

日 本 電 信 電 話 公 社

TZ-403 形 1 号 400 MHz 多重無線送受信装置

Type TZ-403-1 400MHz Multichannel Radio Equipment

木 村 正 道*
Masamichi Kimura松 島 成 幸*
Shigeyuki Matsushima鳥 谷 満 雄**
Mitsuo Toya桑 本 良 知**
Yoshitomo Kuwamoto臼 井 生 郎**
Ikurô Usui水 川 二 郎**
Jirô Mizukawa

要 旨

近年、電話の普及に伴い、山間へき地や離島への電話回線の需要が急速に増加しつつある。このような、山間部や海上経路などケーブルの布設が困難な所においては、無線による小容量多重回線がきわめて有効である。われわれは、この種の固定回線用として、このたび 400 MHz 帯を用いた送信出力 5 W または 50 W の 24 チャンネル容量多重無線送受信装置を開発した。

本装置は、特に従来の装置に比ベトランジスタ化によって小形化し、回線の高信頼化を図り、保守の簡易化を行なったものである。

1. 緒 言

従来より、わが国においては、小容量の電話回線用多重無線機として、VHF 帯を用いた 24 チャンネル程度のものが用いられており、日本電信電話公社においても、400 MHz 帯、250 MHz 帯などが島や山間へき地などの小容量電話回線に使用されている。われわれは、すでに数年前に 400 MHz 帯 24 チャンネル用として TR-6 形送受信装置⁽¹⁾を開発し各所で実用に供してきた。その後、日本電信電話公社においては、この TR-6 形の性能をいちだんと向上し、小形化し TZ 403 形 1 号送受信装置として実用化を図ることとなり、日本電信電話公社指導のもとに日立製作所が新しく開発し製作を行なった。この新しい装置は、43 年 8 月までの商用試験を終えて、所定の性能をじゅうぶんかつ安定に満足することが確認され、今後、各地にて実用することになったので以下に紹介する次第である。

この TZ-403 形 1 号送受信装置は 400 MHz 帯を用いた電話 24 チャンネル容量の位相変調多重無線機であって、特に回線信頼度の向上、保守の簡易化に留意して設計され、離島や山頂などの無人局として運用に適しているものである。

図 1 は装置の外観写真を、また図 2 は装置を中継箱内に収容した無人局の例、(北海道奥尻島山頂無線中継所)を示したものである。

2. 設 計 方 針

本装置は、設計に先だって特に次のことが考慮されている。

2.1 信頼度の向上

本装置は、公衆回線であるにもかかわらず、離島など保守員巡回に不便な場所で使用されるため信頼度の向上には特に留意されている。

- (1) 回路はできるだけ 2 重系とする。
- (2) 高信頼度部品の適正な使用。
- (3) 保守点検の簡素化。

などによって総合的に回線信頼度の向上を図っている。

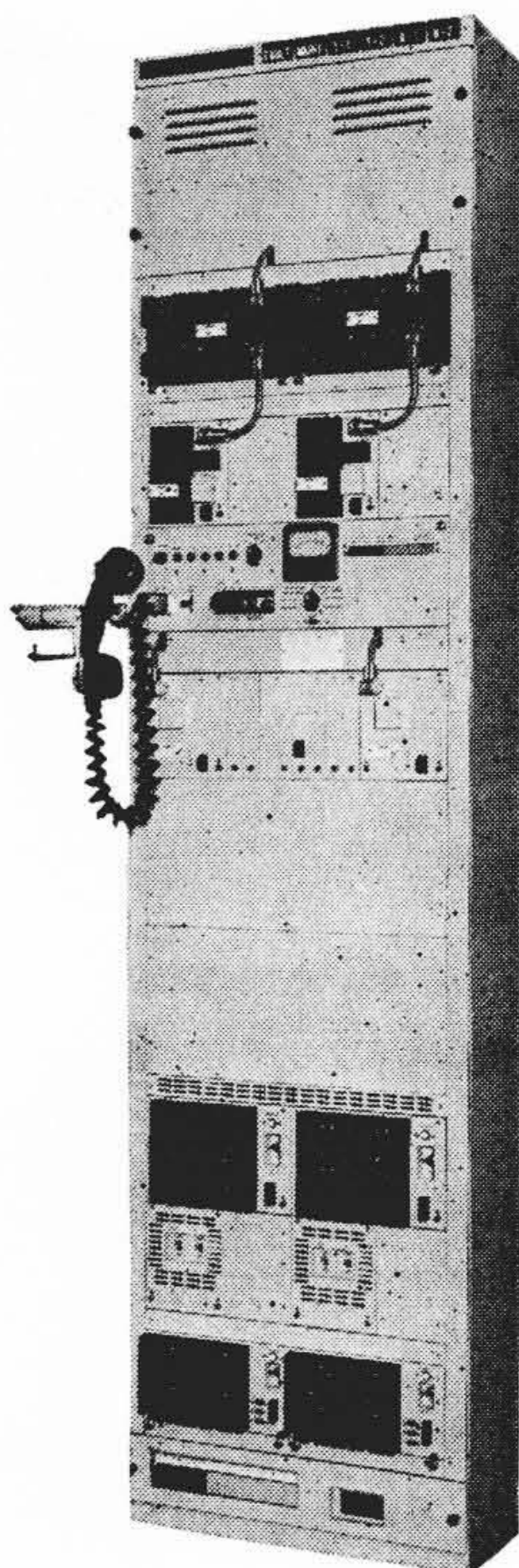
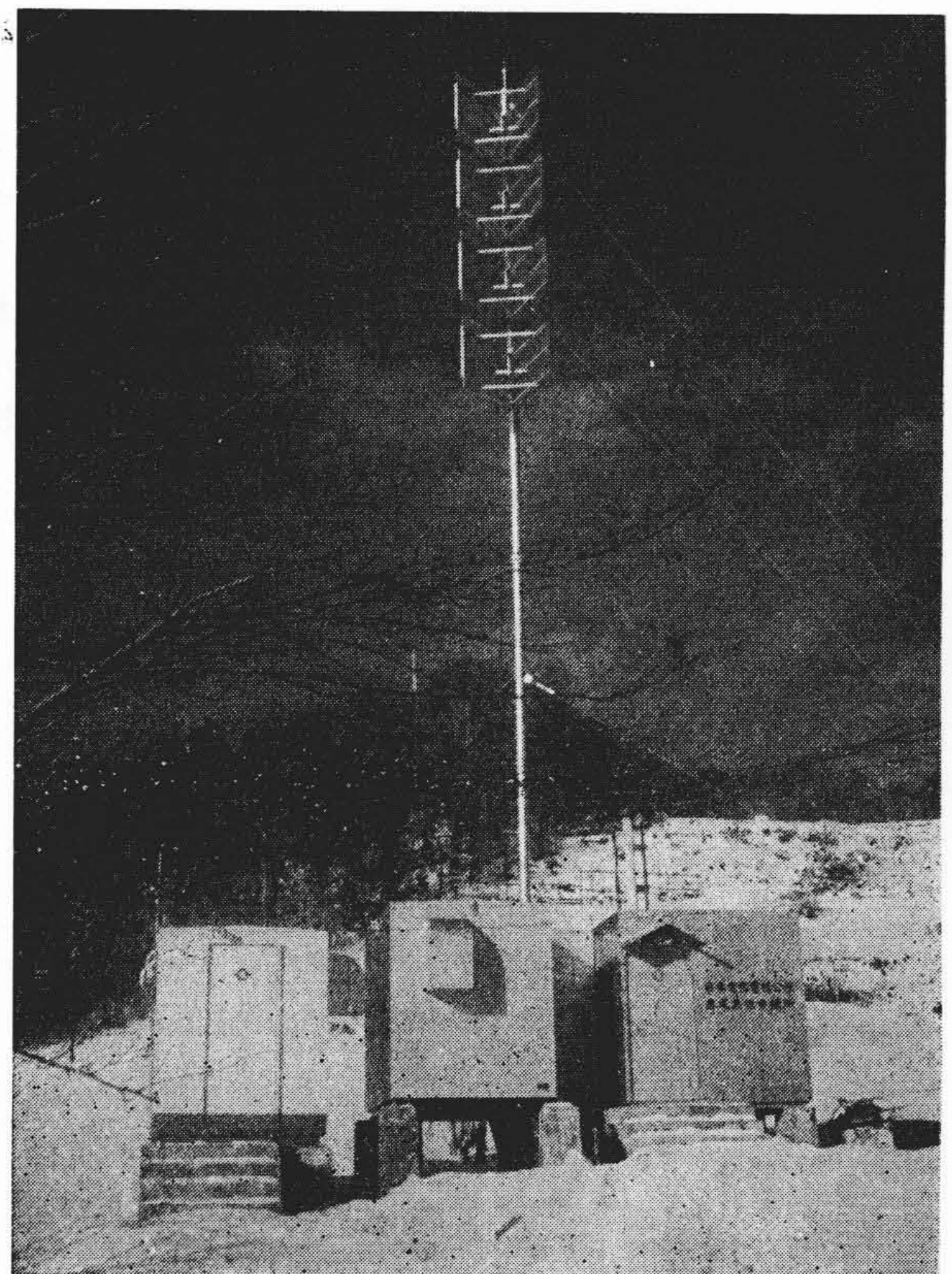


図 1 TZ-403 形
1 号送受信装置
外観



(左からバッテリー室、機器室、補助室を示す)
図 2 奥尻無線中継所全景

* 日本電信電話公社

** 日立製作所戸塚工場

うにし、既設局のいかなる電源にても使用できるようにする。

(3) 遠隔制御

既設の遠隔制御装置 (AR-002 形および AR-2 形) に接続できるようにし、無人局に便利ようにする。

2.4 保守性

機能別にパネル分割し、パネル交換を容易にし、また操作表示は日本電信電話公社既設の同種装置に合わせ保守者が混乱なく、かつ、すみやかに保守できるようにして誤動作の予防およびダウンタイムの短縮を図る。

3. 装置の概要

本装置は、標準架 (幅 520 mm, 奥行き 225 mm, 高さ 2,100 mm) 1 架に送受信部およびその電源部がそれぞれ 2 組と、自動切換部が実装されていてセット予備方式として運用される。架実装図およびパネル一覧表は図 3 に示すとおりである。

3.1 特長

本装置は、さきに述べた設計方針に基づいて設計されているが、さらに在来のものに比べ次のような特長を有している。

(1) 送信出力 5 W まではトランジスタ化して、50 W で運用する場合は、真空管 1 本を用いた 50 W 送信増幅盤とその電源盤を追加実装することにより 50 W 出力を得ることができる。また 5 W 送信機には、新しく開発したオーバレイ・トランジスタを用い、400 MHz 帯を直接電力増幅して 5 W を得るようにし、従来安定度の点でとかく問題のあったバラクタ通倍回路を使用しない回路とした。

(2) 50 W 電力増幅盤には、長寿命のセラミック封じ真空管 (4F16) を用い、伝導冷却方式とすることによって従来のプロワの使用をやめ信頼度の向上を図った。

(3) 従来の送信機の通倍数は 72 通倍であったが、低ひずみ率の変調器の採用によって 12 通倍としてスプリアス放射を少なくした。また受信機は中間周波数 10.7 MHz のシングルスーパーヘテロダイン方式としてあるので回路は簡単である。

(4) 受信部としては、2 台並列運転による信号合成方式を採用し、従来の切換方式による受信側での瞬断を無くした。

(5) パイロット監視方式としては、図 4 に示すように送信機側でパイロット信号をそう入し、2 台の受信機で検出して、無線機単体で変調から復調までの動作監視ができるようにした。

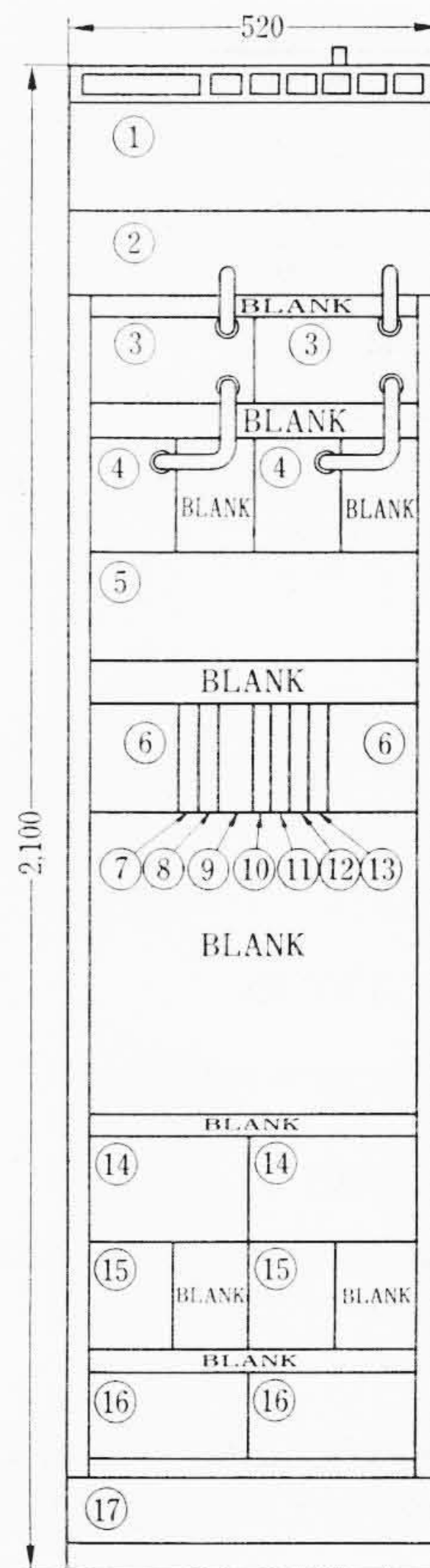


図 3 実装図

番号	盤品名	略号	数量
*1	架上端子盤	TERM	1
*2	高周波切換盤	RF・SW	1
3	「J」50W 送信増幅盤	50 WPA	2
4	「J」5W 送信盤	T R S	2
*5	制御盤	CONT	1
6	「J」受信盤	R E C	2
7	B 切換制御盤	LOG-B	1
8	A 切換制御盤	LOG-A	1
9	外部制御盤	REMO	1
10	監視電流発振盤	P I L	1
11	濾波器盤	F I L	1
12	打合盤	O W	1
13	信号合成盤	COMB	1
14	48 V 用電源盤	PS-48	2
	21 V 用電源盤	PS-21	
	AC 用電源盤	PS-AC	
15	50 W 用補助電源盤	50 W AUX	2
	48 V 用 50 W 電源盤	50 W PS-48	
	21 V 用 50 W 電源盤	50 W PS-21	
16	AC 用 50 W 電源盤	50 W PS-AC	2
*17	ヒューズ盤	FUSE	1

(注) 1. * 印は架に固定されたパネルを示す。
2. 番号 14, 16 は 3 種類の電源のうちいずれか 1 種類が実装される。
3. 5 W 形の時は番号 3, 15, 16 はblankパネルとなる。

3.2 雑音配分と回線設計

本装置は、日本電信電話公社の中心局——集中局間を 2 区間で、また集中局——端局間を無線 1 区間で運用するようにし、かつ無線 1 区間の標準雑音規格を 1,500 PW とした。これを次のように配分する。

無線 1 区間 1,500 PW

- 回線熱雑音: 500 PW (63 dB)
- 準漏話雑音: 500 PW (63 dB)
- 干渉雑音: 500 PW (63 dB)

(1) 回線熱雑音

受信機の雑音指数およびチャンネル当たりの変調指数を次の S/N の式に与え $S/N=63$ dB を得るために必要な受信入力

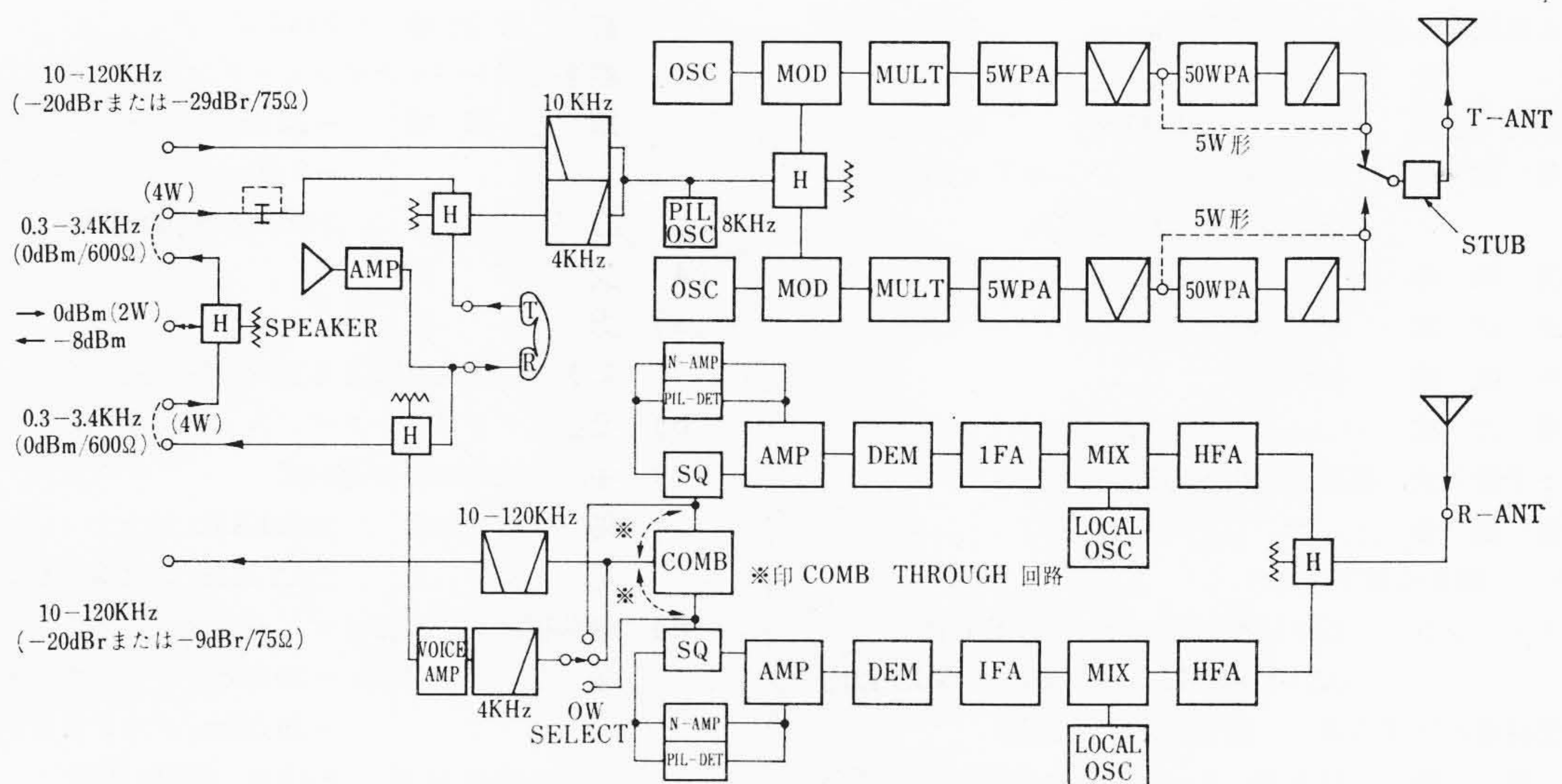


図 4 送受信機ブロックダイヤ

表1 準漏話雑音の配分

	回路	雑音配分
送信部	変調回路	87.5 PW
	通倍増幅回路	78.5 PW
	低周増幅回路	6.5 PW
受信部	R.F および I.F 回路	137.0 PW
	復調回路	118.0 PW
	低周波増幅回路	72.5 PW
	計	500.0 PW

めれば、

$$S/N = \frac{1}{0.56} \cdot \frac{m^2 \cdot P_{in}}{f_b \cdot K \cdot T \cdot F_n} \dots\dots\dots (1)$$

- ただし、 m ：変調指数 (rad, r, m, S).....0.29 rad
 P_{in} ：受信機入力 (W)
 f_b ：低周波帯域幅 (Hz).....3,100 Hz
 K ：ボルツマン定数
 T ：絶対温度
 F_n ：受信機雑音指数.....12.6 (11 dB)
 $KT \doteq 0.4 \times 10^{-20}$ (W/Hz)

−57 dBm を得る。回線設計時には、標準状態においてこの入力を得るように考慮されなくてはならない。

(2) 準漏話雑音

従来の TR-6 形送受信装置の実績、各回路の生産性、安定性を配慮して表1のように配分し、各回線の設計はこれをさらに2次ひずみ3次ひずみに配分して行なった。

(3) 干渉雑音

近接無線周波からの干渉を考えて妨害周波数が希望受信周波に対し、±500 KHz および ±1 MHz のときに配分された許容雑音を発生する妨害波のレベルと、希望波レベルとの比、すなわち D/U で表わし次の値を設計目標とした。

- ±500 KHz のとき D/U：20 dB
±1 MHz のとき D/U：−10 dB

したがって、回線設計の場合近接妨害波に対しては上記を考えてアンテナの選択などを行なう必要がある。

また、自局送信機からの回り込みについては、送受間の周波数間隔を12 MHz 以上、送信アンテナ間の結合度を−55 dB 以下とし、この状態において感度低下による雑音の発生がないような設計になっている。

3.3 主要性能

本装置のおもな性能は次のとおりである。

(1) 一般

- (a) 無線周波数 370.6~398.3 MHz
(b) 使用電源 AC 200 V ±5%, DC-48 V ±10%
または DC-21 V ±²⁰/₁₀%
(c) 環境条件
周囲温度 5~45℃
相対湿度 40~85%

(d) 予備方式

セット予備方式、現用送信指定方式

(2) 送信総合

- (a) S/N 図5に示すとおり
(b) ベース・バンド 12~108 KHz 偏差：2 dB 以内
0.3~3.4 KHz レベル偏差：5 dB 以内
(c) 搬送回路線のひずみ率 図6に示すとおり
(d) 直線性 54 KHz, 5 rad ピーク変調までの偏差は1 dB 以内

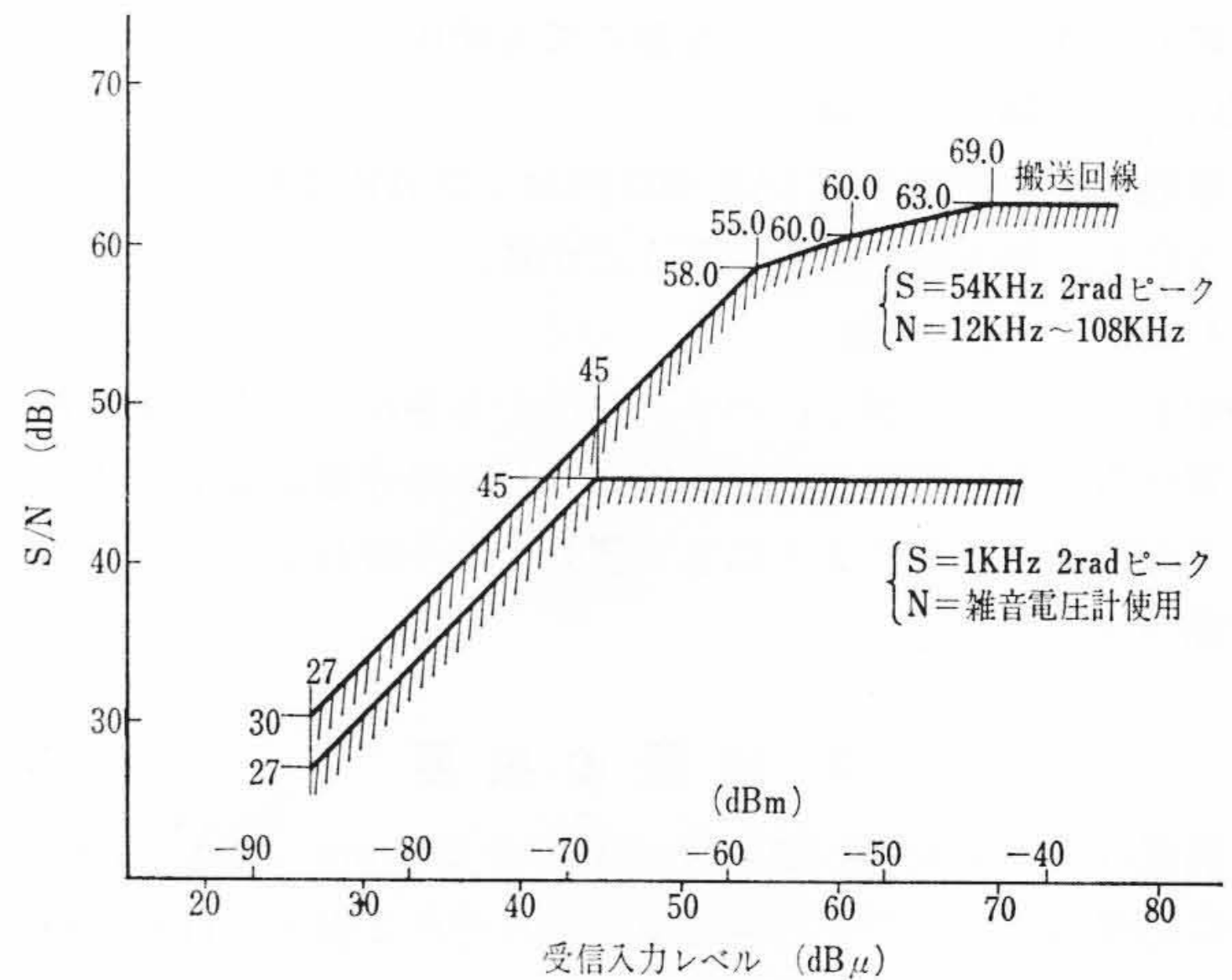


図5 S/N 規格図

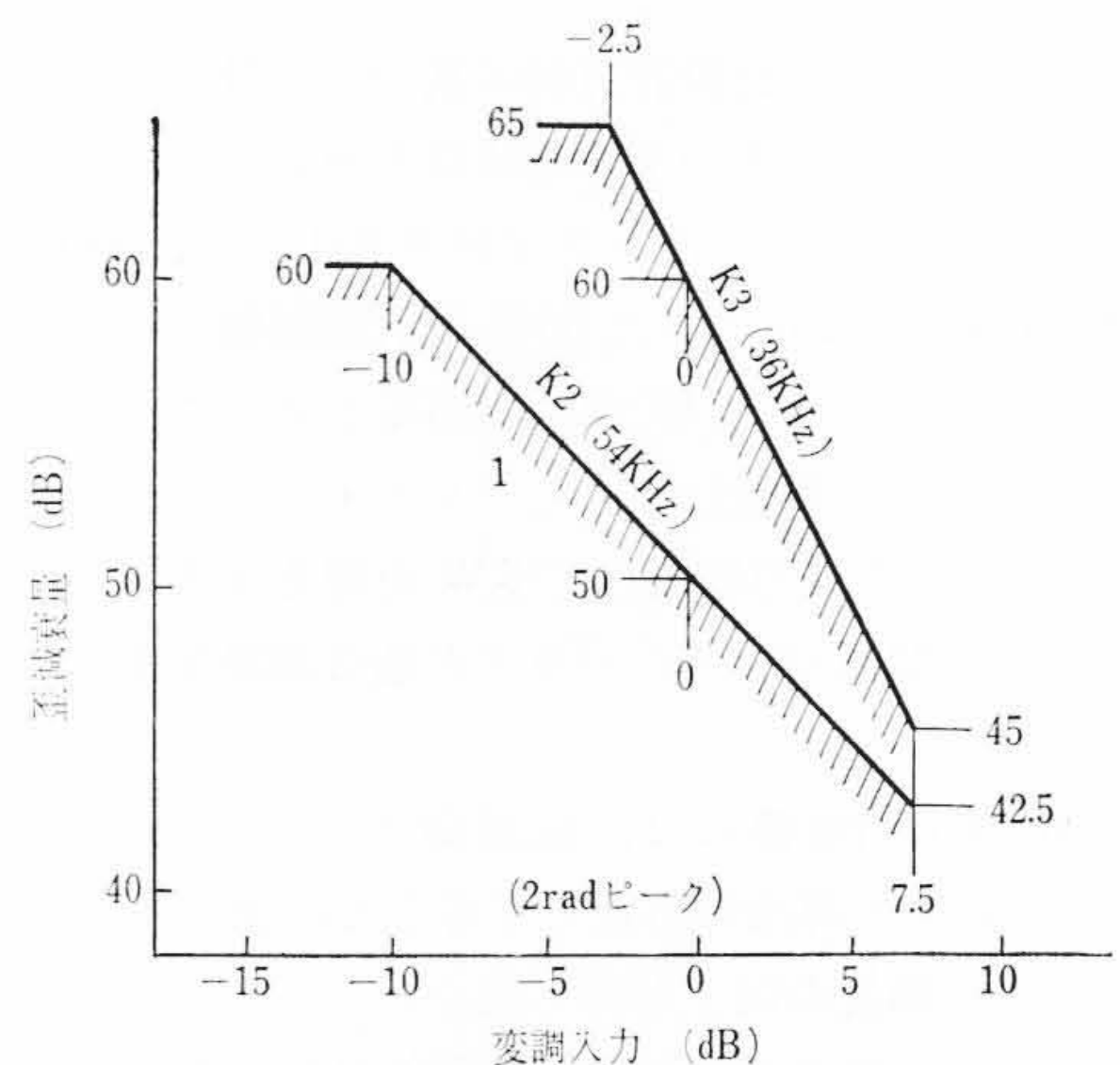


図6 ひずみ率規格図

(3) 送信部

- (a) 送信出力 5 W または 50 W
(b) 変調方式と通倍数
水晶制御位相変調、周波数通倍数は12
(c) 無線周波数偏差 ±2×10⁻⁵
(d) スプリアス放射 −65 dB 以下
(e) 標準変調度
搬送回線 0.41 rad ピーク/チャンネル
打合せ回線 2 rad ピーク
(f) 標準変調レベルとインピーダンス
搬送回線 −20 dBm/チャンネルまたは
−9 dBm/チャンネル：75Ω 平衡
打合せ回線 0 dBm：600Ω 平衡
(4) 受信部
(a) 方式
ビデオ合成回路による並列接続方式
(b) 受信スプリアスレスポンス 65 dB 以上
(c) 中間周波帯域幅と選択度
帯域幅 ±300 KHz 以上
選択度 ±1.2 MHz にて 35 dB 以上
(d) 標準復調レベルとインピーダンス
搬送回線 −20 dBm/チャンネルまたは
−29 dBm/チャンネル：75Ω 平衡
打合せ回線(4線) 0 dBm, 600Ω 平衡
(e) 打合せ回線呼出し スピーカ呼出し

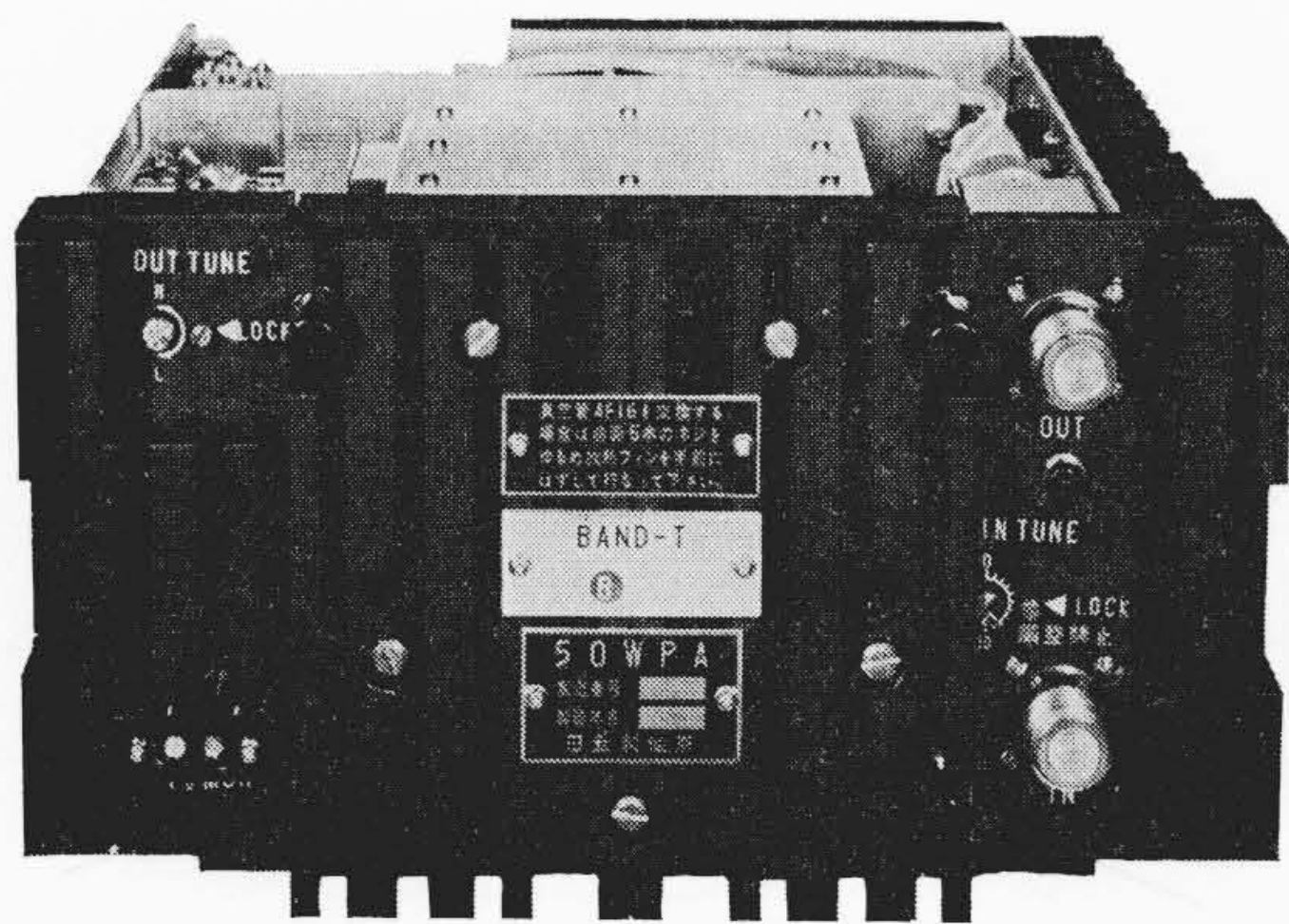


図7 50W 送信増幅盤外観

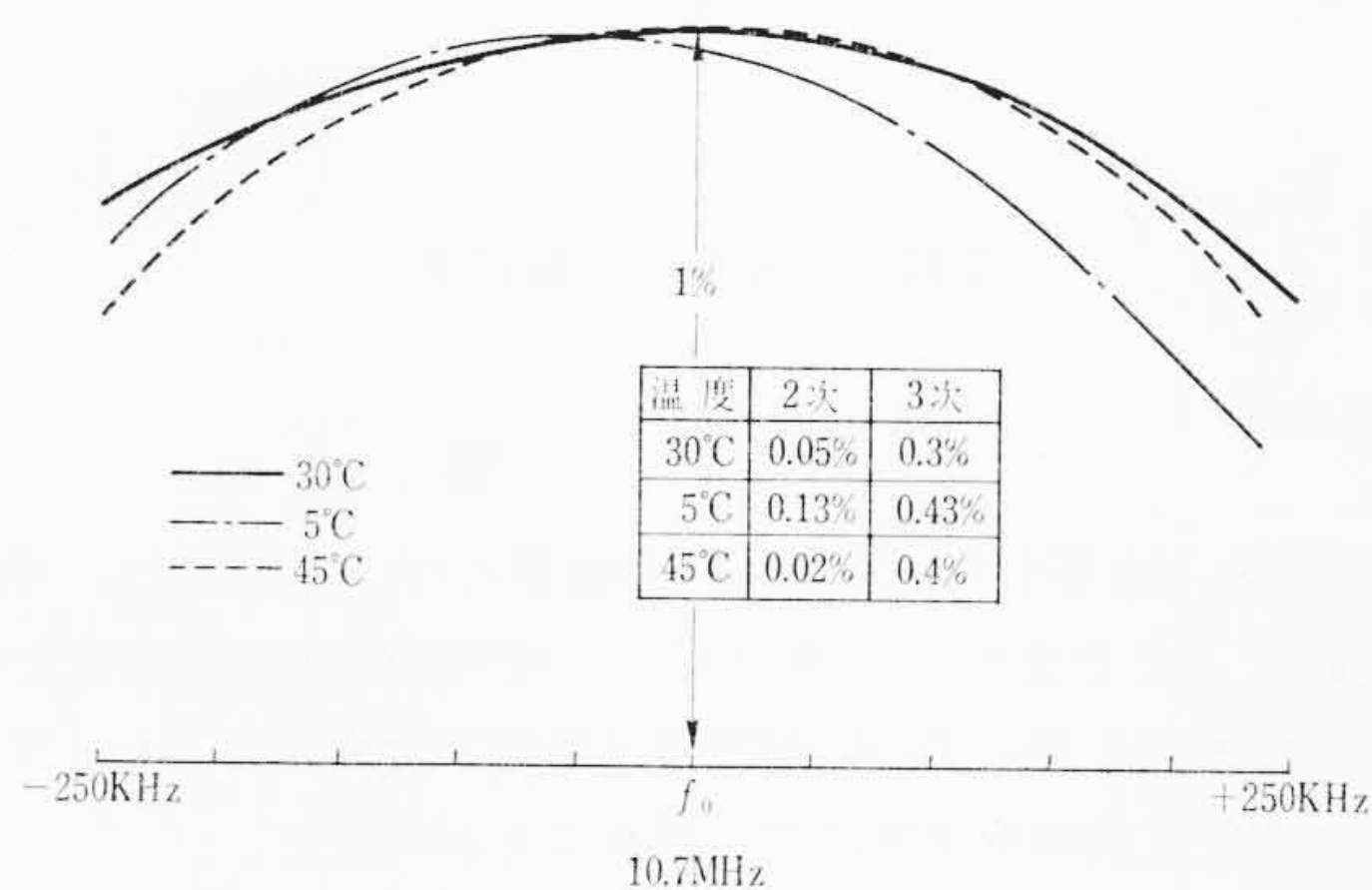


図8 復調微分特性

4. 主要機能の説明

4.1 送信回路

送信部は図4のブロックダイヤに示すように、高感度のPM変調回路、出力5Wまでの全固体通倍増幅回路と真空管1本を用いた。出力50Wの増幅回路により構成されている。

(a) PM変調回路

変調特性のよい複同調形可変容量位相変調器を用いた。

(b) 通倍および5W増幅回路

変調器のあとにAM分を除却するためのリミッタ回路を付け、その後トランジスタによって、 $3 \times 2 \times 2$ 通倍して、400MHz帯の出力を得るようにし、最終段は、オーバレイトランジスタ2SC820⑩を2本並列接続して出力約6Wを得てアイソレータ同軸共振器を通し、送信出力5Wを得ている。

(c) 50W増幅回路

50W送信増幅盤の外観は図7に示すとおりである。前面の放熱板は、真空管プレートからの放熱のためのもので、この放熱効果によって真空管封止部の温度は、動作時において100°C以下に保つことができる。真空管封止部の許容温度は250°Cであり放熱はじゅうぶんである。真空管の交換は、盤の前面から容易に行なえるよう考慮されていて保守には、きわめて便利である。また、予備機試験時に誤って負荷を接続しないで高圧投入し、反射電力によって真空管を劣化させることがないように無負荷時には、高圧投入ができないような保護回路が付いている。

4.2 受信回路

受信部は、ブロックダイヤに示すようにアンテナからの高周波入力をハイブリッドで2分割して2台の受信機に供給し、その検波出力を信号合成回路により合成している。また各受信機では、パイロット信号の有無および雑音を検出して、電波断、相手局変調故障、受信機故障を判断して表示し、受信機故障の場合には故障側の出力

表2 遠隔制御監視項目

項	目	備	考
制 御	送信機選択 (No.1)	現用機指定	
	送信機選択 (No.2)	現用機指定	
	強制復旧 (ON)		
	強制復旧 (OFF)		
監 視	送信機故障	※	
	受信機故障	※	
	切替え不能	※	自局電波断
	ヒューズ断	※	電源断を含む
	作業中	※	
	1号送信機動作		
	2号送信機動作		
	送信パイロット断		
	受信パイロット断		
	障害		相手局のパイロット断または電波断 各障害のORをとったもの

通常は※印5項目が遠方監視用として使用される

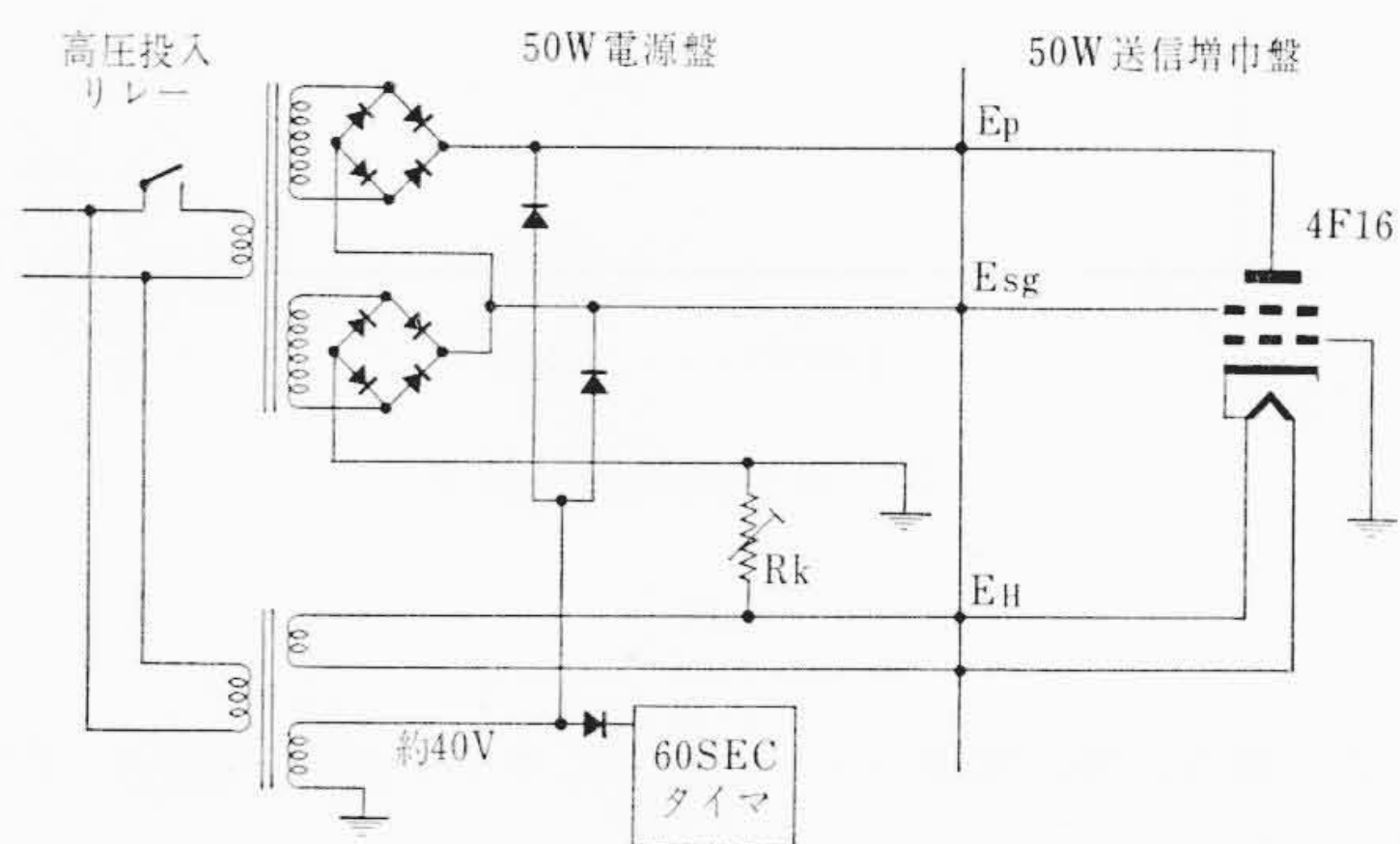


図9 50W 電源系統図

をスケルチリレーにより切り放すようになっている。

(a) 高周波回路

高周波増幅回路には、低雑音トランジスタ2SC707⑩形トランジスタを3重同軸共振器⑨内に装置し、高選択度を得るとともに雑音の少ない増幅器を構成した結果400MHzで6~7dBの雑音指数を得ている。

(b) 中間周波回路

中間周波段および復調器は、受信機の準漏話雑音を決定する重要な部分であり、低遅延中間周波ブロックフィルタ④の使用と、安定度の良いディスクリミネータの採用により、当初の雑音配分をじゅうぶん満足することができた。図8は微分特性の実測値を示したものである。

4.3 制御監視回路

本装置は、遠隔制御装置と組み合わせ表2のような制御監視を行なうことができる。制御信号は一度有極リレーで機械的に記憶され、停電復旧時に誤操作しないように配慮されている。なお強制的に送信機を指定側に戻す強制復旧信号は、指定側が故障している場合長時間強制動作させることにより、故障が拡大しないように、約1秒間のみ強制的に指定側に戻すような回路となっている。

4.4 電源回路

50W送信増幅盤を除き、他の部分にはすべて-21Vを使用している。AC200V、DC-48Vの場合は電源盤で-21Vに変圧して使用する。送信機を除きほかの回路には、2台の電源盤を並列使用することにより電源盤の故障による影響を少なくしてある。50W送信増幅盤の電源は、図9に示すように予備状態すなわち、高圧が投入されない場合、約40Vをプレート、スクリーングリッドに加え、わずかにカソードに電流を流すようにして予備時の真空管カソードの劣化を防いでいる。

DC-48DV、DC-21Vのときは、DC-DCコンバータにより高圧を

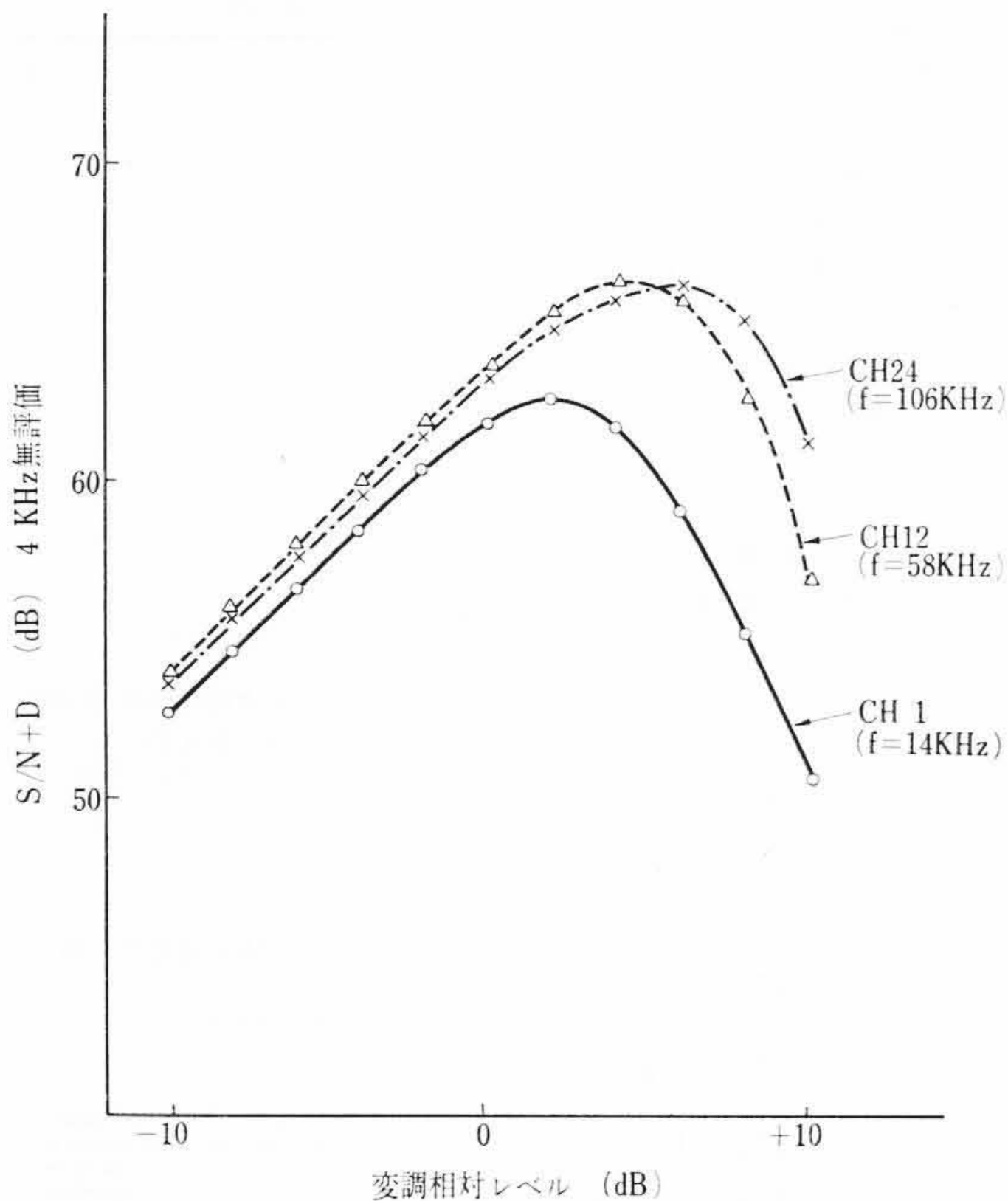


図10 雑音負荷試験結果

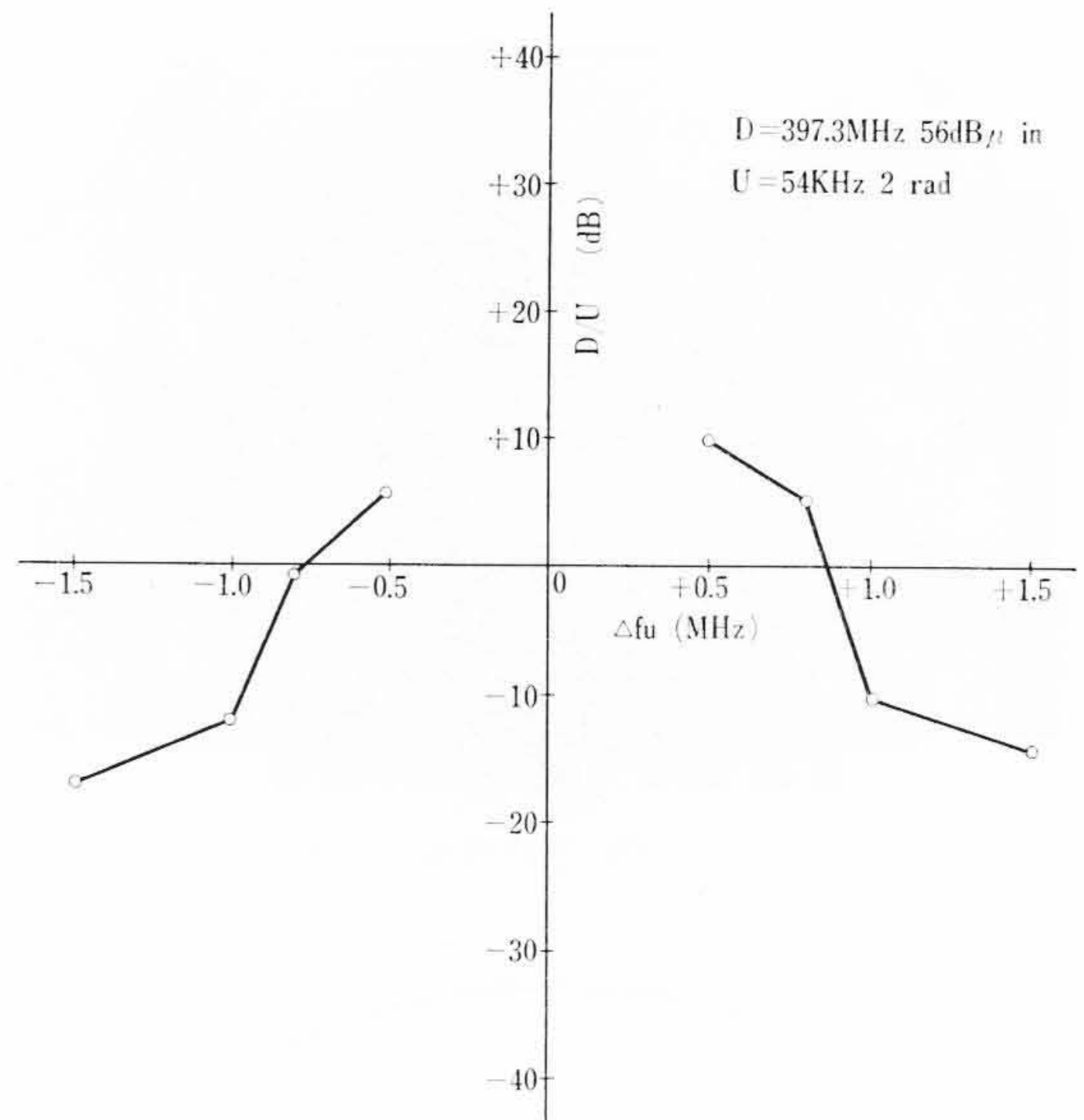


図11 干渉雑音試験結果

得、この場合は特に電源ラインにスイッチング波形が出ないように留意してある。

5. 実 測 結 果

雑音負荷試験結果を図10に示す。ただし図において S/N は4 KHz 幅無評価値を示している。したがって熱雑音と準漏話雑音の和1,000 PW は本図においては56.4 dBに相当する。低いチャンネルはやや悪いが許容雑音規格に対してはじゅうぶん余裕がある。図11は干渉雑音特性を示したもので、これは希望信号を標準レベルに合わせた状態で妨害波を加え S/N が、熱雑音と干渉雑音の和1,000 PW となる点を D/U 比で表わしたものである。

6. 結 言

以上、TZ-403形1号送受信装置の概要について述べた。本装置の開発によって性能的には集中局——端局間標準回線規格を満足し、かつ標準架1架に50 W 形現用予備機を実装した。かくて小形高性能で安定な装置を実用に供し得ることができた。

終わりに本装置の開発にあたり、何かとご指導いただいた日本電信電話公社技術局渡辺調査役をはじめ関係各位に対し、ここに深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 市川、鈴木：「TR-6形400 Mc 多重送受信装置」 日立評論 46, 1458 (昭39-9)
- (2) 山崎：「変復調回路の設計」 オーム社
- (3) 鈴木、鳥谷：「3重同軸共振器」 昭38, 電気4学会予稿 No.1749
- (4) 草野ほか：「多重FM無線機用ブロックフィルタに関する一考察」 昭42 電子通信学会予稿 No.1237

Vol. 51

日立評論

No. 7

目 次

■ 論 文

- ・純流体素子を使った材料寸法の自動選別装置
- ・原子炉格納容器のジェット力に対する強度
- ・超 臨 界 圧 U P ボ イ ラ
- ・7.2/3.6 kV 250 MVA 600-2,400A 小形磁気遮断器
- ・三 相 誘 導 電 動 機 の 新 巻 線 方 式
- ・電 車 用 日 立 屋 根 上 集 中 式 ユ ニ ッ ト
- ・集合自動電話用交換機の標準化—PC30形交換機—
- ・R-4130 形 冷 凍 冷 蔵 庫 の 性 能

- ・HF形高周波同軸ケーブルの諸特性
- ・SiC焼結形バリスタのV-I特性
- ステレオ電蓄特集(仮題)
- ・ESP法による音質設計
- ・低雑音ベルトドライブプレーヤー
- ・テープデッキ—高性能テープデッキの設計—
- ・低歪率トランジスタ増幅器
- ・低歪率スピーカースystem
- ・ステレオセットのデザインの表現

発行所 日立評論社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
郵便番号 100
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
郵便番号 101
振替口座 東京 20018 番