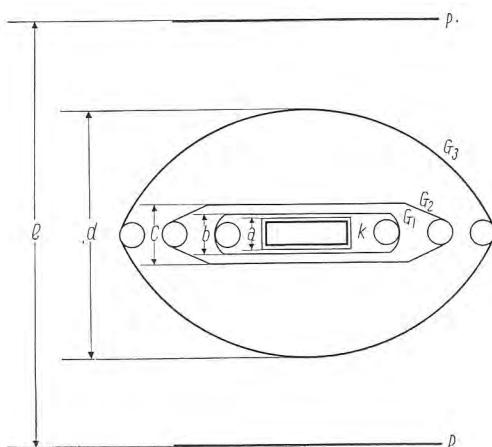
(2) 使用材料の問題

真空管用材料はあらかじめ厳重な試験検査をした後に使用することが絶対必要なことは申すまでもない。

たとえばヒータにしてもいろいろの材質、寸法のものを用いて試料を作り、数千回のヒータ点滅試験を行い、その結果により使用する材質や寸法を決定している。

また通信用GT管には G_m の高い真空管が多く、このような真空管では陰極、第一グリッド間の距離が近くグリッドエミッションを起し易いので、グリッド線は金メッキをしたり特殊の合金を使用したりしている。

さらに真空管は使用中各電極の温度は相当に上り、このために電極からガスを放出し真空管の寿命を短かくするので、通信用真空管の場合はとくにガス放出の少い材料を使用し、寿命の延長をはかっている。



1図 6AC7-GT 電極構造断面図
Fig. 1. 6AC7-GT electrode, Sectional view.

(3) 工作上の問題

設計のところで述べたように、真空管の特性を揃えるためには電極寸法の精度を上げる必要があるので、陰極の酸化物塗付の厚みの変動は1/100 mmに保っている。またグリッドの厚みもその変動が1/100 mmにおさまるように精密なエキスパンダ装置を使用している。

電極組立ての時にグリッドなどを変形させないように特殊な組立治具を使用したり、また溶接箇所も溶接を確実にするためにタイマを使用したりして、工作中にはとくに注意を払っている。

(4) 排気活成の問題

排気や活成についても数回の試作を行い寿命試験にかけた上、活成した後につぎに述べるような安定化の操作を行っている。

(5) 安定化の問題

一般に真空管は使用初期において多少特性の急激な変動があるものであって、その一例を示せば2図の如く使用後数時間ないし二十時間後に陽極電流が上昇あるいは下降し、数十時間ないし百時間後位には大体元に復するものである。

通信用真空管では使用後の特性の変動を少くするために、2図の特性の安定した所まで持つて行くように安定化の操作を行うのである。

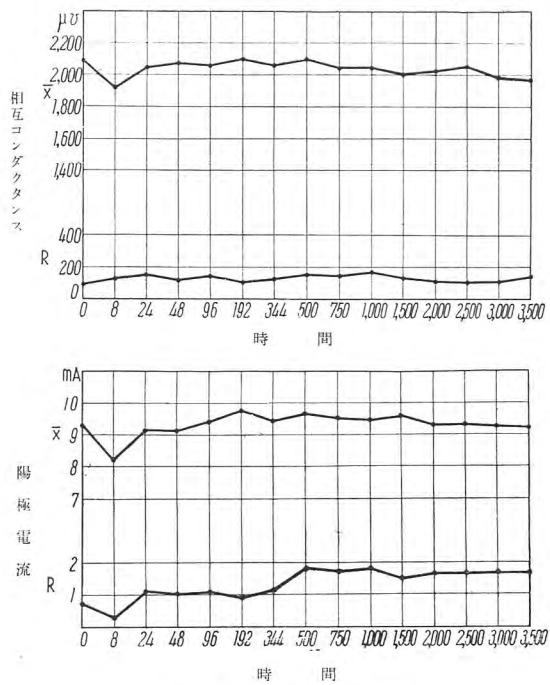
実際には普通寿命試験と同じような条件で数時間ないし数時間動作させてこの安定化を行っている。

なおこの安定化の操作を行うことにより、しばしば使用初期に起るガラスクラックや電極短絡などの不測の故障を除くことができて、製品の不良発生率を非常に少くすることができる。

(6) 試験検査の問題

通信用真空管の試験において、一番重要なのはロットの良否の判別である。

あるロットで不良発生率が多い場合に、これをいろいろの試験方法により不良品を選別しても、結局そのロットの不良発生率はあまり減少しないことはしばしばわれ



2 図 6SK7-GT 寿命試験
Fig. 2. Life test of 6SK7-GT.

われの経験するところであって、通信用真空管のように不良発生率の少いことを望む場合には、ロットとしての良否の判別をまずしなくてはならない。

また試験項目も一般用の真空管では抜取で行っているような項目、たとえば振動とか陽極遮断電流などは全数について行っている。

また特性の分布をおさえるために、箇々の真空管が規格内にあるかどうかを試験するだけでなく、ロットの平均値が或る範囲内にあるように平均値の規格を設けている。

以上のような諸注意の下で通信用 GT 管の製作を行つたが、その 2, 3 品種のものについて試験結果をつぎに述べる。

5. 通信用 GT 管の試験成績

初期特性の分布について 6SN7-GT と 6SH7-GT について示すと 3 図 (a), (b) のようになる。

これは CES, ET-3 の規格範囲を十一等分して度数分布で示したものである。

また寿命試験中の特性の変動について 6V6-GT と 6SJ7-GT について示すと 4 図 (a), (b) のようになる。

ここで横軸の時間は比例尺によらず測定回数により各測定時間を示し

てある。

なお真空管の寿命試験では、500 時間あるいは 1,000 時間後の或る特性の寿命終止点をきめ、平均寿命率をつぎの式により計算し、それによって合否を判定する。

たとえば JAN によれば、6V6-GT では寿命試験時間 500 時間で寿命終止点は p_0 が 2.3 W 以上である。そして平均寿命率 80 % 以上ならば合格である。

今度製作した通信用 6V6-GT では 500 時間で、平均寿命率は 98.2 %, 1,000 時間で 97.6 % であった。

$$\text{平均寿命率} = \frac{\sum t}{n \times T} \times 100 \%$$

n : 試料数

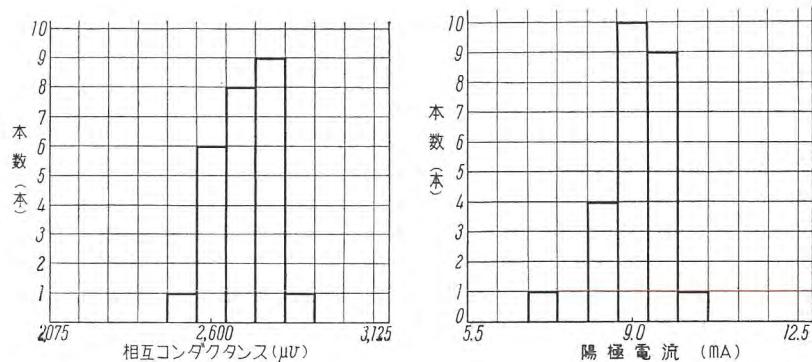
t : 各試料の寿命時間

T : 寿命試験時間

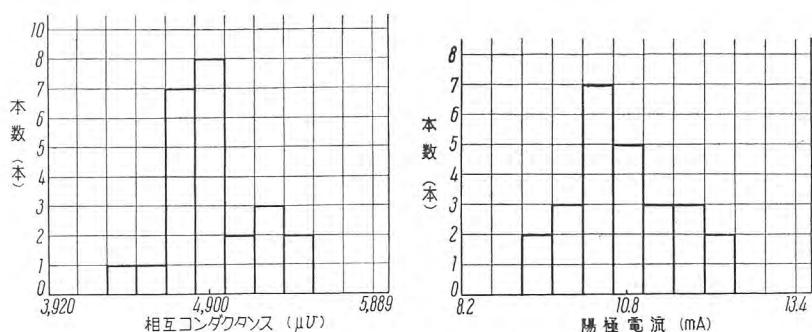
6. むすび

以上で通信用 GT 管の製作上の種々の技術的問題と 2, 3 の品種についての試験成績を述べたが、この通信用 GT 管の良心的検討こそは、一般 GT 管ひいては真空管生産全般にわたって貴重な資料を提供し得るものなりとの自負のもとに全面的の努力をつづけているものである。

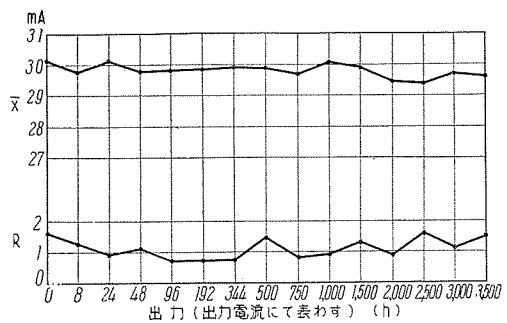
この技術を根底としてさらに MT 管、なお高信頼管 (High grade dependable tube) の研究に進むものであって品質奉仕の精神をどこまでも生かし、邁進する所存であるから宜しくご鞭撻ご指導の程お願いする次第である。



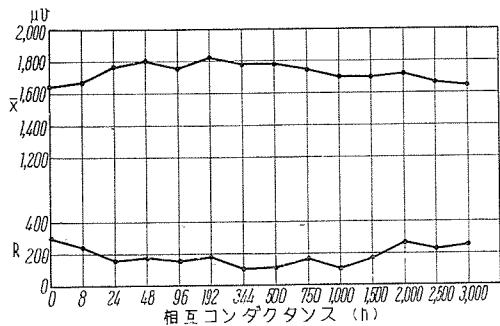
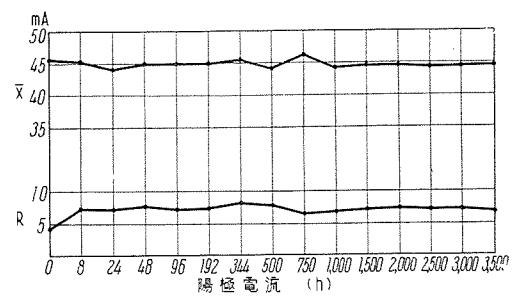
3 図 (a) 6SN7-GT 特性分布図
Fig. 3. (a) 6SN7-GT distribution of characteristics.



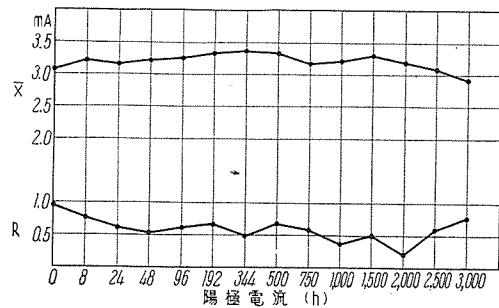
3 図 (b) 6SH7-GT 特性分布図
Fig. 3. (b) 6SH7-GT distribution of characteristics.



4 図 (a) 6V6-GT 寿命試験
Fig. 4. (a) Life test of 6V6-GT.



4 図 (b) 6SJ7-GT 寿命試験
Fig. 4. (b) Life test of 6SJ7-GT.



R a d o m e に つ い て

無線機製作所

喜連川 隆*

Radome-Antenna Housing

Takashi KITSUREGAWA

Electronics Works

In mounting a radar antenna on the aeroplane, a stream-lined housing of dielectric is required to cover it. Likewise in the installation on the ground or on shipboard, the cover is found necessary to safeguard the antenna against wind, rain and hail. Thus smooth operation is ensured as well as maintenance of electric performance. It is named Radome which may look just a simple, insignificant part of the plane, but involves a number of cumbersome problems both electrical and mechanical, a solution being only available by employing choice materials.

1. まえがき

レーダアンテナを航空機に取り付ける時には流線形の誘電体の覆いの中に入れる必要がある。また地上あるいは船舶に取り付ける時にも、風を避けてアンテナの回転を円滑にすると共に雨雹の付着によるアンテナの電気的性能の低下を防ぐために覆いを冠せる。このようなレーダアンテナの誘電体円蓋すなわち Radar dome を文字通り Radome と称する。

Radome は外形を見れば単に流線形の航空機体の 1 部にすぎず、これ以外は全部金属でできている機体の中で構造上弱い部分である。電気的に考えると、レーダ電波を反射吸収しレーダの観測可能最大距離を短縮したりレーダの送信磁電管の発振を損ったり、あるいはレーダビームの形状を歪ませたり、ビームの方向を偏位させたりまた Side lobe を増大、発生させて方位測定の確度を低下させる等厄介な存在である。したがって Radome の製作には電気設計と共に、電気的必要条件と機械的必要とをうまく兼ね合わせるための材料選択が最も重要な問題である。

民間航空の復活以来当社においても Radome 試作研究を行ってきたが、わが国においても漸く Radome を作るべき時がきたので設計の原理と実用上の諸問題について述べる。本文は、電気通信学会アンテナ研究専門委員会に提出した資料⁽¹⁾を詳しくしたものである。

2. Radome 設計の原理

ア. 単層 Radome

空気と比誘電率が ϵ なる媒質との境界面に平面波が空気の方から ϵ の方へ入射角 θ_0 で入射する時の反射係数の大きさは

$$\gamma = \frac{\sqrt{\alpha} - 1}{\sqrt{\alpha} + 1}$$

にて与えられる。ここに α は空気から媒質 ϵ への入射角が θ_0 なる場合の媒質の空気に対する実効比誘電率であって、平行偏波入射 α_p および垂直偏波入射 α_s に対してそれぞれつぎのように表わせる；

$$\alpha_p(\theta_0) = \frac{\epsilon^2(1 - \sin^2 \theta_0)}{\epsilon - \sin^2 \theta_0}$$

$$\alpha_s(\theta_0) = \frac{\epsilon - \sin^2 \theta_0}{1 - \sin^2 \theta_0}$$

なお、電気ベクトル E が入射面に垂直で界面に平行で磁気ベクトル H が入射面内にある時は入射面に垂直に偏波しているといい、電気ベクトル E が入射面内にあって磁気ベクトル H が入射面に垂直で界面に平行な時にこの入射波は入射面に平行に偏波しているという。光学においては光の進行方向を含み電界に垂直、磁界に平行なる面を偏光面と定義し偏光面と入射面とが垂直な光を垂直偏波、平行な光を平行偏波と称する。したがって電磁気学において垂直偏波と称するものと光学において平行偏

波と称するものとは同一であって共に添字 S を付するのが例で、電磁気学における平行偏波と光学における垂直偏波とは同一で共に添字 P を付するのが例になっている。

さて、比誘電率 ϵ なる厚さ d の平行平面板の両側の媒質が空気なる場合を考える。電波が空気から ϵ に入射して ϵ を透って空気へ出て行く時の反射係数 R および透過係数 T の大きさは、吸収損失を無視して、 ϵ を実数と考えると

$$|R|^2 = \frac{4\gamma^2 \sin^2 \phi}{(1-\gamma^2)^2 + 4\gamma^2 \sin^2 \phi}$$

$$|T|^2 = \frac{(1-\gamma^2)^2}{(1-\gamma^2)^2 + 4\gamma^2 \sin^2 \phi}$$

$$\phi = \frac{2\pi d}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon - \sin^2 \theta_0}$$

にて与えられる。ただし λ_0 は電波の自由空間波長である。これより単層誘電体板の反射を小さくするのに以下の(1)(2)(3)の3通りの方法があることが知れる。

(1) 低誘電率単層 Radome

誘電体板の比誘電率 ϵ が小さく 1 に近い時には反射電力 $|R|^2$ の式の中の γ^2 が小さくなるので低誘電率単層板は厚さの如何にかかわらず反射が少い。しかし入射角 θ_0 が大きくなると垂直偏波の入射に対しては実効誘電率 α_s が非常に大きくなつて、 γ_s が大きくなり、 $|R|^2$ も非常に大きくなる。また低誘電率の材料は一般に機械的な強度も強くないので、低誘電率単層 Radome は用途が局限される。なお一般に比誘電率がほぼ 2.2 より小さいものを低誘電率材料と称するようである。

(2) 半波長板 Radome

正の整数 N に対して

$$\phi = N\pi$$

ならば、

$$\sin^2 \phi = 0$$

で、したがつて反射電力 $|R|^2$ が零で透過電力が 1 となることが知れる。誘電体の $\tan \delta$ が零でなく損失のある場合には透過電力の極大 $|T|^2_{\max}$ は ϕ が $N\pi$ よりも小さい處にあるが $\tan \delta$ が小さい場合には反射の最小はほぼ $\phi = N\pi$ であると考えて差支えない。

電波が垂直に入射する時には、

$$N\pi = \phi = \frac{2\pi d}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon}$$

より

$$d = \frac{N}{2} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon}}$$

となるので、実効半波長厚さ $\frac{\lambda_0}{2\sqrt{\epsilon - \sin^2 \theta_0}}$ またはその整数倍の厚さの単層誘電体板を用いた Radome を半波長板 Radome という。また N を Radome の次数といふ。

次に Radome 壁の厚さ d に僅かの誤差 Δd がある場合を考えて

$$\phi = N\pi + \Delta\phi$$

$$= N\pi + \frac{2\pi \Delta d \sqrt{\epsilon - \sin^2 \theta_0}}{\lambda_0}$$

と置くと、 Δd が小さく $\Delta\phi$ が充分小さな時には

$$\sin \phi = \sin \Delta\phi$$

$$\approx \Delta\phi = 2\pi \frac{\Delta d}{\lambda_0} \frac{\Delta d}{\sqrt{\epsilon - \sin^2 \theta_0}}$$

より、

$$|R|^2 \approx \left\{ \frac{4\gamma}{(1-\gamma^2)} \frac{\pi \Delta d \sqrt{\epsilon - \sin^2 \theta_0}}{\lambda_0} \right\}^2$$

を得る。垂直入射の単層誘電体板 Radome の場合には $\theta_0 = 0^\circ$ とおいて、

$$|R|^2 \approx \left| (\epsilon - 1) \frac{\pi \Delta d}{\lambda_0} \right|^2$$

となる。この式から半波長板 Radome の壁の厚さに必要な精度が知れるが同様にして周波数特性をも知ることができる。

単層半波長板 Radome は波長の長いものに対しては重量が重くなるので不適当であるが、波長がほぼ 1cm 以下のものに対しては有効である。しかしこれはまた吸収損失の点にも問題がある。損失の少い半波長板 Radome の垂直入射波に対する電力透過率 $|T|^2$ は

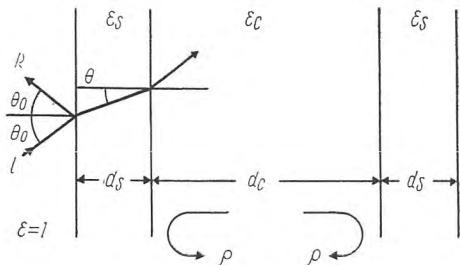
$$|T|^2 = 1 - \frac{\pi}{2} \frac{\epsilon + 1}{\sqrt{\epsilon}} \tan \delta$$

にて与えられるが、 $\epsilon = 4$ ならば $|T|^2 > 95\%$ を得るには $\tan \delta < 0.013$ が必要である。したがつてできる限り $\tan \delta$ の小さい材料を選ぶ必要がある。なお、一般に $\tan \delta$ がほぼ 0.015 よりも小なるものを低損失材料と称するようである。

(3) 薄壁 Radome

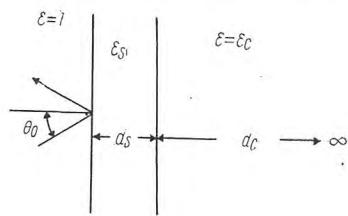
半波長板 Radome の次数 $N=0$ で、前節の Δd 程度の非常に薄い壁のものを薄壁 Radome という。

誘電体板の吸収損失は d/λ_0 が exponent の項に入っているので厚さが薄ければ $\tan \delta$ が大きくても吸収損失は少い。たとえば $\epsilon = 4$, $\tan \delta = 0.015$ の時、 $d/\lambda_0 = 0.025$ ならば、 $\theta_0 = 0^\circ$ に対して吸収損失は 1% 以下反射損失はほぼ 5% となる。したがつて薄壁 Radome にはできる限り機械的特性の優れた材料を選ぶべきである。薄壁 Radome は波長数種以下のレーダに用いることは機械的強度の点から無理である。たとえば比誘電率 $\epsilon = 4$ なる垂直入射の薄壁 Radome に対して反射電力を 5% 以下に保つにも前掲の算式より $d/\lambda_0 < 0.024$ が必要となるからである。なお、米国の TD-2System に用いられている 4,000 Mc 带用の Delay Lens Antenna⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ の Front Panel は薄い誘電体膜であるが饋電線たる導波管に戻ってくる反射波を少くするために Panel をアンテナ軸に対して傾けてある。この方法は入力電圧定在波率は小さくなるが反射による電力損失は減少しないからアンテナ利得の低下は防ぎ得ない。これに反して当社が先に電々公社へ納入した東阪線の 4,000 Mc パス・レンジス・レンズ・アンテナ⁽⁵⁾⁽⁶⁾ の Front Panel も薄



1 図 サンドイッチ構造

Fig. 1. Diagram of symmetrical sandwich construction.



2 図 誘電体板の両側の媒質が相異なる場合の反射係数

Fig. 2. Reflective power when the dielectric is sandwiched by different media.

い誘電体板であるが反射そのものをより少くするために Front Panel の上半分と下半分とをレンズ軸方向に 4 分の 1 波長だけずらしてある。この Panel は風速 60m/sec に耐えるように設計してある。

イ. サンドイッチ型 Radome

1 図に示す如く比誘電率が ϵ_c 、厚さが d_c なる誘電体コアの両側に比誘電率が ϵ_s 、厚さが d_s なる表皮をついた構造の Radome を対称サンドイッチ型 Radome といふ。無損失対称サンドイッチ構造の平面波に対する反射係数の大きさ $|R|$ は、空気から表皮および表皮からコアへの電波の入射角をそれぞれ θ_0 および θ とすれば；

$$|R|^2 = \frac{4|\rho|^2 \sin^2(\phi_c + \psi)}{(1 - |\rho|^2)^2 + 4|\rho|^2 \sin^2(\phi_c + \psi)}$$

$$\tan \psi = \frac{2(\alpha_s - 1)\sqrt{\alpha_s \alpha_c} \sin 2\phi_s}{(\alpha_s - 1)(\alpha_s + \alpha_c) \cos 2\phi_s + (\alpha_c - \alpha_s)(\alpha_s + 1)}$$

$$|\rho|^2 = \frac{\alpha_s(\sqrt{\alpha_c} - 1)^2 - (\alpha_s - 1)(\alpha_c - \alpha_s) \sin^2 \phi_s}{\alpha_s(\sqrt{\alpha_c} + 1)^2 - (\alpha_s - 1)(\alpha_c - \alpha_s) \sin^2 \phi_s}$$

$$\phi_c = \frac{2\pi d_c}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon_c - \epsilon_s \sin^2 \theta}$$

$$= \frac{2\pi d_c}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon_c - \sin^2 \theta_0}$$

$$\phi_s = \frac{2\pi d_s}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon_s - \sin^2 \theta_0}$$

にて与えられる。ここに ψ および $|\rho|$ は 2 図に示す如くコアの厚さ d_c が無限大の時の入射角 θ_0 に対する反射係数 ρ の位相および大きさである。また α_c および α_s は共に空気から入射角 θ_0 でコアおよび表皮に入射する時の空気に対する実効比誘電率であつて、それぞれの平行偏波および垂直偏波に対する値 α_{pc} 、 α_{ps} および α_{sc} 、 α_{ss} はそれぞれ

$$\alpha_{pc} = \frac{\left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_s}\right)^2 (1 - \sin^2 \theta)}{\frac{\epsilon_c}{\epsilon_s} - \sin^2 \theta} \times \frac{\epsilon_s^2 (1 - \sin^2 \theta_0)}{\epsilon_s - \sin^2 \theta_0}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\epsilon_c^2 (1 - \sin^2 \theta_0)}{\epsilon_c - \sin^2 \theta_0} \\ \alpha_{ps} &= \frac{\epsilon_s^2 (1 - \sin^2 \theta_0)}{\epsilon_s - \sin^2 \theta_0} \\ \alpha_{sc} &= \frac{\epsilon_c - \sin^2 \theta}{1 - \sin^2 \theta} \times \frac{\epsilon_s - \sin^2 \theta_0}{1 - \sin^2 \theta_0} = \frac{\epsilon_c - \sin^2 \theta_0}{1 - \sin^2 \theta_0} \\ \alpha_{ss} &= \frac{\epsilon_s - \sin^2 \theta_0}{1 - \sin^2 \theta_0} \end{aligned}$$

にて与えられる。

この $|R|^2$ の式より、対称サンドイッチ構造の電力反射 $|R|^2$ を少くするためには以下に示す (1)(2)(3) の 3 通りの方法のあることが知れる。

(1) 薄皮サンドイッチ型の Radome

薄皮サンドイッチ型の Radome といふのは密度の小さい低誘電率低損失のコアを機械的に丈夫な材料で作った 2 枚の薄い表皮の間に狭んだものである。これは機械的には重量の割に強度の大きいのが特長であつて、電気的に考えると表皮は厚さが薄いために損失が少く、コアはもともと低損失であつて、しかも 2 枚の表皮の間隔を反射が少くなるようにコアで正確に保ち得る。それで輻波レーダにはこの薄皮サンドイッチ型の Radome が最も広く用いられている。3 図の写真に示す当社の RM-1A 型船用レーダ⁽⁷⁾の Radome もこれである。



3 図 RM-1 A 型船用レーダの Radome

Fig. 3. Radome of the RM-1 A Marine Radar.



対称サンドイッチ構造の反射係数の大きさ $|R|$ が零となる 1 つの解は

$$\sin(\phi_c + \psi) = 0$$

すなわち $\phi_{cN} + \psi = N\pi$

であるから、反射を無くすための N 次のコアの厚さ d_{cN} は

$$\phi_{cN} = N\pi - \tan^{-1}$$

$$\left[\frac{2(\alpha_s - 1)\sqrt{\alpha_s \alpha_c} \sin 2\phi_s}{(\alpha_s - 1)(\alpha_s + \alpha_c) \cos 2\phi_s + (\alpha_c - \alpha_s)(d_s + 1)} \right]$$

$$\phi_{cN} = \frac{2\pi}{\lambda_0} d_{cN} \sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}$$

にて与えられる。

表皮が波長に比べて非常に薄く $\phi_s < 1 < (\varepsilon - 1)$ なる場合には、コアの実効半波長厚さの N 倍と反射が零となる N 次のコアの厚さ d_{cN} との差は近似的に

$$\frac{N}{2} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}} - d_{cN} \approx 2d_s \left\{ \frac{(\alpha_s - 1)}{(\alpha_c - 1)} \sqrt{\frac{\alpha_c}{\alpha_s}} \sqrt{\frac{\varepsilon_s - \sin^2 \theta_0}{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}} \right\}$$

にて与えられる。このように表皮が薄いと無反射となる時のコアの厚さは実効半波長 $\frac{1}{2} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}}$ に近づくので、電気的には单層半波長板とほとんど同様な性質をもつようになる。上式の d_{cN} は表皮の厚さ d_s とコアの比誘電率 ε_c によって著しく変化して困るようであるがコアの比誘電率 ε_c が小さければ 2-ア-1 節の低誘電率单層半波長板と同様に厚さのいかんにかかわらず反射が少いので表皮が波長に比べて極めて薄くコアの比誘電率の小さい薄皮サンドイッチ型 Radome はコアの厚さにかなり大きな寸法公差が許される。したがって波長 3 cm 用に設計したものを 10 cm 用にすると表皮が一層薄いことになるのでそのまま充分使えるということになる。

コアの比誘電率 ε_c が小さくなると無反射の d_{cN} は急速に 4 分の 1 波長に近づく、すなわち $\phi_s^2 < (\varepsilon_c - 1) < \phi_s < 1$ なる時には d_{cN} は近似的に

$$d_{cN} = \frac{2N-1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}} \approx \frac{1}{8\pi^2} \frac{\lambda_0^2}{d_s} \frac{(\alpha_c - 1)}{(\alpha_s - 1)} \sqrt{\frac{d_s}{\varepsilon_c}}$$

$$\frac{1}{\sqrt{(\varepsilon_s - \sin^2 \theta_0)(\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0)}}$$

となる。

コアの比誘電率 ε_c が充分小さく $(\varepsilon_c - 1) < \phi_s^2 < 1$ なる時には無反射の d_{cN} は 4 分の 1 波長よりも短かく近似的に

$$\phi_c \sim N\pi + \tan^{-1} \left\{ \frac{2\sqrt{\alpha_s \alpha_c}}{\alpha_s + \alpha_c} \cot \phi_s \right\}$$

あるいは

$$\frac{2N+1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}} - d_{cN} \approx \frac{\alpha_s + \alpha_c}{2\sqrt{\alpha_s \alpha_c}} d_s \sqrt{\frac{\varepsilon_s - \sin^2 \theta_0}{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0}}$$

にて与えられる。 ε_s があまり大きくなればさらに

$$\left\{ 2\pi \frac{d_{cN}}{\lambda_0} \sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0} + 2\pi \frac{d_s}{\lambda_0} \sqrt{\varepsilon_s - \sin^2 \theta_0} \right\}$$

$$\times 2 \sim (2N+1)\pi$$

と書ける。すなわち 2 枚の誘電体板間の実効中心間隔が

4 分の 1 波長の奇数倍になっているので反射が互に打ち消されている。当社のものは表皮が $\varepsilon_s = 4 \tan \delta_s = 0.01$ 、コアが $\varepsilon_c = 1.1 \tan \delta_c = 0.0001$ であるから波長 3.2 cm 用の垂直入射 Radome に対しては全体の厚さが 8 mm より少し薄い。コアの厚さにかなりの誤差があっても 2 枚の薄壁の小さな反射の打ち消し具合が変化するだけであるから全体としての反射は問題になる程大きくならない。なお、单層板の時に無反射のための板の厚さが半波長の整数倍になるのは板の前面と背面における反射係数の位相が丁度 π だけ相異なるためである。

以上のことから非対称薄壁低誘電率コアのサンドイッチ Radome の場合にも

$$d_{cN} \sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_0} + \frac{1}{2} \left\{ d_{s1} \sqrt{\varepsilon_{s1} - \sin^2 \theta_0} + d_{s2} \sqrt{\varepsilon_{s2} - \sin^2 \theta_0} \right\}$$

$$\approx \frac{(2N+1)}{4} \lambda_0$$

ならば反射が極小になることが知れる。しかしこの時の最小反射係数はコアの厚さが無限大になる時の各々の表皮の反射係数を ρ_1 および ρ_2 とすれば

$$|R|^2 \min = \left(\frac{|\rho_1| - |\rho_2|}{1 - |\rho_1||\rho_2|} \right)^2$$

となるので非対称サンドイッチの場合には反射は零にはならないが機械的強度を増大するために用いられることがある。

薄皮サンドイッチ型 Radome は表皮には通常、比誘電率が 3~4.5 の強度の強い誘電体を用い、コアには比誘電率が 1.1~1.7 の発泡合成樹脂またはハネカム構造のものが用いられる。表皮の電気的な厚さは以上の説明から 2-ア-3 節の单層薄壁 Radome よりはかなり厚くても良いことは明かであって通常 0.1 波長よりも薄いという程度のものが用いられる。波長が 1 cm 以下の時には機械的条件のために使い得ない場合があるので单層波長板 Radome または後述の他の型のサンドイッチ構造の Radome を用いる必要があるが、これらのものは総て重量が重い。

(2) 4 分の 1 波長表皮サンドイッチ型 Radome

これは写真機のレンズの反射防止膜と全く同じ原理⁽⁴⁾ のものであって、表皮の比誘電率がコアのそれの平方根でかつ表皮の電気的な厚さが 4 分の 1 波長になっているものである。これはサンドイッチの片側だけですでに無反射になっているからコアの厚さは任意でよい。

対称サンドイッチ構造の反射係数の大きさ $|R|$ は

$$\rho = 0$$

の時にも零となる。

$$\alpha_c = \alpha_s^2$$

と

$$\phi_{sN} = (2N+1)\pi/2$$

すなわち振幅条件と位相条件とが同時に満足されると $|\rho|^2 = 0$ となり $|R|^2 = 0$ となる。すなわちコアの厚さのいかんにかかわらず反射が零となる。垂直入射 $\theta_0 = 0$ の

時には $\varepsilon_c = \varepsilon_s^2$, $d_{sN} = \frac{2N+1}{4} \cdot \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_s}}$ となるのでこの構造の Radome は 4 分の 1 波長表皮サンドイッチ型 Radome といわれる。またコアの方が表皮よりも比誘電率が高いので高誘電率コアーサンドイッチ型 Radome ともいわれる。

ある入射角 θ_1 に対して上記の振幅条件と位相条件とを満せばこの入射角 θ_1 に対してはコアの厚さのいかんに係らずサンドイッチ構造全体の反射が零となるので他の入射角 θ_2 に対して全体の反射が零になるように

$$\phi_c(\theta_2) + \psi(\theta_2) = N\pi$$

からコアの厚さを選ぶことができる。そうすると θ_1 と θ_2 とを含む広い入射角範囲に亘って反射の少いサンドイッチ構造を得ることができる。また光学系においては広い周波数範囲に亘って反射の少い多層薄膜⁽⁸⁾が伝送線路の理論を用いて研究されている。

この型のサンドイッチ構造には低誘電率の表皮と中誘電率 ($\varepsilon=3\sim4.5$) のコアとを用いる時と、中誘電率の表皮と高誘電率のコアとを用いる時とがある。光学系の場合には薄膜の硬さや耐久性の問題で所要の屈折率の膜を得ることが困難で一般に使用されている弗化マグネシウムや水晶石は屈折率が 1.38 倍であってコアに相当するガラスに対して振幅条件が満されていない。Radome の場合には 2 種の誘電体材料を混合することによってある程度任意の比誘電率の材料を得ることができる。比誘電率が ε_1 なる物質と ε_2 なる物質とを容量比 $a:b$ で混合した材料の比誘電率 ε は

$$\varepsilon = \varepsilon_1^a \cdot \varepsilon_2^b$$

なる実験式とよく合うことが知られている⁽⁹⁾。比重 ρ_1 、比誘電率 ε_1 なる材料を発泡状態にして比重を ρ とすればこの式から比誘電率 ε が

$$\log_{10}\varepsilon = \frac{\rho}{\rho_1} \log_{10}\varepsilon_1$$

となる。

(3) 半波長表皮サンドイッチ型 Radome

対称サンドイッチ型 Radome の表皮の厚さ d_s をある入射角 θ_1 に対して、2-ア-(2) 節の半波長板と同様に

$$\phi_{sN} = \frac{2\pi d_s}{\lambda_0} \sqrt{\varepsilon_s - \sin^2 \theta_1} = N\pi$$

となるように選ぶと

$$\tan \psi = 0$$

$$|\rho|^2 = \left(\frac{\sqrt{\alpha_c} - 1}{\sqrt{\alpha_c} + 1} \right)^2$$

となり、これより

$$|R(\theta_1)|^2 = \frac{4|\rho|^2 \sin^2 \phi_c}{(1 - |\rho|^2)^2 + 4|\rho|^2 \sin^2 \phi_c}$$

$$\phi_c(\theta_1) = \frac{2\pi d_c}{\lambda_0} \sqrt{\varepsilon_c - \sin^2 \theta_1}$$

を得る。この $|\rho|$ は 2-ア-(1) 節に示した半無限に拡がる誘電体 ε_c と空気との界面の反射係数の大きさであって $|R|$ はコアのみがある時に平面波が入射角 θ_1 で入

射した時の反射係数にひとしい。よって、コアの比誘電率 ε_c が小さければ 2-ア-(1) 節の低誘電率単層壁と同じであって、コアの厚さのいかんにかかわらず電力反射 $|R|^2$ は小さく、 $|R(\theta_1)|^2$ の最大の時すなわち

$$\phi_c(\theta_1) = (N+1/2)\pi$$

の時の値

$$|R(\theta_1)|^2 \max = \left(\frac{\alpha_c - 1}{\alpha_c + 1} \right)^2$$

でさえも小さい。たとえば $\varepsilon_c = 1.4$, $\theta_1 = 45^\circ$ とすれば垂直偏波で入射する時には

$$|R_{45}|^2 \max = 0.08$$

で、平行偏波で入射する時には

$$|R_{45}|^2 \max = 0.002$$

となりかなり小さいことが知れる。

そこで次にコアの厚さ d_c を他の入射角 θ_2 で全体の反射 $|R(\theta_2)|$ が零になるように

$$\phi_c(\theta_2) + \psi(\theta_2) = N\pi$$

から定めると、このサンドイッチ構造は θ_1 と θ_2 とを含む広い入射角範囲に亘って反射 $|R|$ を小さくすることができます。

前節の 4 分の 1 波長表皮サンドイッチ構造および本節の半波長表皮サンドイッチ構造はともに波長の短い流線形 Radome に対して有用なものであるが、薄皮サンドイッチ型 Radome の場合よりも $\tan \delta$ の小さな表皮とコアとを用いる必要がありかつ寸法公差が厳しく重量も重い。

重量が 4 分の 1 波長表皮または半波長表皮のものと薄皮サンドイッチ Radome との中間にあるものとしては半波長表皮サンドイッチ構造の半波長表皮の代りにサンドイッチ構造の表皮を用いたサンドイッチ型 Radome がある。

ウ. 金網を用うる Radome

以上は総て誘電体板を幾何光学的に取り扱って無反射の条件を求めたのであるが、こゝに述べるものはそれはやや趣きが異っている。誘電体板中においては電波の波長が比誘電率の平方に逆比例して短縮するために、誘電体板を通らぬ電波と比べると位相が遅れたことになる。したがって伝送線路として考えると容量性負荷を与えたのと同じことになる。よってもしこれに誘導性負荷を与えたならば互に打消し合って無負荷すなわち無反射となる。

電波の電気ベクトルに平行に細い金属棒を並べて、金属棒格子を作ると、棒間間隔が半波長以下の時には電波は完全に反射して透過しないが、半波長以上にしておけば電波に誘導性負荷を与えることになり電波の 1 部はこの格子を透過する。

以上のような理由で誘電体板に金属棒格子を埋め込んで誘電体板そのものによる容量性負荷と金属棒格子による誘導性負荷とを互に打消すようすれば、この金属棒入り誘電体板は無反射となる。

金属棒格子は電気ベクトルが金属棒に垂直な電波に対しては無負荷であるから、実際には誘電体板の中へ金網を埋め込めば良い。

この金網入り誘電体板 Radome の特長は強度を持たせ得ることと、電流を通じて Radome を暖め解氷のできることともう 1 つは、高速の航空機において空気との磨擦により Radome 表面に静電荷が蓄積する場合に、金網の 1 部を表面に露出しておけば、これを自由に放電し得るということである。なお、金属棒格子は電波レンズ⁽⁴⁾や円偏波発生装置にも利用されている。

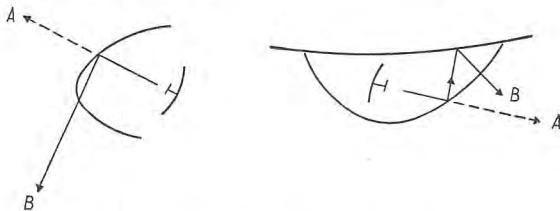
3. 実用上の諸問題

ア. 電気的性能に関する問題

(1) 垂直入射 Radome と流線型 Radome

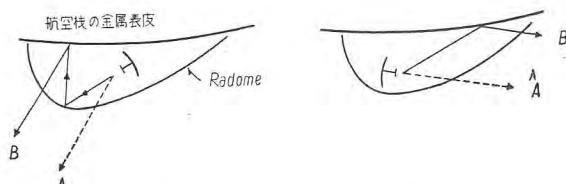
垂直入射 Radome の場合には Radome 壁による反射波が饋電線に戻ってくるのでレーダ送信管発振周波数の引き込み現象を生ずるので、レーダアンテナの回転角度と共に反射係数が変化する場合には自動周波数制御装置の無い時にはアンテナがある方位を向いた時にレーダが動かなくなることがある。反射がさらに大きくなるといわゆる Long-line effect により送信管の発振が全く不安定になってしまう⁽¹⁰⁾。

速度の速い航空機等の Radome は空気力学的に見て



4 図 反射による Side lobe の発生

Fig. 4. Side lobe caused by reflections.



5 図 反射波との干渉

Fig. 5. Interference between the direct beam and the reflected energy.

流線型でなければならない。流線型 Radome は壁の各部における入射角が一定でなくしかもアンテナの回転と共に変化する。流線型 Radome の場合には反射波による送信管発振周波数の引き込み現象は現われないけれども、後述の如くレーダ観測距離の減少、不要ビームの発生、レーダビームの干渉による消滅等の原因になるので広い入射角範囲に亘って反射を少くする必要がある。しかもこれはただ 1 点の周波数においてではなく、いわゆる周波数帯に亘って広域化する必要がある。したがって単層、サンドイッチいずれの場合でも流線型 Radome

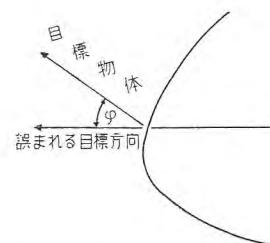
には次数 N の高いものは一般的には不適当である。

(2) レーダ観測距離の減少

反射吸収等により Radome 壁の電力透過率 $|T|^2$ が減少するとレーダの観測可能最大距離 S_{\max} が減少する。レーダの受信電力は大雑把に考えるといわゆるレーダ方程式にしたがい距離 S の 4 乗に逆比例するから、片道の電力透過率 $|T|^2$ が 1 に等しくないための S_{\max} の減少 $-\delta S_{\max}$ は

$$-\delta S_{\max} \approx \frac{1}{2} \left(1 - |T|^2 \right)$$

にて与えられ片道の伝送損失 $(1 - |T|^2)$ の半分に等しくなる。たとえば Radome 壁の反射が 12% 吸収が 8% で伝送損失が 20% 透過率が 80% ならば観測可能最大



6 図 アンテナ・ビームの偏位
Fig. 6. Bending of the antenna beam.

距離の減少は 10% となる。最近の Radome の片道の透過率 $|T|^2$ はほとんど 90% 以上で、97~98% に近いものが多い。

(3) 反射のアンテナパターンにおよぼす影響

Radome 壁の反射の影響は 3-ア-(1) 節にも述べたが、流線型 Radome の場合には 4 図に示すように反射波によってレーダアンテナに Side lobe が生じ実際に A の方向にあるものが恰も B の方向にあるかの如くに見えたり、A の方向にあるものと B の方向にあるものとが重なったりして困ることがある。

また 5 図の如く A の方向と B の方向とが偶然重なるような場合には直接波と反射波とが互に干渉して打ち消し合いその方向に対しては感度が非常に低下することもある。

これはもちろん Radome のみの問題ではなくレーダアンテナの取付具合によっては航空機体の表皮による反射のみによってもこのような現象の生じる可能性がある。対地レーダの如くアンテナビームの形状が Cosecant Square⁽¹¹⁾ の場合にはとくにこの現象の起る可能性が多くなる。

(4) アンテナビーム方向の偏位

誘電体の中では電波の波長が短くなるので、誘電体中を長く通った電波程位相の遅れが多く、アンテナ・パターンの形が変り主ビームの方向も偏位する、この偏位角 φ を beam-bending angle, bore-sight shift, crossover-point shift 等色々な名で呼ばれている。これを 6 図に示す。とくに方位の測定に厳密な確度を要する Radar の場合には主要な問題である。

(5) 静電荷の放電

航空機の Radar は空気との磨擦によりその表面に静

電荷が生じ、時々刻々電位が高くなつて Arc あるいは leak off の形で放電し、これに伴う電磁輻射が無線通信機等に対する妨害電波となる。これを防ぐためには導電性皮膜が用いられるが、その抵抗が低いと静電荷の leak off は速いがレーダ電波の透過率が著しく低下する。

イ. 機械的性能その他に関する問題

(1) 機械的性能

船用レーダの Radome ももちろん風圧に耐える必要があるとくに航空機の場合には外形を流線型にして風圧を少くすると共に充分風圧に耐える強度が必要である。また不時着陸の際の衝撃あるいは他の衝撃風等に対しても毀われてはならない。速度の速い航空機の場合には雨滴や霰雹等の衝突にも充分耐えなければならぬし、弹性振動をしたりあるいはとくに風圧の高くなつた時に凹んだりしないためにも Radome 壁には剛性も必要である。また砂塵等によって表面に搔き傷ができたり剥離したりしてはならない。

(2) 耐熱耐寒性の必要

高空においては太陽の輻射熱が強いので Radome の温度が高くなる。また高速の航空機の Radome の先端は空気との磨擦によって非常な高温になるという報告⁽¹²⁾もある。したがつて高温においても機械的性質のあまり悪くならない材料を用いる必要がある。また一方材料の ϵ および $\tan \delta$ も温度の函数であるから常温にて設計した Radome の電気的性能は高温において低下するといふことも考えておかねばならない。また気象状態によつては Radome の温度が非常に降下することもあり得るが、常温において強靭な材料は低温においては脆くなるから注意を要する。このような理由で合成樹脂の中にガラス繊維を特別な織り方にしたものを入れて用いる。

(3) 吸水、腐蝕等の問題

高温高湿の空中においては Radome 壁は水を吸収して ϵ , $\tan \delta$ が共に上昇し Radome の性能が低下する。またガソリンその他付着の可能性のある有機溶剤に溶けるようなことがあってはならない。非常な高速の航空機においては、合成樹脂あるいは金属さえも雨によって急速に洗い流されてしまうので Radome 外面に防蝕被膜を作る必要があるが、これは前述の導電性被膜と両立しなければならない。

4. む す び

Radome 設計の原理と実用上問題になる点とについて簡単に述べたが、電気的必要条件と機械的必要条件とを適当に兼ね合わせるためにには材料の選択が最も大切である。種々の材料の諸性質の一覧表を作成するには非常な労力と時間とが必要である。材料の研究は研究所化学第一研究室材料研究室および世田谷工場で行っており、目下、無線機製作所および研究所電気第二研究室と共に航空機用 Radome の試作研究中である。

参 考 文 献

- (1) 喜連川隆: “レイドームについて” 電気通信学会アンテナ研究専門委員会資料昭和 30 年 4 月 20 日
- (2) A. H. Lince, “Antennas for the TD-2” Bell Laboratories Record Vol. xxx, No. 2, pp. 49-55, Feb., 1952
- (3) 喜連川隆: “金属細長片装荷型擬似誘電体の等価誘電率と損失” 昭和 27 年 10 月電気 3 学会関西支部連合大会予稿 p. 138.
- (4) 喜連川隆: “マイクロ波アンテナとその諸問題” 三菱電気 Vol. 28, 臨時号, 無線機特集, pp. 15-27, 昭和 29 年
- (5) 竹内, 河津, 和田, 小口, 大橋: “バスレンジスレンズ・アンテナ” 電々公社通研実用化報告 Vol. 2, No. 2, pp. 172-207, Aug., 1953.
- (6) 河津, 喜連川: “マイクロ波中継用アンテナ” 電気通信学会アンテナ専門研究委員会資料, 昭和 29 年 4 月 9 日
- (7) 横本, 吉田: “RM-1 A 型船舶用レーダ” 三菱電機 Vol. 28, 臨時号, 無線機特集, pp. 84-89, 昭和 29 年
- (8) 木内政蔵: “薄膜の光学的研究” 岩波書店, 1954 年 10 月
- (9) W. M. Cady, M. B. Karelity & L. A. Turner: “Radar Scanners and Radomes” p. 410, (McGraw-Hill Book Co., 1948).
- (10) G. B. Collins: “Microwave Magnetrons” p. 320, McGraw-Hill Book Co., 1948.
- (11) S. Silver: “Microwave Antenna, Theory and Design” Chapter 13, (McGraw-Hill Book Co., 1949).
- (12) Samuel S. Oleeshy: “Designing Radomes for Supersonic Speeds” Electronics, Vol. 27, No. 1, pp. 130-135, Jan., 1954.

RA-1 型 機上用 レーダ

無線機製作所

上村 康雄*・野上 鎮夫*

Type RA-1 Radars for Aeroplane Use.

Yasuo UEMURA · Shizuo NOGAMI

Electronics Works

After one year trial of a radar to be mounted on an aeroplane, a compact and light unit-Type RA-1 was completed in June last year. The study had been made in parallel with that of Type RM-1A marine radar which was finished ahead of it and is already in service. For the installation on the plane, it must meet many severe requirements such as resistance to air pressure and shock in addition to the restriction in weight.

1. まえがき

すでに試作完了した RM-1A 型船舶用レーダと並行して、当社は昭和 28 年より小型軽量にして航空機搭載を主眼とする RA-1 型レーダの試作を進めてきた。

昨年製作を終って同年 7 月東京松坂屋における「発明展」に本機を展示し好評を博したが、さらに調整改良を重ね予期以上の成果を得たのでその大要を報告したい。

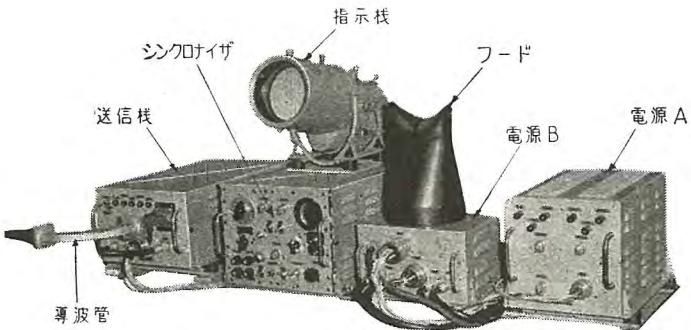
2. 構成および性能概略

ア. 構成

航空機に装備し得るために狭い機内空間を最も有効

1 表

名 称	寸 法 (cm)			重 量 (kg)	数 量
	幅	高 さ	奥 行		
送 信 機	27.0	19.3	43.5	13.2	1
シ ン ク ロ ナ イ ザ	29.0	23.5	41.0	10.9	1
指 示 機	21.7	21.6	38.0	8.4	1
電 源 A	23.0	23.0	34.6	8.5	1
電 源 B	25.0	15.8	19.8	4.85	1
ア ン テ ナ	46.0	71.8	38.0	20.0	1
フ ー ド	15.3	22.8	15.3	1.37	1
合 计				57.2	



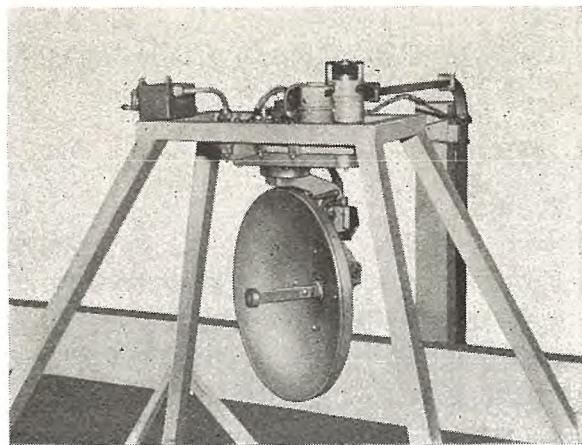
1 図 レーダー外観
Fig. 1. Exterior view of the radar.

に利用するため、また装備の平衡をとる必要上、適当なユニットに分割する方針のもとに 1 表に示すような構成とした。1 図に機器外観を示したが耐衝撃性を保たせるため、いずれも複合クッションを装着してある。

2 図はアンテナの外観を示す。図の支持枠は地上試験用のための特別なものである。3 図は電気系統を示す。

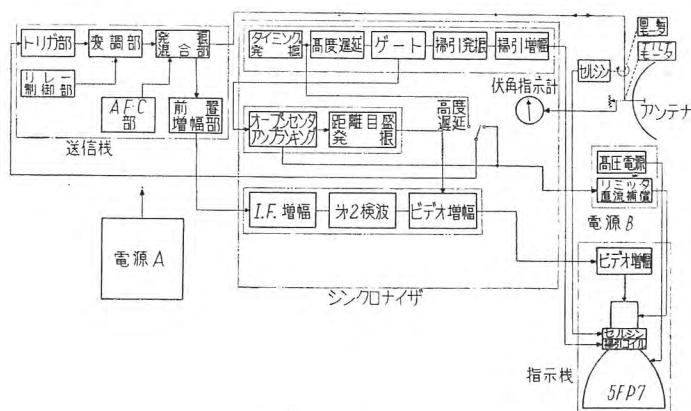
イ. 性能

- (1) 周波数 9375±55 Mc
- (2) 出力 7 kW (尖頭)
- (3) 最大観測半径 50 浬
- (4) 指示方式 PPI
- (5) 所要電力 直流 28V 3.5A
交流 115V 2.3A 400 c/s
- (6) 使用高度 30,000 ft まで



2 図 アンテナ外観

Fig. 2. Exterior view of the antenna.



3 図 系統図

Fig. 3. Schematic diagram of the apparatus.

3. 送信機

ア. 構成

本機の構成は変調、マグネットロン、混合器、局部発振器、自動周波数制御および前置増幅の各部よりなる。

イ. 性能

パルス幅 $0.4 \mu s$

パルス繰返周波数 800 c/s

マグネットロン $2J42$

送受切替管 $1B24A, 1B35$

変調方式 パルスライン方式

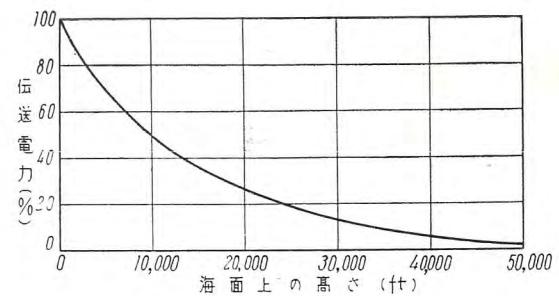
変調管 水素入サイラトロン $3C45$

(1) 混合器および局部発振器

$30,000 \text{ ft}$ の高度においては気圧の低下に従って空気の絶縁能力の低下をきたす。たとえば導波管の伝送可能電力は 4 図⁽¹⁾の如く低下する。したがって本機の送信電波の通過する部分の導波管系全部を気密にして密閉加圧型の構造に設計した。混合器のアドミッタの測定値を 5 図に示す。

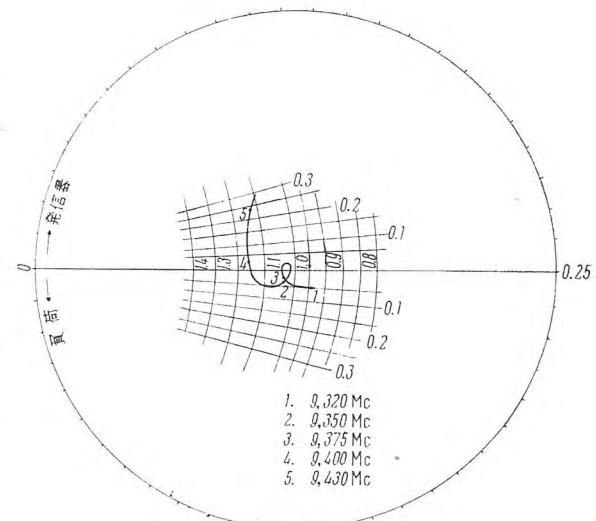
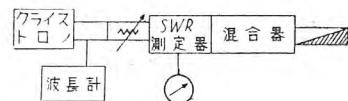
(2) 変調部

高圧整流にミネチャ管を用い著しく小型化することが



4 図 高度の増加による導波管の伝送電力の減少

Fig. 4. Percentage decrease in the power-carrying capacity of a waveguide with increasing altitude.



5 図 混合器アドミッタ（送信時）

Fig. 5. Admittance of the mixer during the transmission.

できた。充電方式は同調充電方式でその波形を 6 図に、出力波形を 7 図に示す。水素入サイラトロンの予熱時間はサイラトロン $2D21$ を使用する回路により制御されている。

4. シンクロナイザ

ア. 構成

シンクロナイザは受信部および距離目盛、高度遅延、オープンセンタ、掃引等の各回路から成っている。操縦者はレーダの操作のほとんど全部をこの部分で行えるよう設計した。また全系統の機器間ケーブルがこの部分の後面に接続され、本機の心臓部ともいべきものである。

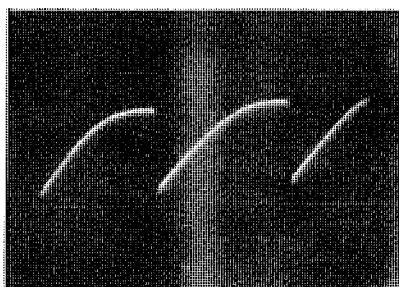
イ. 性能

(1) 中間周波増幅器

中心周波数 30 Mc

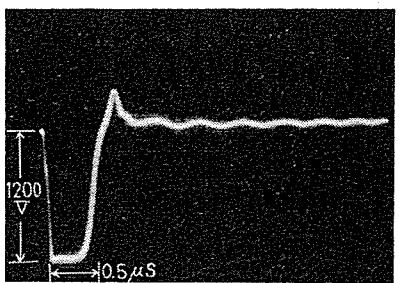
帯域幅 5.4 Mc

利得 120 db



6 図 パルス成形回路網の充電波形

Fig. 6. Charging wave form of the pulse forming network.



7 図 変調器出力波形

Fig. 7. Output wave form of the modulator.

雑音指数 6 db

選択度の特性を 8 図に示す。

(2) ビデオ増幅器

利得 約 19 db

(3) その他

観測半径 4; 10; 20; 50 浬 切換可能

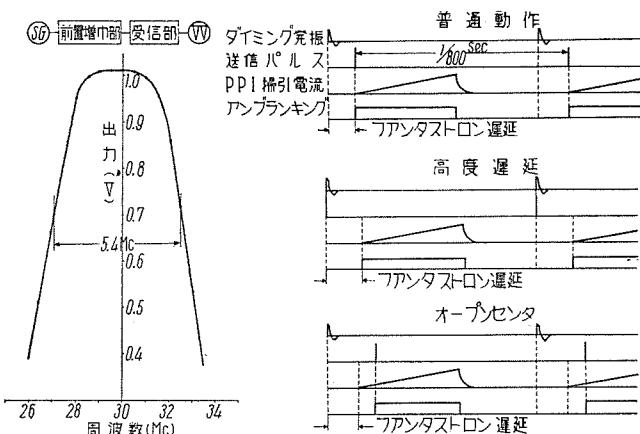
固定距離目盛 1 および 5 浬間隔 (選択)

機首輝線あり

オープンセンタ 1 浬

高度遅延 10 浬まで

高度遅延またはオープンセンタに対するタイミング関係を 9 図に示した。高度遅延はファンタストロン回路を用いたが、この回路は常時働いたままで、9 図に示すように送信パルスのみをその位置を各動作に応じて変化させてある。10 図は 1 および 5 浬の高度遅延の場合のファンタストロン回路出力波形を、また 11 図は観測半径 50



8 図 中間周波増幅器特性曲線

Fig. 8. Characteristic curve of the I.F. amplifier.

9 図 普通高度遅延およびオープンセンタ動作時のタイミング関係

Fig. 9. Relations of the timing at the normal, altitude delay and open center operations.

浬の時に挿入した 1 浬間隔の固定目盛、12 図は各観測半径における掃引電流、13 図は 20 浬における掃引電圧の波形である。

5. 指示機

ア. 構成

残光性ブラウン管、セルシンモータ、ビデオ増幅器等より成り前面にカーソル付フィルタガラスを有する。

焦点の調整や指示機全体を適当な角度に傾斜可能でまた前面に装着するフードにはブラウン管を 7 in の大きさに拡大観できるレンズを設けてある。

イ. 性能

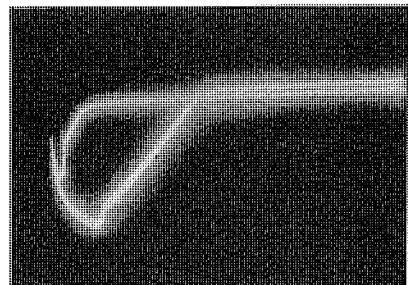
ブラウン管 5FP7

レンズ拡大率 1.4

方位分解能 4.5°

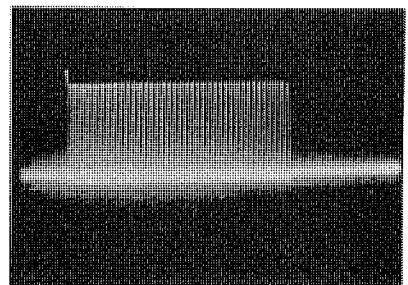
距離分解能 80 yd.

最短探知距離 110 yd.



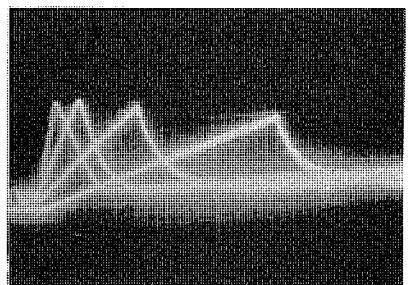
10 図 ファンタス トロン回路の出力波形

Fig. 10. Output wave form of the phantastron circuit.



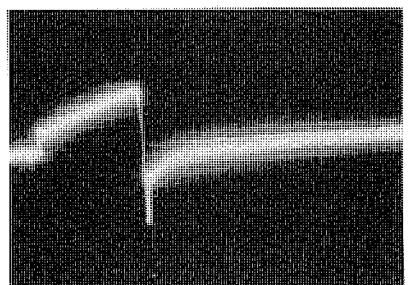
11 図 50 浬レンジの場合の 1 浬 目盛波形

Fig. 11. Wave form of the range marker (1 naut. mile) in 50 naut. miles range operation.



12 図 4, 10, 20, 50 浬の場合の掃引電流波形

Fig. 12. Wave form of the sweep current in 4, 10, 20, and 50 naut. miles ranges.



13 図 20 浬の場合の掃引電圧波形

Fig. 13. Wave form of the sweep voltage in 20 naut. miles range.

6. 電源 A

シンクロナイザに各種電圧を供給する。

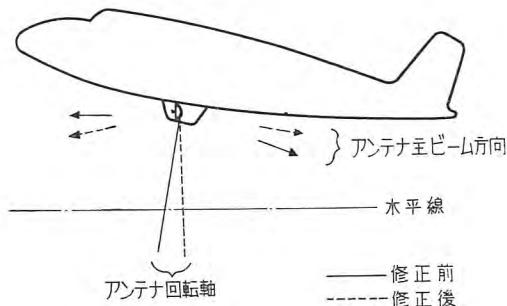
7. 電源 B

主としてブラウン管用高圧電源より成る。

8. アンテナ

ア. 構造

アンテナは機体の下部に突出するラドームの中に装備する。船舶用レーダの如く目標が平面上にあるのに較べて、機上用は3次元の空間を対象とするからアンテナを水平回転させると共に、必要に応じて垂直面内にもある程度の運動ができる構造とした。さらに14図の如く、た



14図 上昇時におけるアンテナ回転軸の修正
Fig. 14. Amendment of the antenna rotating axis when the aeroplane going up.

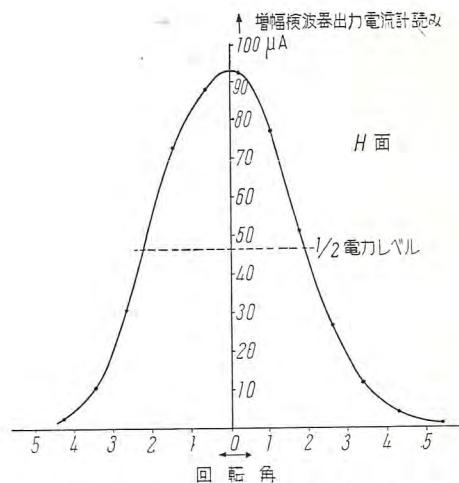
とえば機首が上っている場合には地上に対して一様な走査ができなくなり、機首の方向への電波は空に跳ね上ってしまうので、アンテナの水平回転の軸を機体の傾斜にかかわらずつねに垂直に修正する必要がある。本機では操縦席にこの修正装置を設けハンドルで容易に操作できるようにしてある。導波管系は前述の如く気密にする必要があったのでベローズおよびパッキン等を用いて可動部の気密保持の目的を達した。

イ. 性能

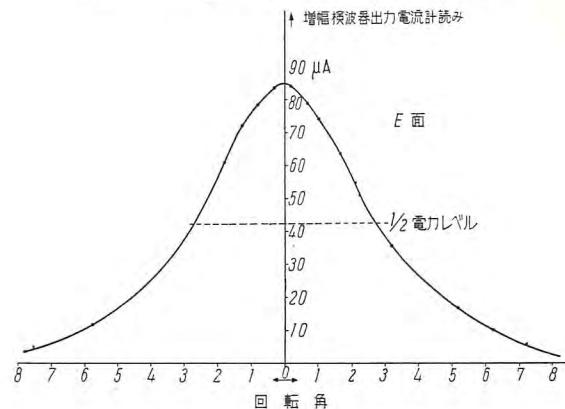
反射鏡	直径 18 in 回転抛物面
水平回転数	28.5 rpm
伏角調整速度	2.3°/sec
伏角調整範囲	0° (水平) ~ -18°
垂直回転軸修正範囲	+6.5° ~ -10.5°
指向性	電力半值幅 水平 4.1° 垂直 5.5°
偏波	水平偏波
一次饋電輻射器	スロットアンテナ

主ビームの測定値を15および16図に示す。電圧定在波比は現在 9,360~9,390 Mc の範囲で 1.4 以下であるが、多少設計変更をすることにより容易に改善できる見込みである。17図はアンテナの伏角および垂直回転軸の修正範囲の図解である。

機上用、対空用の航行あるいは探索レーダのアンテナはその指向性としてももちろんペンシルビームより cosec^2 特性とすべきであって、この cosec^2 特性アンテナについては、すでに設計を終っている。



15図 アンテナの水平面内指向性
Fig. 15. H plane pattern of the antenna.

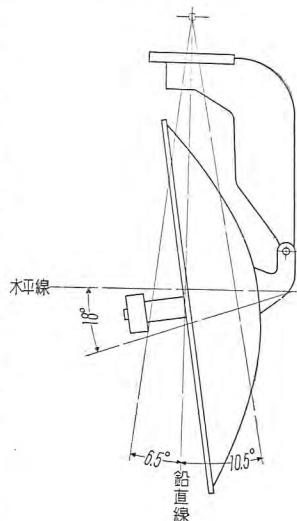


16図 アンテナの垂直面内指向性
Fig. 16. E plane pattern of the antenna.

9. むすび

レーダ装備の必要度は航空機の場合、船舶以上のものがあると考えられる。重量、気圧、衝撃等の厳格な条件下のレーダとして一応所期の目的を達することができた。このレーダはその小型軽量の故に、数 10t の小型船舶用のレーダにそのまま取り入れられる部分が少くない。ラドームについては触れなかったが、目下試作中なることを述べて擱筆する。

終りに、尽大なるご協力を頂いた本社無線機部諸氏種々ご指導賜った津村第一技術課長、当初より試作に尽力された石井、中西両技師を始め関係者各位に満腔の謝意を表する。



17図 伏角および回転軸の調整範囲
Fig. 17. Adjustable ranges of the elevation and tilt angle.

- (1) Theodore Moreno: "Engineering approach to waveguides" Electronics, May, p. 102, 1946.

文 献

UHF 多重無線機 PV-1 完成

防衛庁より富士通信機と合同受注した SV-1 型 UHF 無線中継装置は、当社としては UHF 多重無線機としてその性能を世に問う第一回製品であるが、防衛庁立会検査に優秀な成績で合格し 3 月末好評裡に納入を完了した。

本装置は端局および無線機よりなり当社はこの無線機 PV-1 および空中線 AV-1 を製作富士通信機が端局を納入した。

大略の特性は下記のとおりである。

周波数範囲 375~400 Mc

回線数 電話 4 回線または電話 3 回線、電信 4 回線

送信出力 10 W 以上

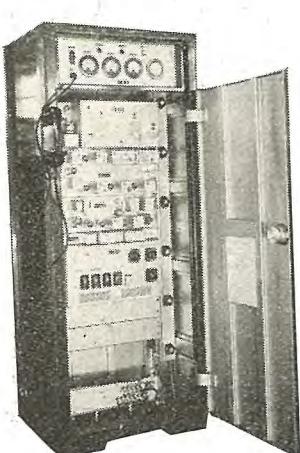
変調周波数範囲 0.3~24 kc

変調方式 水晶制御位相変調方式

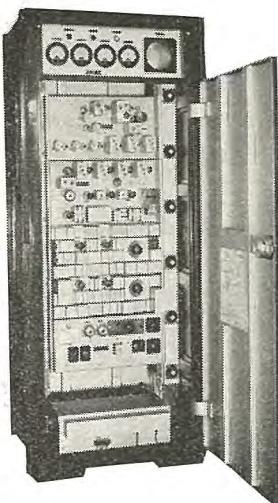
受信方式 水晶制御二重スーパー・ヘロダイイン方式

信号対雑音比 6 kc 3 ラジアン変調波の受信入力 45 db の時 0.3~24 kc で 43 db 以上

今後この種多重無線機の受注増加が予想されるので、当社はさらに性能の向上、小型化につき検討中である。



送信機



受信機

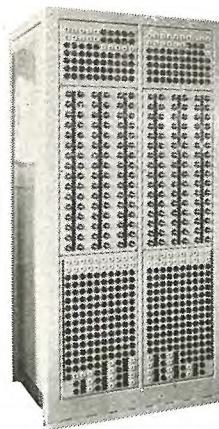
電気計算装置

当社の研究所で多目的用の電気計算装置を製作している。本装置は交流計算盤および電気式アナコンである。

1. 交流計算盤は最終目標として発電機単位 18 を計画しているが、第一期の計画内容は表のとおりである。

この計算盤によって電力系統の負荷分配問題、短絡問題、安定度問題、等広範囲の諸問題を解くことができる。

交流計算盤第一期計画の分は本年 5 月下旬頃にはほぼ完成の見込である。



種 別	数
発電機単位	6
単相 60 c/s 変圧器	3
線路単位	40
負荷単位	10
負荷調整単位	10
キャパシタ単位	60
単巻変圧器単位	10
相互結合単位	20

1 図 交流計算盤 ブラグボード

2. 電気式アナコン

(a) 受動素子、同期スイッチの組合せ

抵抗、インダクタンス、キャパシタ、相互インダクタの受動素子を用いれば、電気回路のみならず各種の力学系、熱系の模擬が可能であることは周知のとおりである。

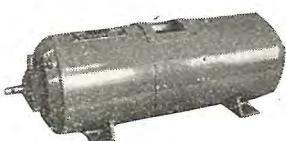
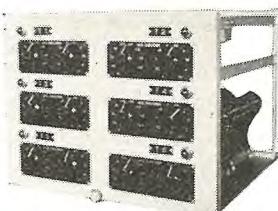
当社研究所ではこのためにとくに Q の高いインダクタを 20 単位を用意している。

なおまた現象を直視しうるよう 10 channel の機械的同期スイッチ、ならびに特殊水銀スイッチを使用した 6 channel の電子管式同期スイッチをも用意している。

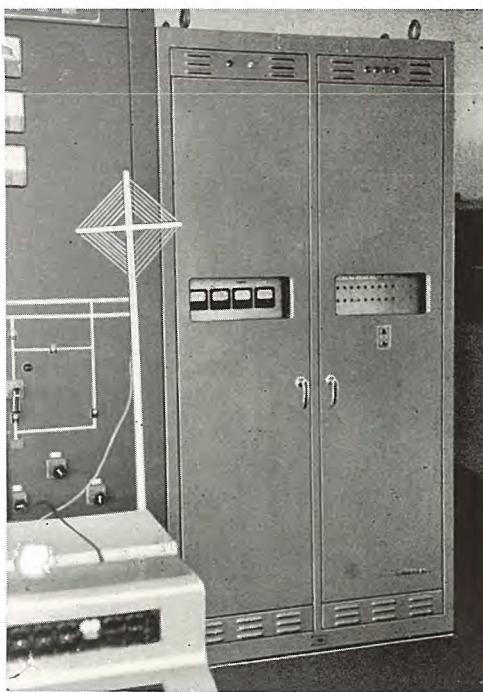
(b) 電子管式アナコン

昨年 10 月 Boeing 社より輸入したものは演算増幅器 20 箇を主体とする低速度型のもので、現在すでに社内各方面の要求に応じて活動している。この種の Computer によって解きうるものは普通の微分方程式自動制御系はもちろん偏微分方程式で表わされる力学系、熱系の問題、電気回路の過渡現象等広い範囲にわたっている。

研究所では Boeing 型を基として、電子管式アナコンの拡充を計画しており、当社無線機製作所においてもこの製作を開始した。

2 図 交流計算盤
単巻変圧器単位3 図 交流計算盤
発電機単位

三菱 SL-1A 型同時標定式送電線閃絡点指示装置

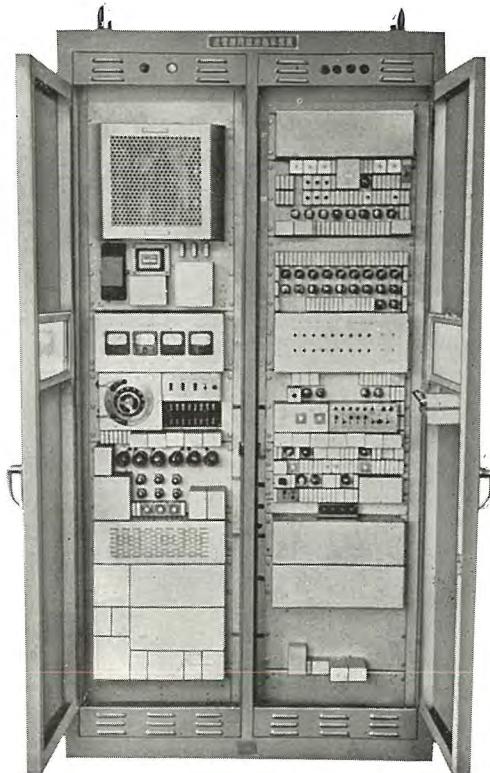


本装置は、いわゆる B 型方式を採用した三菱 SL-1 型閃絡点指示装置を改良し、機能をさらに発展せしめたものである。従来の B 型方式は標定指示が監視せんとする送電線の一端だけにしか得られなかつたが、本装置では一つの閃絡事故を両端で同時に標定し、両端の指示値の合計により正動作であるか否かの確認検討もできるようになつてるので極めて信頼度の高い標定ができる。

写真は東京電力猪苗代幹線に納入された両端同時標定式閃絡点指示装置であり、本装置の相手側の装置は構造は全く同一のもので同幹線膳棚開閉所に据付けられており、この方式としてはわが国最初のものであり、恐らく世界でも未だ類を見ないものであろう。

該送電線の両端開閉所にある遮断器との協調動作により猪苗代新幹線(約102.5 km) および猪苗代旧幹線(約105.5 km) の双方とも監視できる点でもわが国最初のものである。

幾多の現地試験を行い、搬送電話回線との共同についても充分な検討を行い、本年2月より業務運転の運びとなったもので、以後実故障標定の実績も得て閃絡点指示装置の新鋭機として活躍中である。



昭和 30 年 7 月 26 日 印刷

昭和 30 年 7 月 27 日 発行

「禁無断転載」 定価 1 部 金 60 円 (送料別)

雑誌「三菱電機」編集委員会

委員長 大久保 謙
副委員長 石川辰雄
委 員 浅井徳次郎 荒井 潔 石橋英樹 市吉惟浩
伊東祐義 薄井廉介 大久保夙郎 岡屋精二
菅野正雄 木村武雄 小林治一郎 小堀富次雄
進藤貞和 田宮利彦 津村 隆 成富公一
中野光雄 每熊秀雄 松田新市 松尾又一
松尾米太郎 宗村 平 橫須賀正寿
幹 事 市村宗明 前田幸夫 (以上 50 音順)

編集兼発行人 東京都千代田区丸の内2丁目3番地 市 村 宗 明
印 刷 所 東京都新宿区市谷加賀町1丁目 大日本印刷株式会社
印 刷 者 東京都新宿区市谷加賀町1丁目 長 久 保 慶 一
発 行 所 三菱電機株式会社内「三菱電機」編集部 電話和田倉(20)1631
日本出版協会会員番号 213013
発 売 元 東京都千代田区神田錦町3の1 株式会社オーム社書店
電話(29)0915・0916 振替東京 20018