

札幌—函館極超短波多重無線通信装置

Multi-Channel Microwave Radio Communication System
between Sapporo and Hakodate

朝比奈 隆* 田中 勉**
Takashi Asahina Tsutomu Tanaka
建脇 勉* 金沢 暁**
Tsutomu Tatewaki Hikaru Kanazawa

内 容 梗 概

日本国有鉄道における全国中心局間の、トールダイヤル化に伴い、各局間の中継線の大幅な増加が必要となった。多重通話の伝送方法としては、対称ケーブル、あるいは同軸ケーブルによる有線搬送方式、および極超短波による無線搬送方式があり、それぞれ種々の特長を有するが、国鉄では 7,000 Mc 帯の極超短波無線による多重通信方式が採用された。日立製作所、および国際電気株式会社では、この計画の一環である北海道地区（札幌—室蘭—函館）の通信装置一式を製作し、電話60通話路、電信5通話路、および打合わせ回線1回線の伝送を行った。特に多重電話端局装置はわが国最初の全トランジスタ化された超小形実装方式によるもので、容積、電源消費とも従来の真空管を使用した装置の $\frac{1}{10}$ 以下となっており、局舎、電源設備、保守の点できわめて有利となり、今後のかかる装置の方向を示すものと思われる。

現在据付け調整を完了し、昭和35年9月より正式開通を行う運びとなったので、この回線の各部について述べる。

1. 緒 言

日本国有鉄道における全国トールダイヤル化のためには、函館—札幌間の通話伝送量は60通話路程度必要となる。

従来、札幌—函館間には23通話路の時分割パルス多重方式(PAM—FM)による、マイクロウェーブ通信系があったが、時分割方式の本質として、これ以上の回線増加はきわめて困難であり、トールダイヤル化のための必要通話路数を満足することができない。

60通話路以上の通話を伝送しうる方式としては、周波数分割多重方式(SSB—FM)があり、今回本方式により通信系を構成することとなった。

わが国における周波数分割多重搬送装置は CCITT (Comité Consultatif International Telegraphie et Telephonique. 国際電信電話諮問委員会) 規格の採用により、明確な方向を与えられて以来、きわめて急速に発展し、真空管式では現在 960 通話路方式が実用に供されている。このように回線束が増大してくると、局舎の収容能力、電力消費、保守人員などの各種の制限から装置の小形化が強く要望され、装置のトランジスタ化およびいわゆる小形実装方式が開発された。今回納入された端局装置はオールトランジスタ化された小形実装方式によるもので、60通話路の変換装置全部、ルート選択装置および打合わせ通話路変換部などのすべてを1架に収容した画期的なものである。

予備方式はルート予備方式として、無線機およびアンテナ系は独立のものを2系統有し、端局装置にてこれを選択使用している。

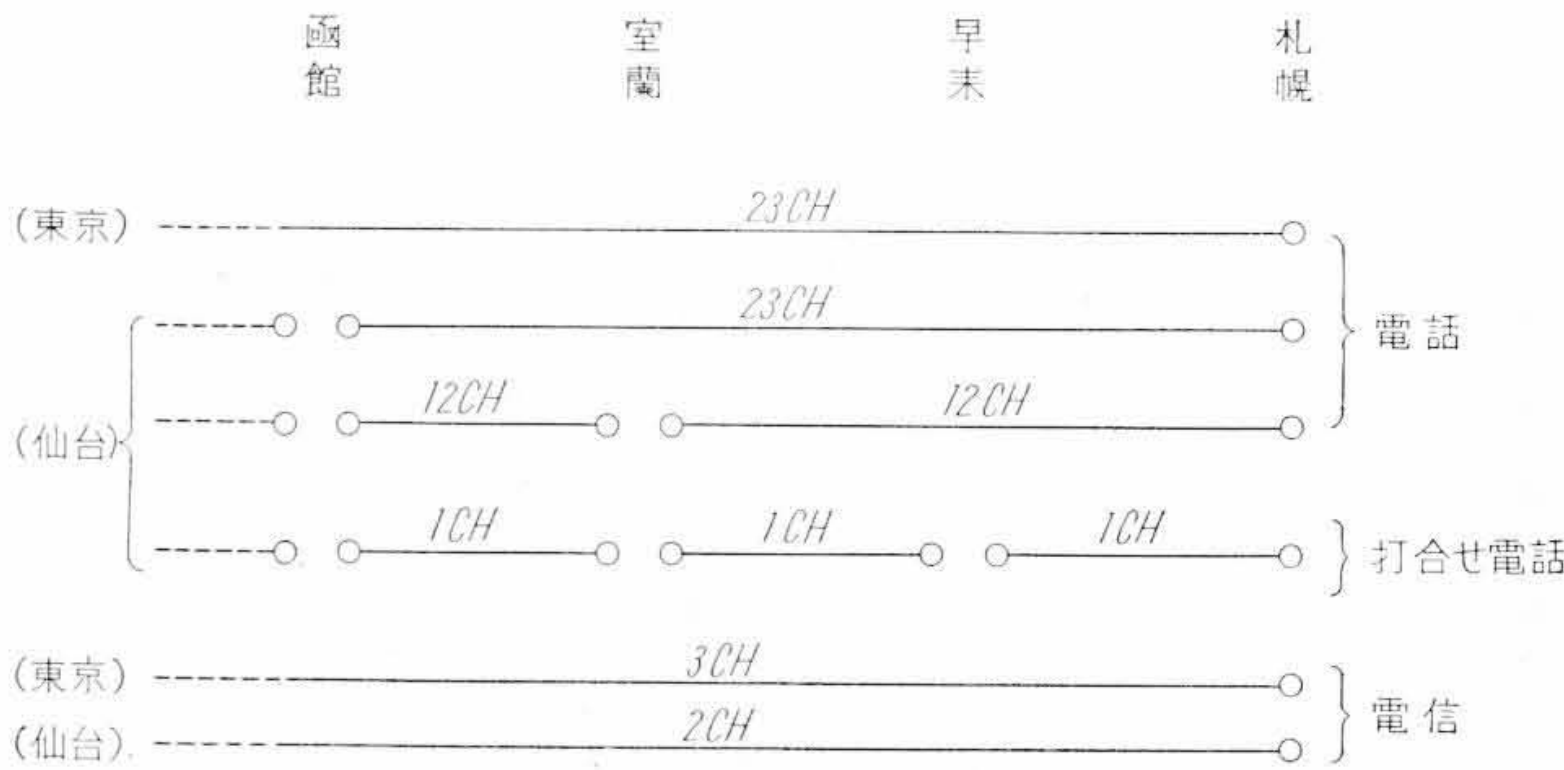
札幌—函館間は、早来および室蘭に中継および分岐そう入局を置き、無線装置は各局にてすべて変復調を行い、分岐そう入をする以外の通話路はすべてビデオ中継を行っている。

回線の構成は第1図のとおりであり、各局の端局装置にてこれらの変復調および分岐そう入を行っている。

無線送受信装置は国際電気株式会社にて製作され、電話端局装置、電信端局装置および中継端局装置(分岐そう入装置)は日立製作所で製作された。以下各部の概要を報告する。

* 日立製作所戸塚工場

** 国際電気株式会社



第1図 回線構成図

2. 無線送受信装置

2.1 概 要

昭和32年国鉄、桔梗(函館)—室蘭—早来—札幌間に PAM—FM 方式23通話路の多重端局装置およびマイクロ波送受信機が設置されたが、その後の所要回線数の増加に伴い、今回 SS—FM 方式 60 通話路、ルート予備方式に改修することとなった。ここにその改修した無線送受信機(XW-964 形極超短波送受信装置)について概説する。

2.2 XW-964 形極超短波送受信装置

2.2.1 用 途

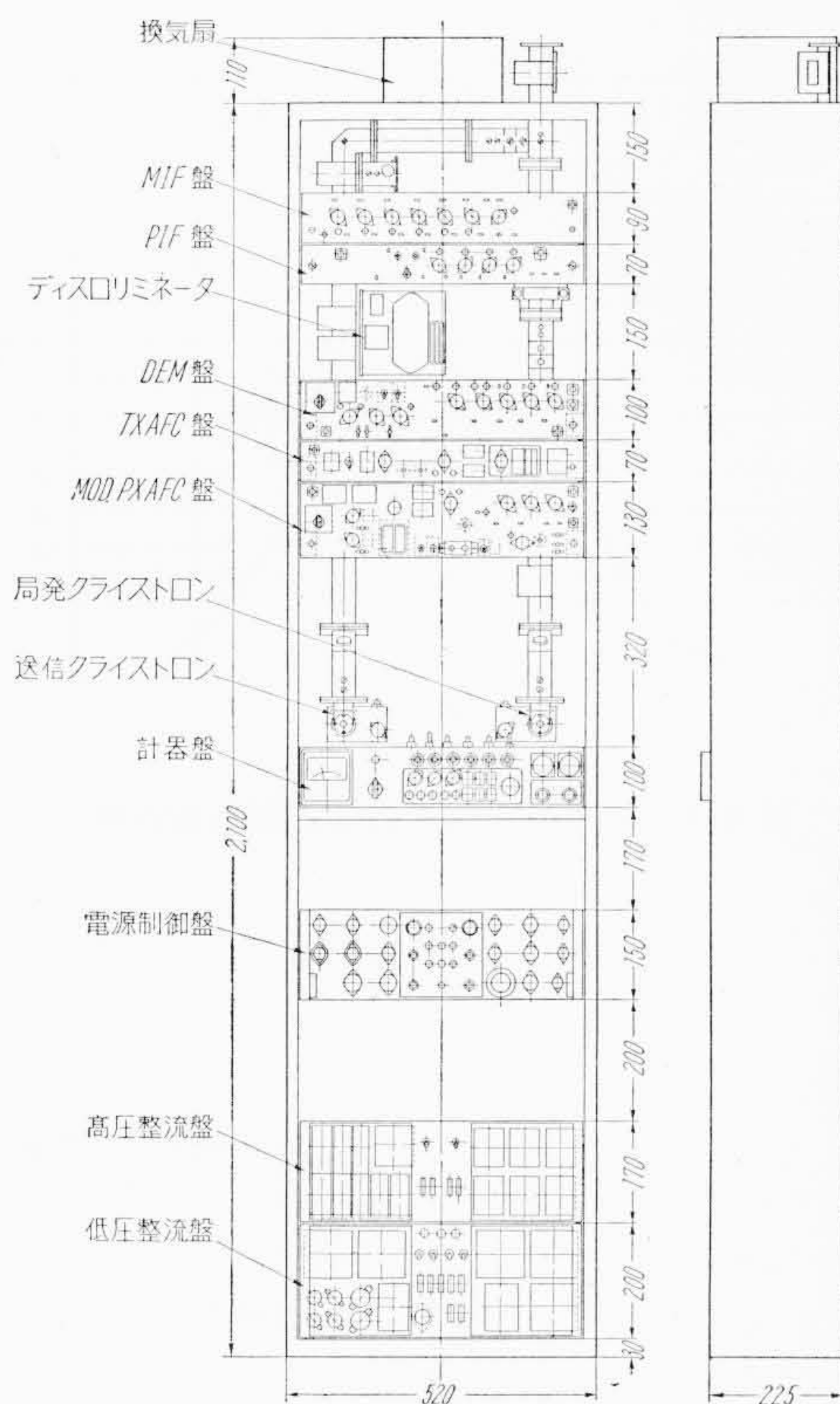
本装置は 7,500 Mc 帯を用いた固定用の多重通信用無線装置で、60通話路形多重端局装置と組合わせて60通話路の多重通信回線を構成することができる。

2.2.2 構 成

本装置の構成は第2, 3, 4図に示すとおりであって、第1表に示す各部より成っている。

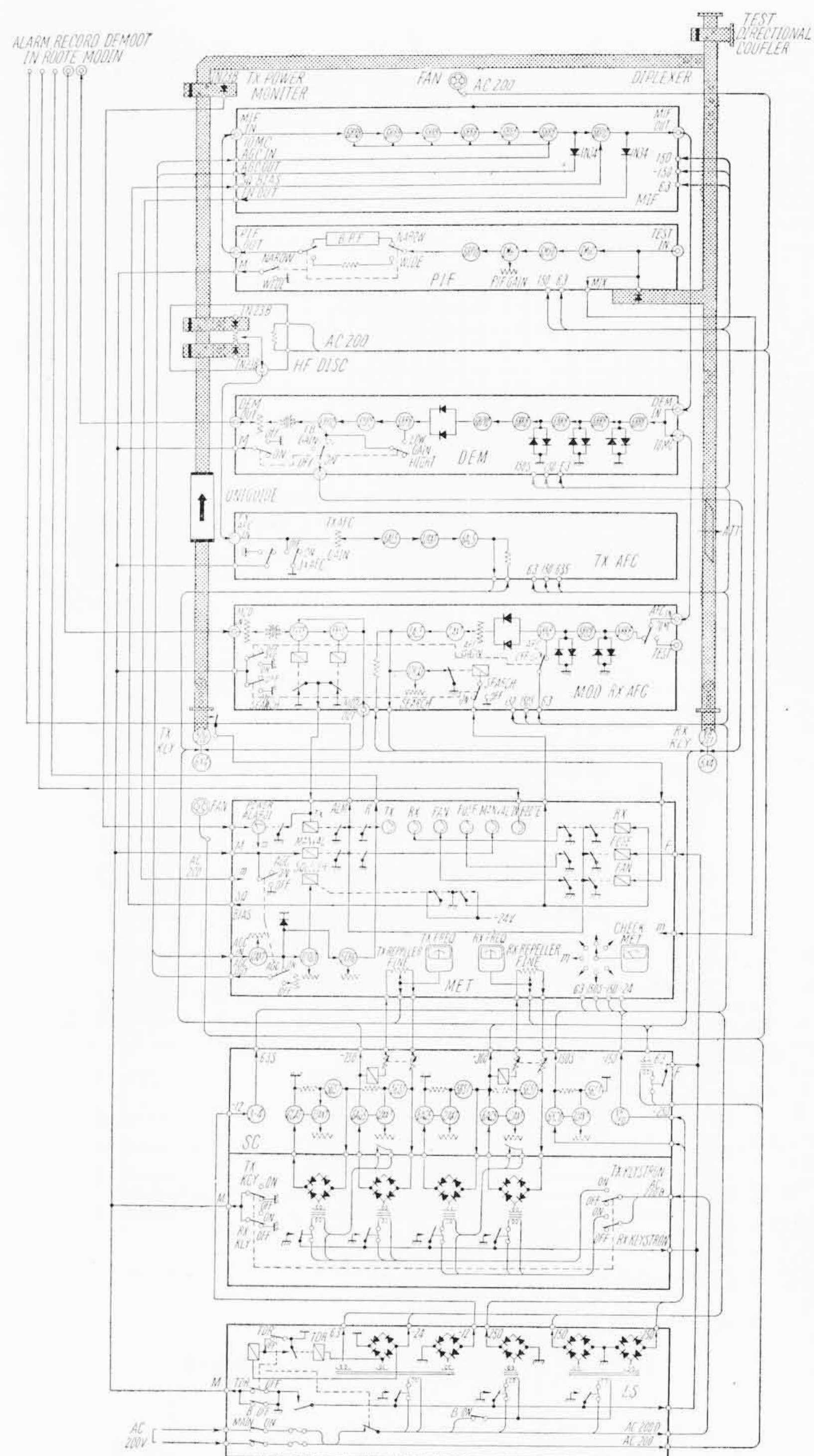
2.2.3 性能の仕様

(1) 送信周波数	7445, 7485, 7605, 7645 Mc
(2) 送信周波数安定度	3×10^{-4}
(3) 送信出力	クライストロン出力で 0.8W
(4) 変調方式	SS—FM 方式
(5) 電波形式	F—9
(6) 標準周波数偏移	150 kc/ch (r. m. s)



第2図 XW-964形無線送受信装置外形図

第1表 構					成
名 称					略 称
主 中 間 周 波 增 幅 盤					M I F
前 置 中 間 周 波 增 幅 盤					P I F
復 調 盤					DEM
送 信 A F C 盤					A F C
變 調 お よ び 受 信 A F C 盤					MOD
高 周 波 盤					K L Y
計 器 盤					M E T
電 源 制 御 盤					S C
高 圧 整 流 盤					H S
低 圧 整 流 盤					L S

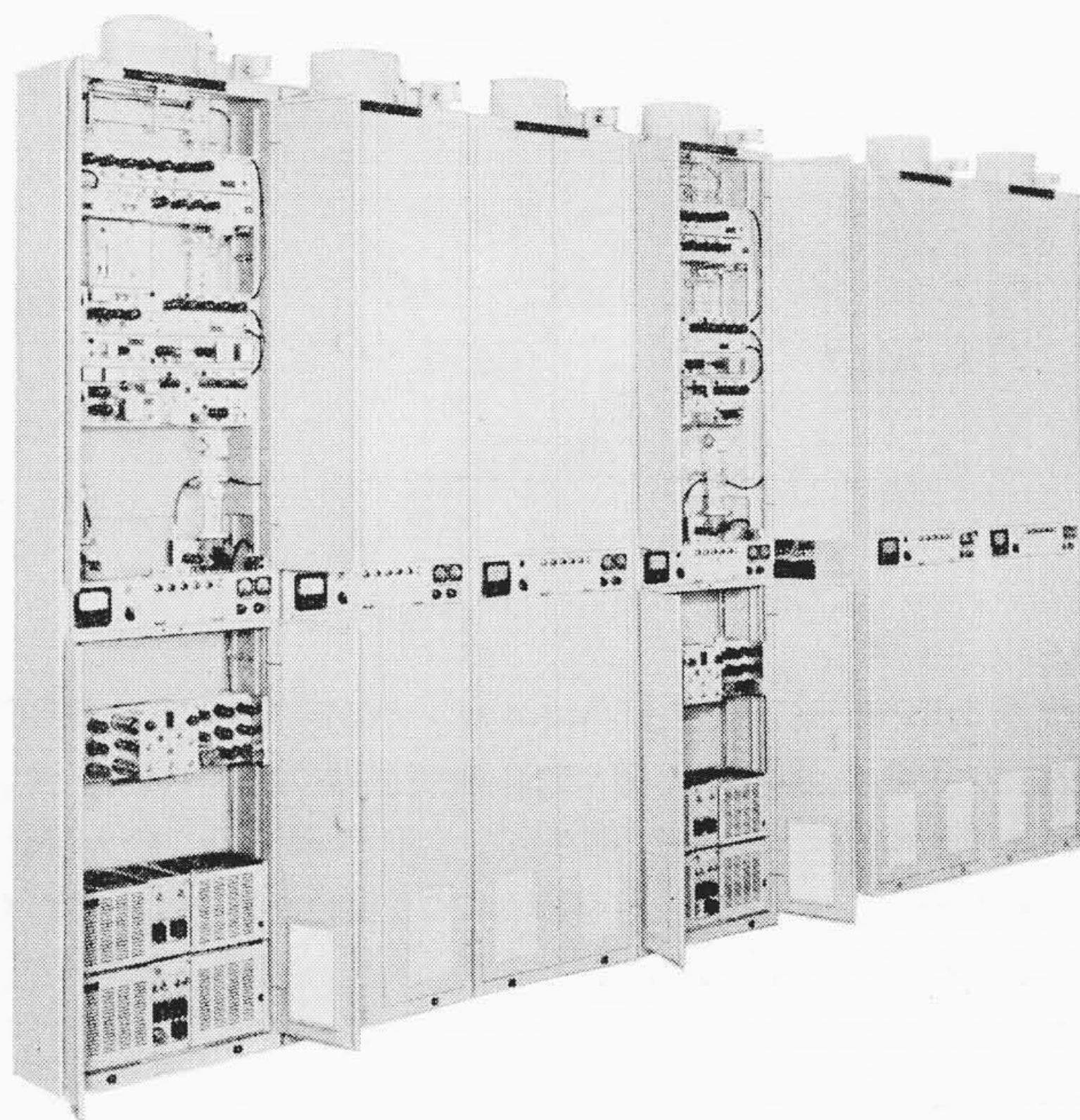


第3図 ブロックダイアグラム

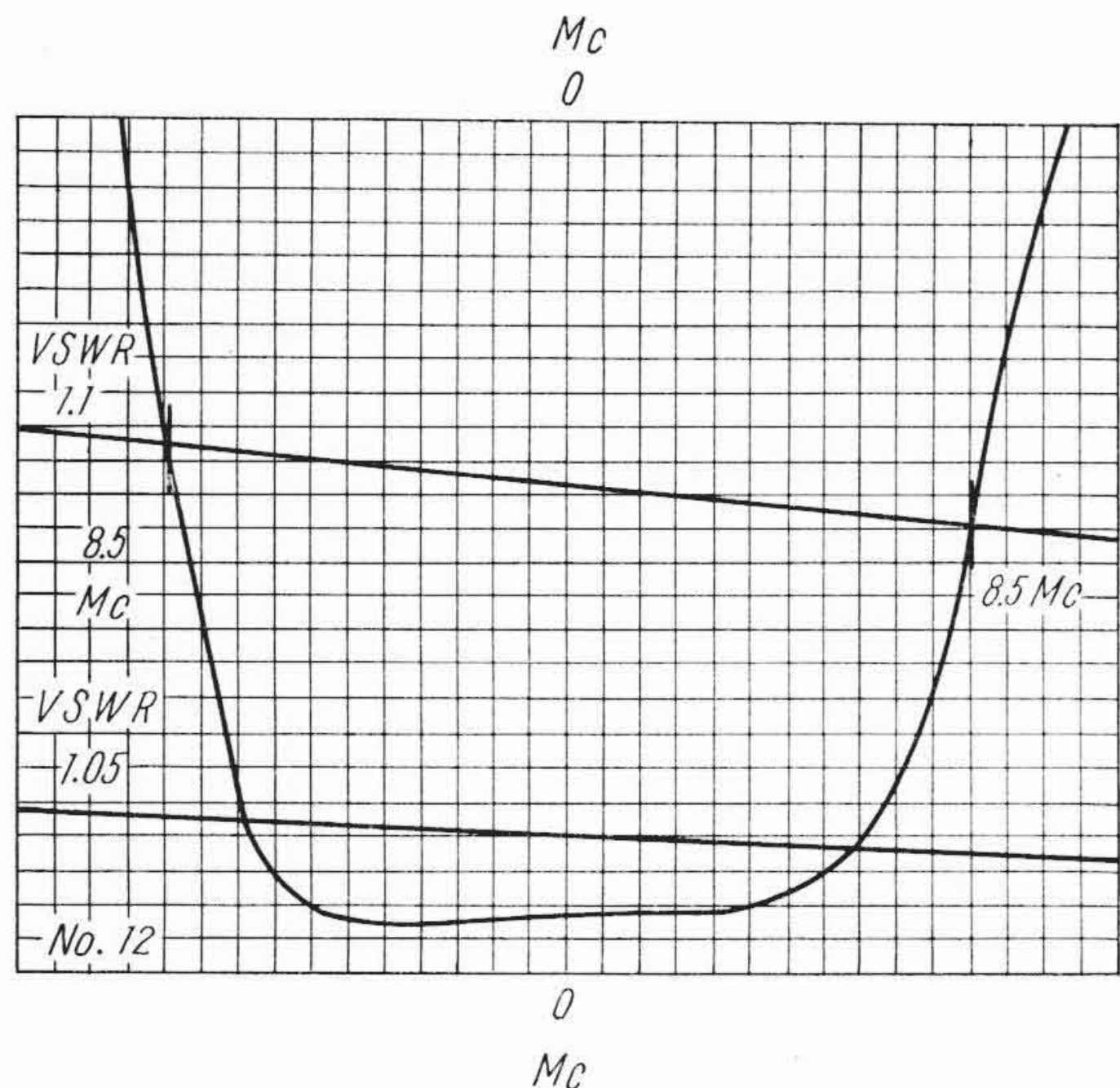
- | | | |
|------|----------------------|---------------------------|
| (7) | 伝送帯域幅 | 30~500 kc (1 dB 低下) |
| (8) | 変調入力 | -25dBm/ch |
| (9) | 受信周波数 | 7445, 7485, 7605, 7645 Mc |
| (10) | 受信局発周波数 | 7475, 7415, 7675, 7715 Mc |
| (11) | 中間周波数 | 70 Mc |
| (12) | 中間周波帯域幅 | 2.5 Mc (3 dB 低下の点で) |
| (13) | 雑音指数 | 14 dB 以下 |
| (14) | 中間周波利得 | 100 dB 以上 |
| (15) | 復調出力 | -15 dBm/ch |
| (16) | 周波数変調負饋還量 | 60 kc において 10 dB |
| (17) | 送受共用回路損失
(単向管を含む) | 送受各 1.5 dB 以内 |
| (18) | 送受信周波数間隔 | 160 Mc |
| (19) | 受信機側送信波抑圧度 | 65 dB 以上 |
| (20) | 変調器微分特性 | { ±1 Mc, 二次 2.8% |
| (21) | 復調器微分特性 | |
| | | 三次 1.4% |

2.2.4 性能のデータ(第5~14図)

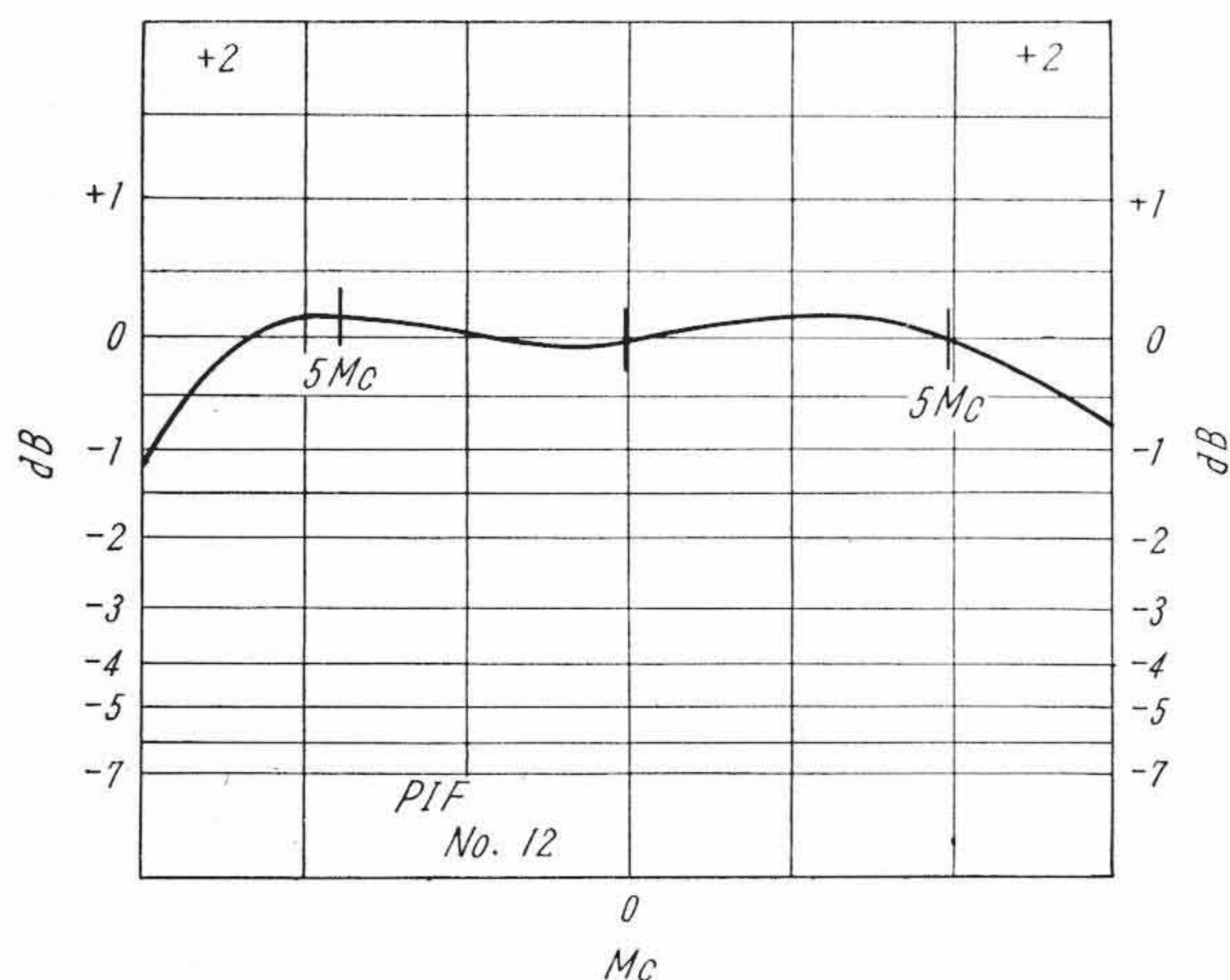
第5図は受信機入力インピーダンスを示す。VSWRは ± 8.5 Mcにて1.1以下となっている。第6,7図は中間周波増幅器盤の振幅特性を示す。第8図は狭帯域中間周波増幅器の特性で、これ



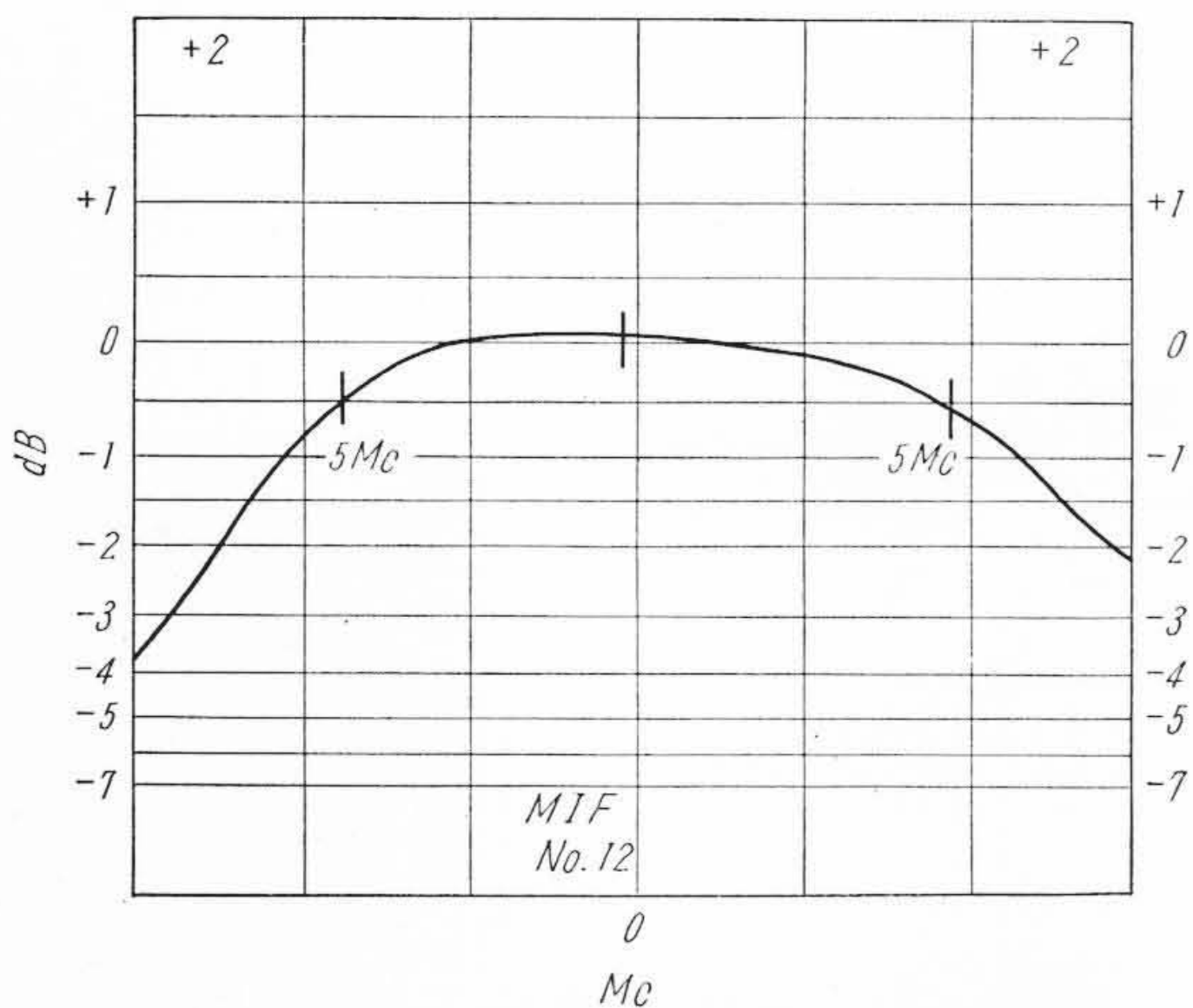
第4図 XW-964形極超短波送受信装置外觀



第 5 図 受信機入力インピーダンス



第 6 図 前置中間周波増幅盤振幅特性



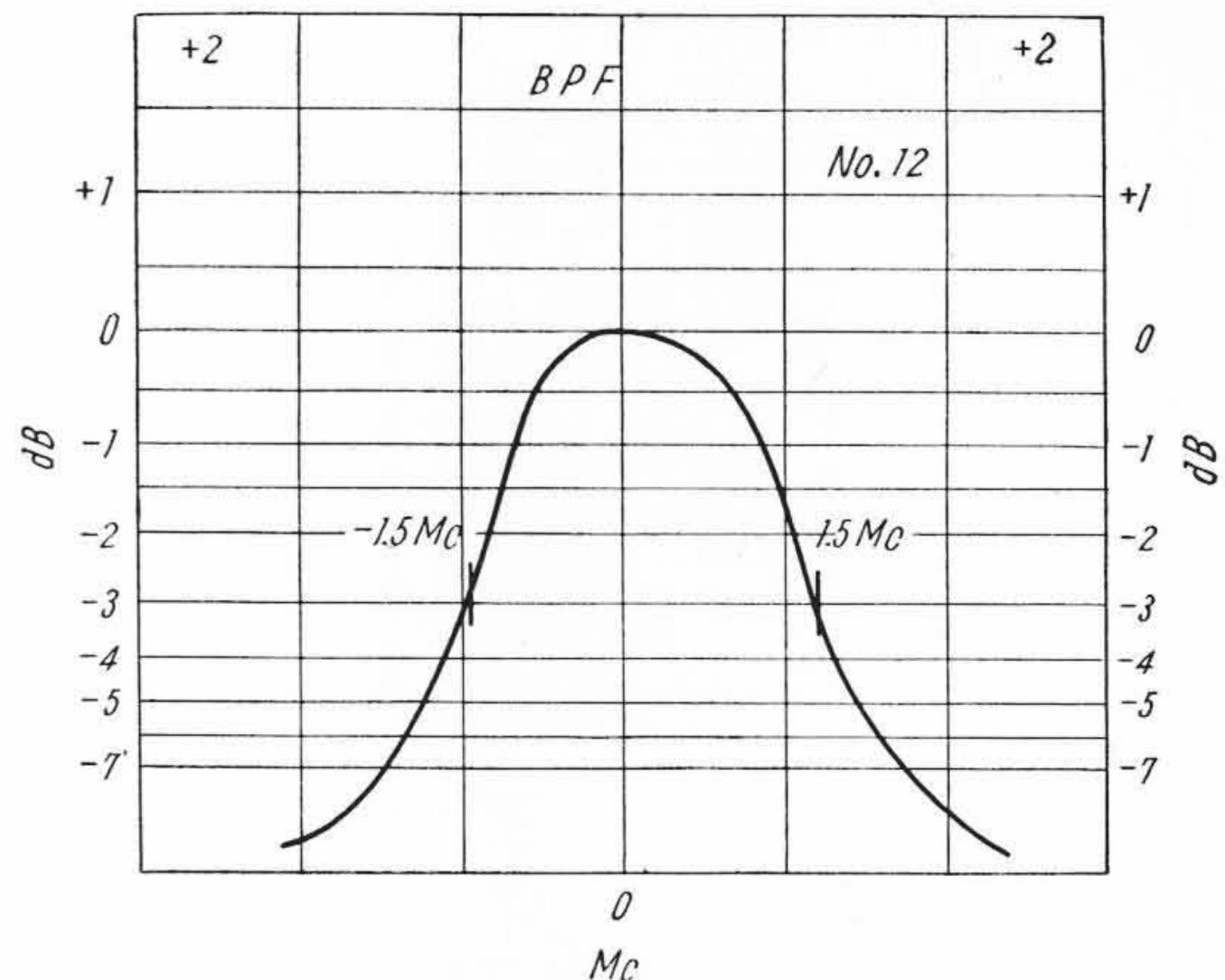
第 7 図 主中間周波増幅盤振幅特性

により 3 dB 低下点が約 $\pm 1.5 Mc$ となっている。第 9 図は AGC 圧縮特性を示す。第 10, 11 図は送信側、受信側の微分特性を示す。第 12, 13 図はビデオ周波数特性を示し、第 12 図の特性の $1.3 Mc$ 付近のピークはビデオ増幅器の特性により現われている。第 14 図に総合ひずみ率特性を示す。

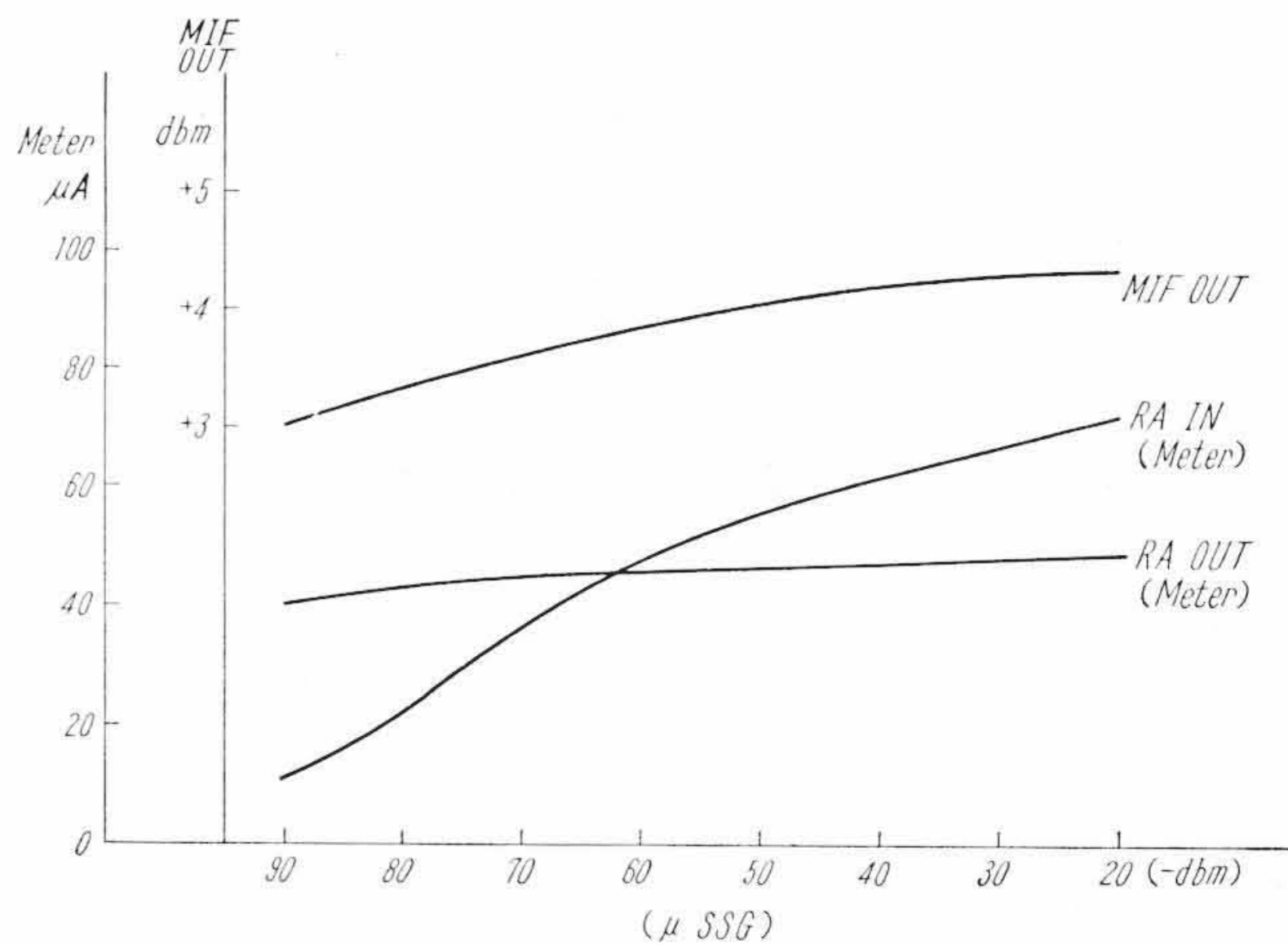
2.3 主要機能説明

2.3.1 送信回路

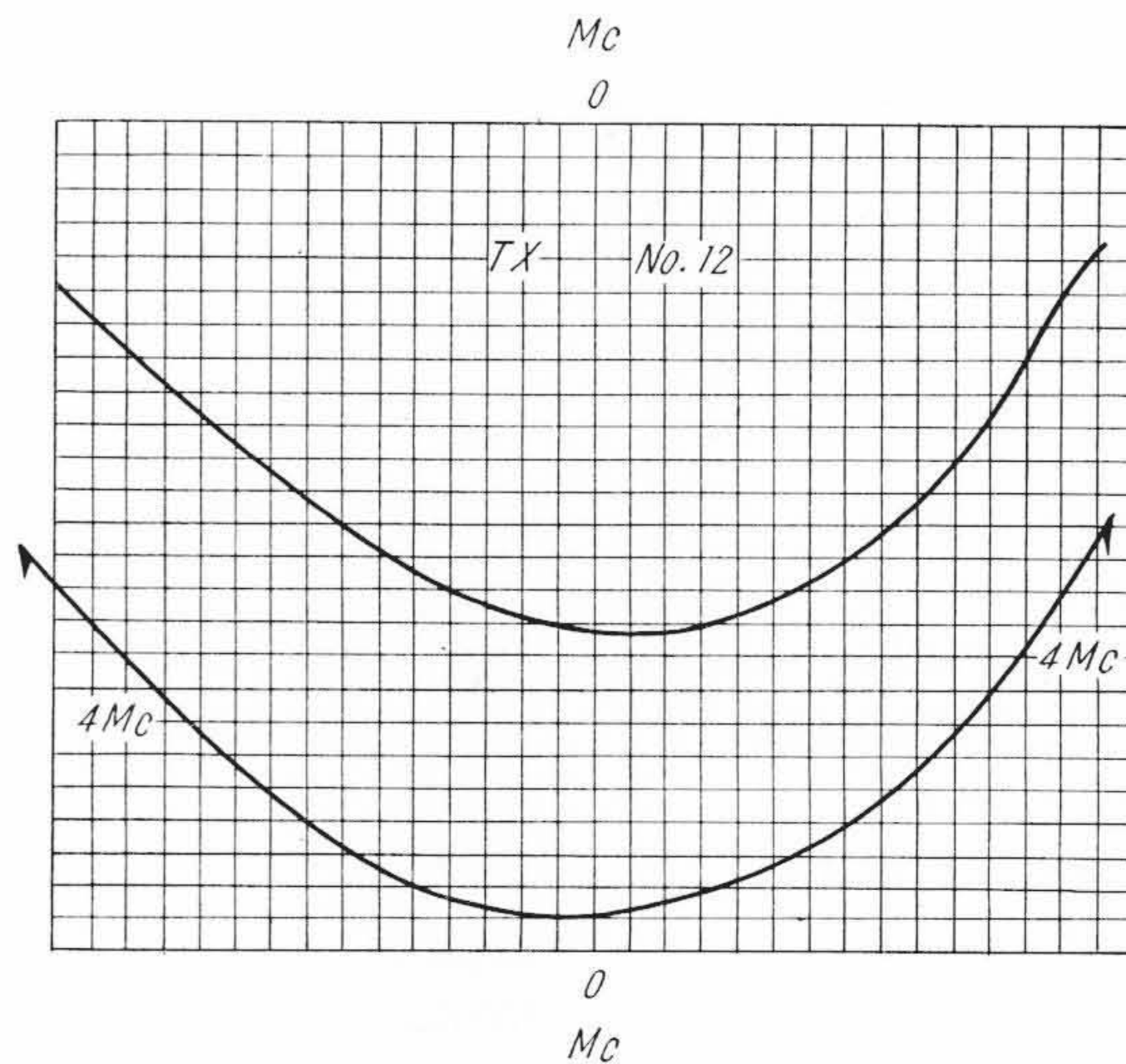
多重端局装置より信号は架上の端子を経て MOD 盤にはいる。



第 8 図 狭帯域中間周波増幅器振幅特性



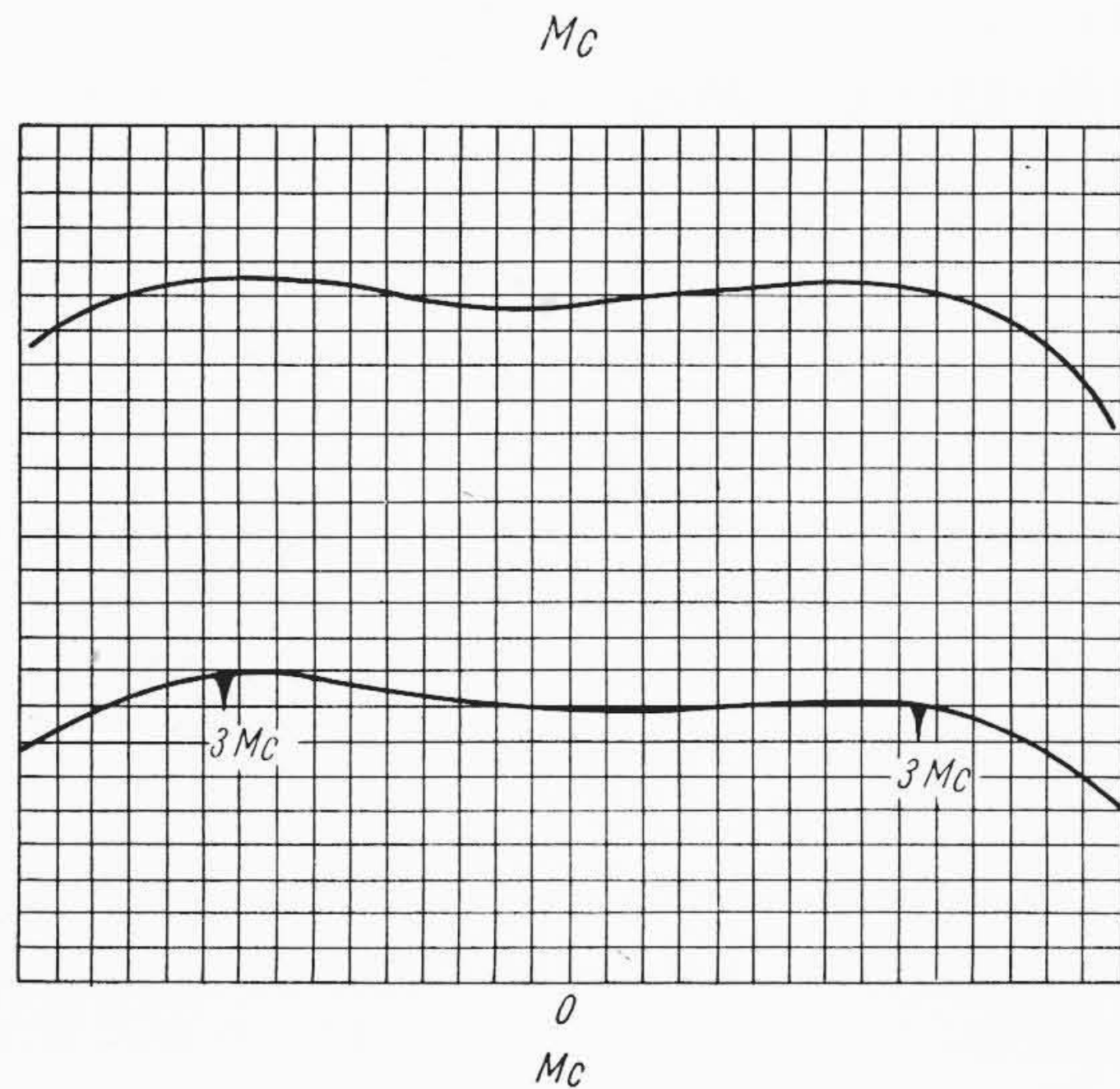
第 9 図 AGC 特性



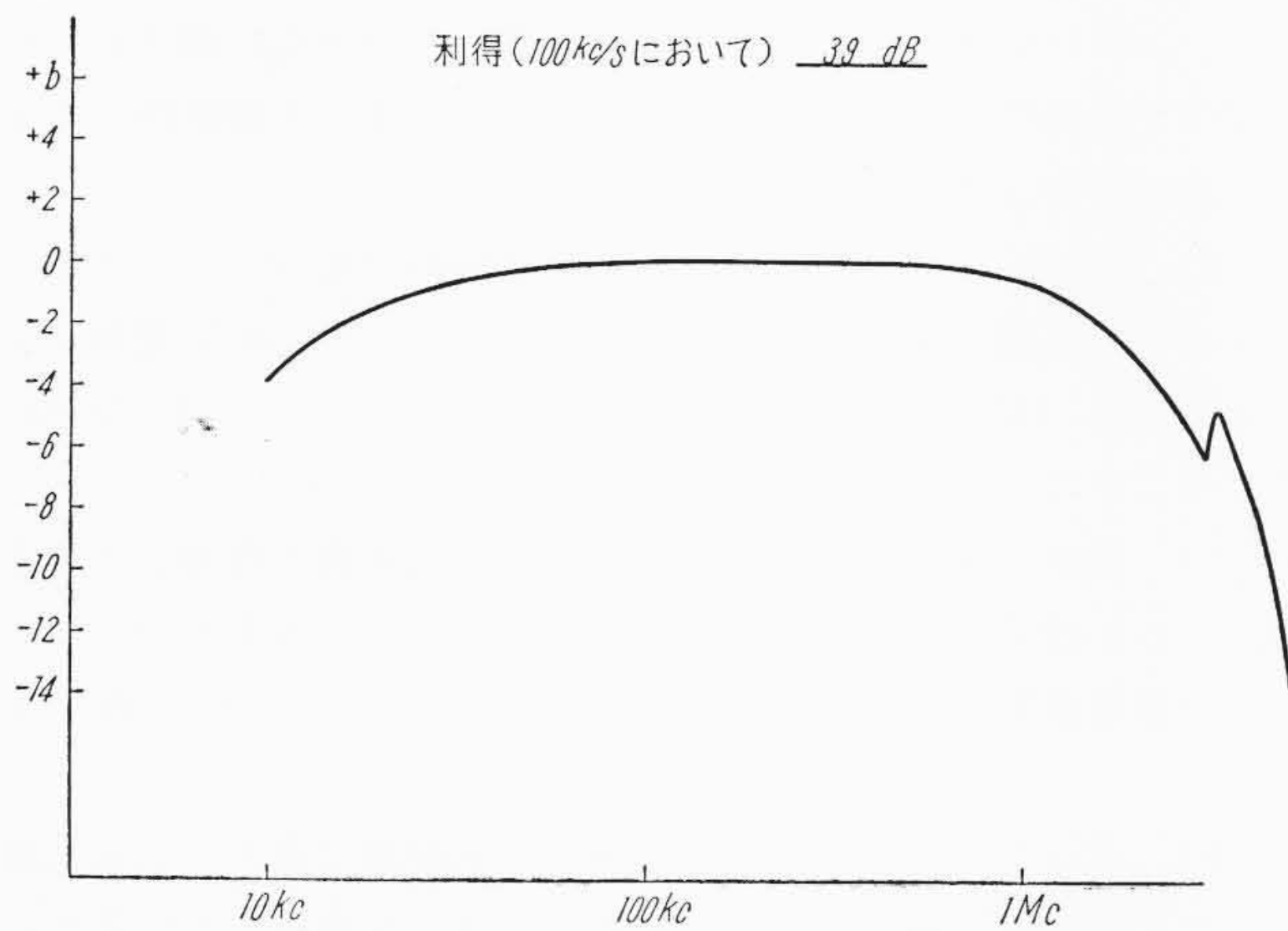
第 10 図 送信クライストロン微分特性

MOD 盤にはいった信号はレベルを調整し変調増幅器 (6RR8C, 6RD10) で増幅したのち、送信クライストロン VA 220 A のリペラ電極に加えられてこれを周波数変調する。周波数変調を受けた送信マイクロ波信号は単向管、送信周波数弁別器、送信出力モニタ、送受共用回路、試験用方向性結合器を経てアンテナへ送られる。

試験用方向性結合器は送信出力モニタの較正、受信機測定の際、信号発生器をそう入したり、またここに鉍石検波器マウントを装着し、送受信周波数の差である $160 Mc$ 信号を印加すれば自局折



第11図 復調整微分特性



第12図 変調整周波数特性

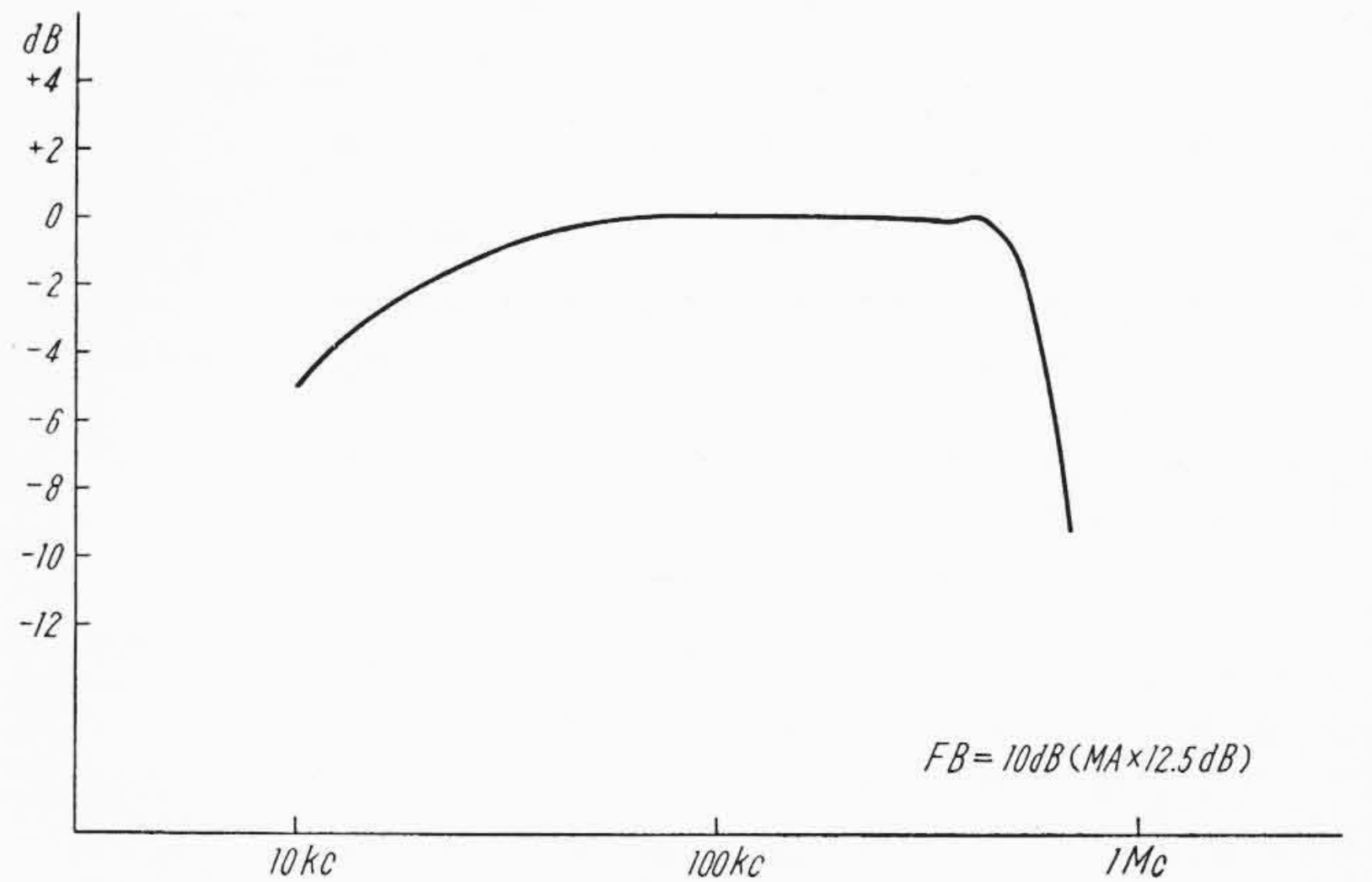
返し試験ができる。

2.3.2 受信回路

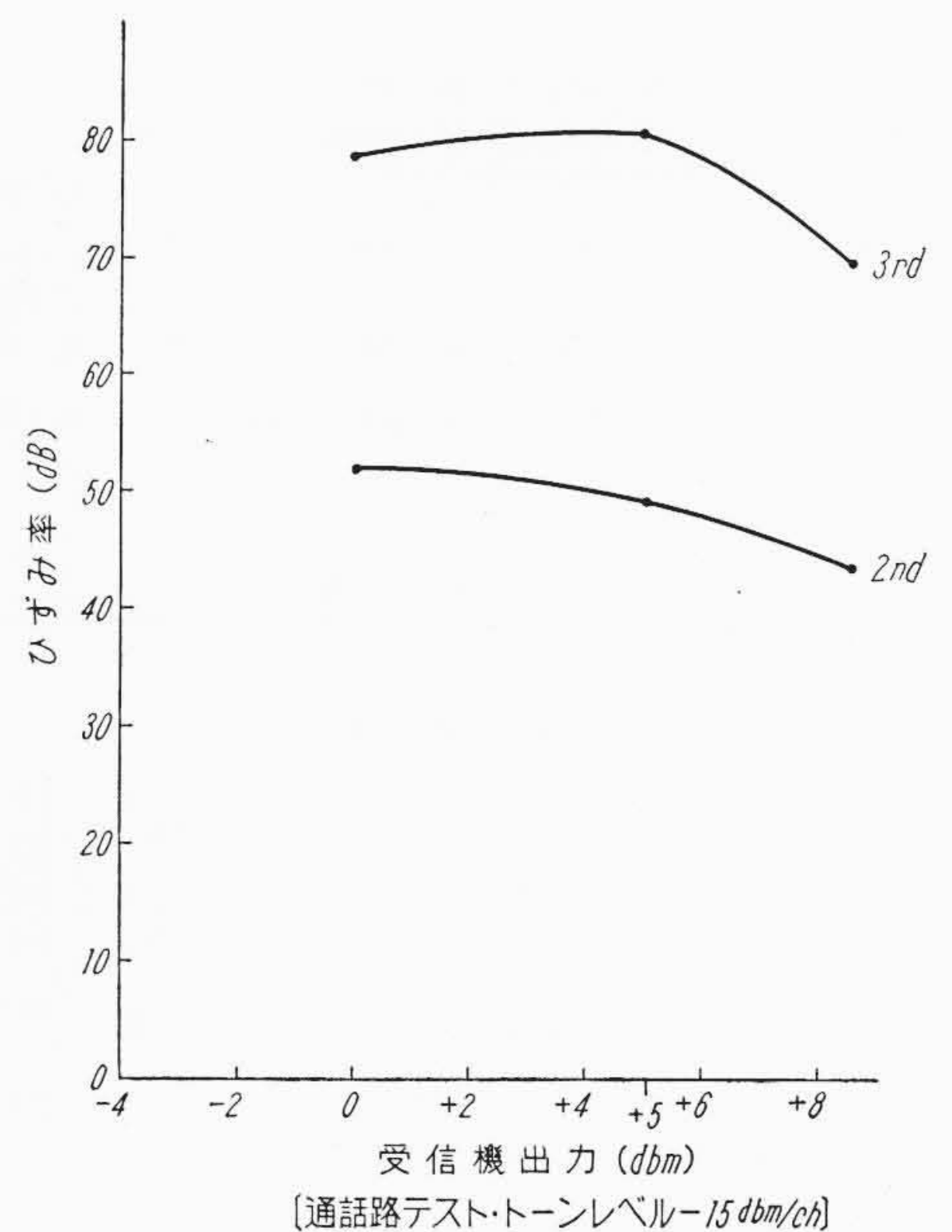
アンテナよりはいってきた受信マイクロ波信号は試験用方向性結合器、送受共用回路、受信ろ波器を通り受信周波数変換器(1N 23B)にはいる。なお、この周波数変換器には局部発振クライストロン V A 221 A (または B) の出力より可変減衰器、ろ波器を経て、受信波より 70 Mc 異なった波がはいってくる。この周波数変換器ででてきた 70 Mc の中間周波信号は PIF 盤で増幅されてから MIF 盤にはいる。MIF 盤で十分増幅された中間周波信号は AGC により入力電界の 30 dB の変動を $+4 \text{ dBm} \pm 1 \text{ dB}$ におさえられ、DEM 盤と MOD 盤(受信 AFC を包含している)にはいる。DEM 盤では振幅制限器 3 段で十分に振幅変調分を除かれ周波数弁別器で復調されてビデオ信号となる。さらにビデオ増幅器を経て架上端子より多重端局装置に送られる。

ビデオ増幅器の出力側からビデオ信号の一部を取り出し局部発振クライストロンのリペラ電圧に加えて周波数変調をかける。その極性が受信波の周波数偏移を追いかけるようになっているので中間周波以降における周波数偏移は受信波のそれよりも減少する。これによって中間周波増幅器の帯域幅を狭くすることができ、かつ中間周波増幅器、周波数弁別器ビデオ増幅器によるひずみを改善することができる。

以上の結果、本装置の中間周波増幅器の帯域幅は約 2.5 Mc とい



第13図 総合周波数特性



第14図 総合ひずみ率特性

う狭いものになっているので十分良好な AFC 回路を必要とする。通話路信号の周波数弁別器は直線性、周波数特性に重点をおかなければならないので中心周波数と弁別感度を主とする AFC 用の周波数弁別器とは共用することは無理があるので、通話路信号用の弁別器は DEM 盤に、受信 AFC 用弁別器は MOD 盤に収容してある。

2.3.3 監視制御回路

(1) 送信監視回路

送信クライストロンからアンテナへゆく途中の送信出力モニターで送信出力の一部を検波し MET 盤のメータリレーを振らせる。送信出力が減少するとこの接点が閉じ送信故障ランプが点灯し送信故障を報ずる。また、MOD 盤の変調増幅器の故障は陽極電流をリレーによって監視する方式とし、変調増幅器真空管の故障も送信機故障として報告するようにしてある。

(2) 受信監視回路

受信端局装置におけるパイロット信号の検出結果をもって受信機の故障検出に代える。ただし中間段階の故障検出のため AGC の出力をさらに増幅しスケルチリレーを動作させ、MIF 盤以前の故障をこれで検出し受信機故障のランプを点灯し受信機故障を知らせる。

(3) 自動周波数制御回路(AFC)

第2表 熱雑音回線設計

周波数 7,500 Mc, 波長 4 cm

回線名称	桔梗—室蘭	室蘭—早来	早来—札幌	備考
区間距離	60.5 km	84.5 km	69.5 km	
自由空間損失	145.5 dB	148.5 dB	146.5 dB	
アンテナ利得	88. dB	88. dB	88. dB	パラボラ径3m
フィーダ損失	2. dB	2. dB	3. dB	
送受共用回路損失	3. dB	3. dB	3. dB	
無き電中継損失	22. dB	—	22. dB	
スパン損失	84.5 dB	65.5 dB	86.5 dB	
中間周波帯域幅	2.5 Mc	2.5 Mc	2.5 Mc	
熱雑音レベル	-110. dBm	-110. dBm	-110. dBm	
雑音指数	14. dB	14. dB	14. dB	
入力雑音レベル	-96. dBm	-96. dBm	-96. dBm	
限界入力レベル	-87. dBm	-87. dBm	-87. dBm	
送信管出力	+28.5 dBm	+28.5 dBm	+28.5 dBm	0.7W
標準受信入力	-56. dBm	-37. dBm	-58. dB	
ドロップアウトマージン	31. dB	50. dB	29. dB	
フェーディング	26. dB	45. dB	21. dB	
受信最低入力	-82. dBm	-82. dBm	-79. dBm	
S/N 改善度	25. dB	25. dB	25. dB	$\Delta f = 150 \text{ kc/ch}$ (r.m.s.) $f_B = 3 \text{ kc}$ $f_s = 252 \text{ kc}$
常時 S/N	65. dB	84. dB	63. dB	無評価値
常時雑音量	400. pW	4. pW	500. pW	無評価値

第3表 雑音配分

雑音 5210 無評価値 52.8	端局 1,060 pW				
	無線 2950	熱雑音 904 pW (熱雑音回線設計より)			
		標準漏話 2046	非直線 2016 (3区間)	変調器 336 復調器 336	2nδ 256 pW
					3rδ 80 pW
			遅延 30 (3区間)	1対向 10	2nδ 10 pW 3rδ 0.1 以下
	干渉 1,200 pW				

(1) 微分特性

変復調器おのおの 2nδ: ±1 Mc 2.8%
3rδ: ±1 Mc 1.4%

(2) 遅延ひずみ

一対向 2nδ: ±1 Mc 12 mμs
3rδ: ±1 Mc 8 mμs

なお、遅延ひずみ算出に当っては受信機のFM負き量が 150 dBであるものとした。また導波管系で発生する遅延ひずみはきわめて少ないのでIF系のみを考慮した。微分特性が変復調器とも同じで復調の場合にFM負き遅の影響が入っていない理由は、FM負き遅によって、弁別器のほうはよくなるがローカルクリストロンのひずみはそのままだといってくるので送信の場合と同じことになるからである。

(a) 送信 AFC

送信用周波数弁別器の直流出力は AFC 盤にはいる。AFC 盤ではこれをチョッパ(6 AL 5)で交流化し増幅(12 AX 7)のち、位相検波(6 AL 5)してその直流出力を送信クライストロンのリペラ電圧に加える。その極性は送信周波数が弁別器中心に向うように決めてある。

(b) 受信 AFC

MIF 盤の中間周波出力は前述のとおり DEM 盤と MOD 盤(受信 AFC 回路を包含)に分割されるが MOD 盤の受信 AFC 回路にはいった中間周波信号は2段の振幅制限器で振幅変調分を除かれ周波数弁別器にはいる。この増幅段は電源周波数(50サイクルまたは60サイクル)で断続されるので中間周波信号の周波数平均が弁別器中心の上下いずれにあるかによって極性の異なる 50 c/s または 60 c/s の矩形波が得られる。これを増幅、位相検波し受信クライストロンのリペラ電圧に加えて送信 AFC と同様に周波数制御が行われる。

また、受信波がなくなった場合はスケルチリレーによりサーチ発振器(12 RLL 3)を発振させ、受信クライストロンのリペラ電圧を 0.1~0.2 秒の周期で変化させ、受信局発周波数を中心周波数の上下に掃引し先方局の復旧まで掃引を続ける。先方局が復旧すればスケルチリレーが動作するのでこの動作をやめ正常の AFC 状態にはいる。

(4) 自動利得調整回路(AGC)

MIF 盤の出力段の1段前に検波器(1N 34)が設けられており、その出力を MET 盤に導き、増幅後カソードフォロアを通してふたたび MIF 盤にもどし、MIF 盤の各段のグリッド回路に加えられて MIF の利得を調整し、中間周波出力を常に一定に保つように動作させる。この AGC 電圧は受信入力レベルと対応するので、これによって間接に入力電界強度を知ることができる。したがって AGC 電圧をさらに増幅して連続記録計にそう入すれば、入力電界強度の連続記録ができるようになっている。またこの AGC 電圧を直流増幅してリレーを動作させスケルチ動作をさせている。

(5) その他の監視回路

(a) 手動操作中、各パネルには多くの手動用スイッチがあるので、これらのスイッチが正規動作と異なった方向に倒されている間は手動操作中のランプが点灯し、これにより正規動作へのもどし忘れを防止する。

(b) 各ヒューズは送風機関係を除き熔断の場合ヒューズ断ランプが点灯し表示する。ただし、主ヒューズ、DC 24 V 電源ヒューズの断は DC 24 V 電源を電池などでフローティングしなければ表示できない。

(c) 送信クライストロン VA 220 A は送風機で冷却しているが、これが故障するとクライストロンの温度が上昇するのでこれにより温度継電器を動作させファン故障ランプを点灯し表示する。

(d) ルート予備方式で使用の場合、無線機は両ルートとも動作しているので、無線機では端局側でいずれを使用しているかわからない不便があるので、端局より使用中のルートにはいる無線機に使用中ランプを点灯、表示する。

2.3.4 電源回路

(1) 低圧整流盤(LS)

継電器電源としての DC 24V: 一般用ヒータとしての 6.3V: AFC 回路ヒータ用 DC 12 V: 一般用 B 電源としての DC 150 V: 定電圧 DC 150 V, -150 V 用として各 250 V, -250 V: DC 24V, ヒータ用 6.3 V 以外は約3分の時限リレーで投入をおくらせてある。

前記 250 V, -250 V, DC 12 V は SC 盤の定電圧回路を通り、所要の盤に供給される。

(2) 高圧整流盤(HS)

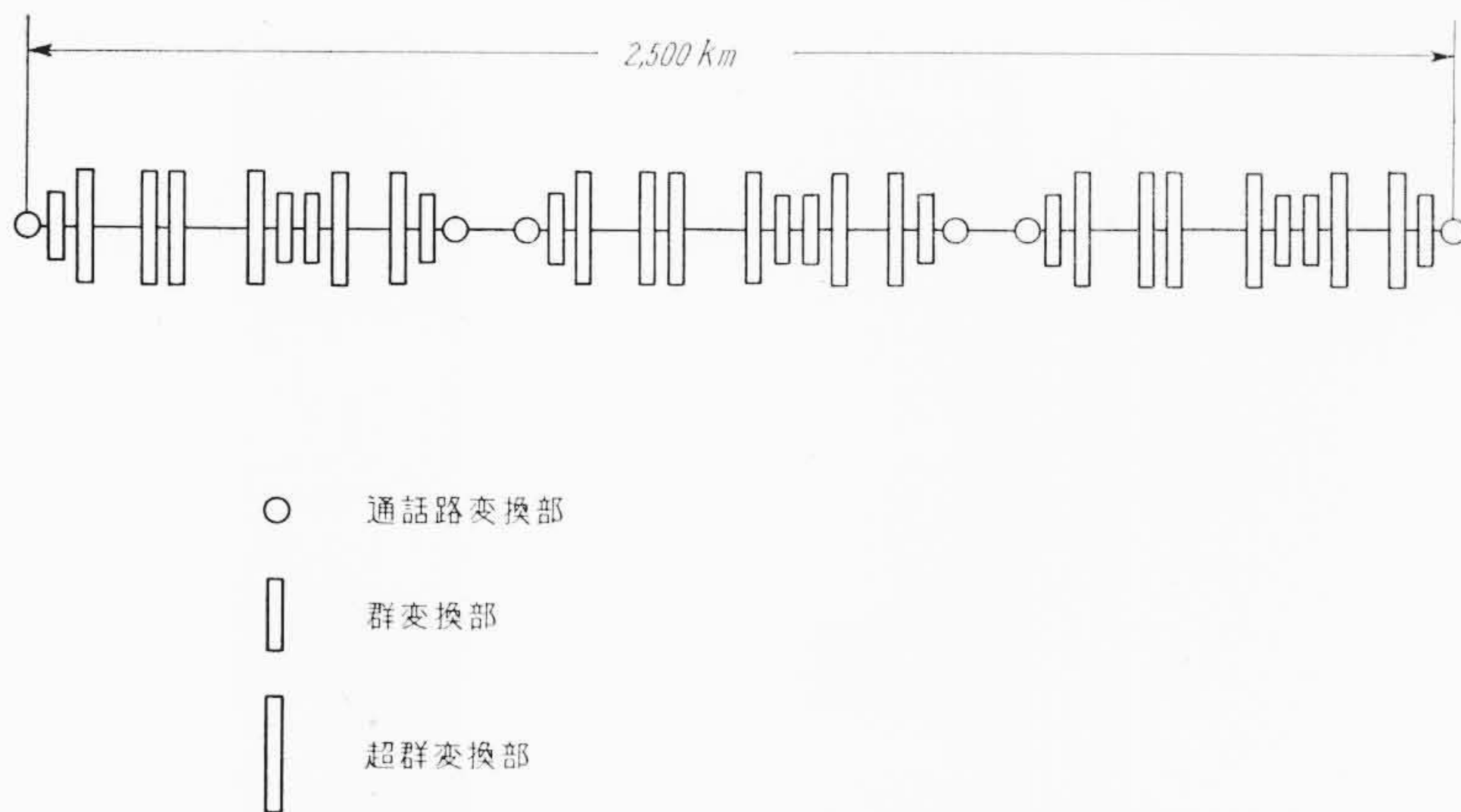
送信クライストロンビーム電源用 750V, リペラ電源用 -450 V: 受信クライストロンビーム電源用 300 V, リペラ電源用 -300 V: の各種電源を収容している。これらの電源はそれぞれヒータ点灯後約3分おくらせて発動するようになっている。またこれらの電源はすべて SC 盤の定電圧回路を通り所要の場所へ供給される。

(3) 電源制御盤(SC)

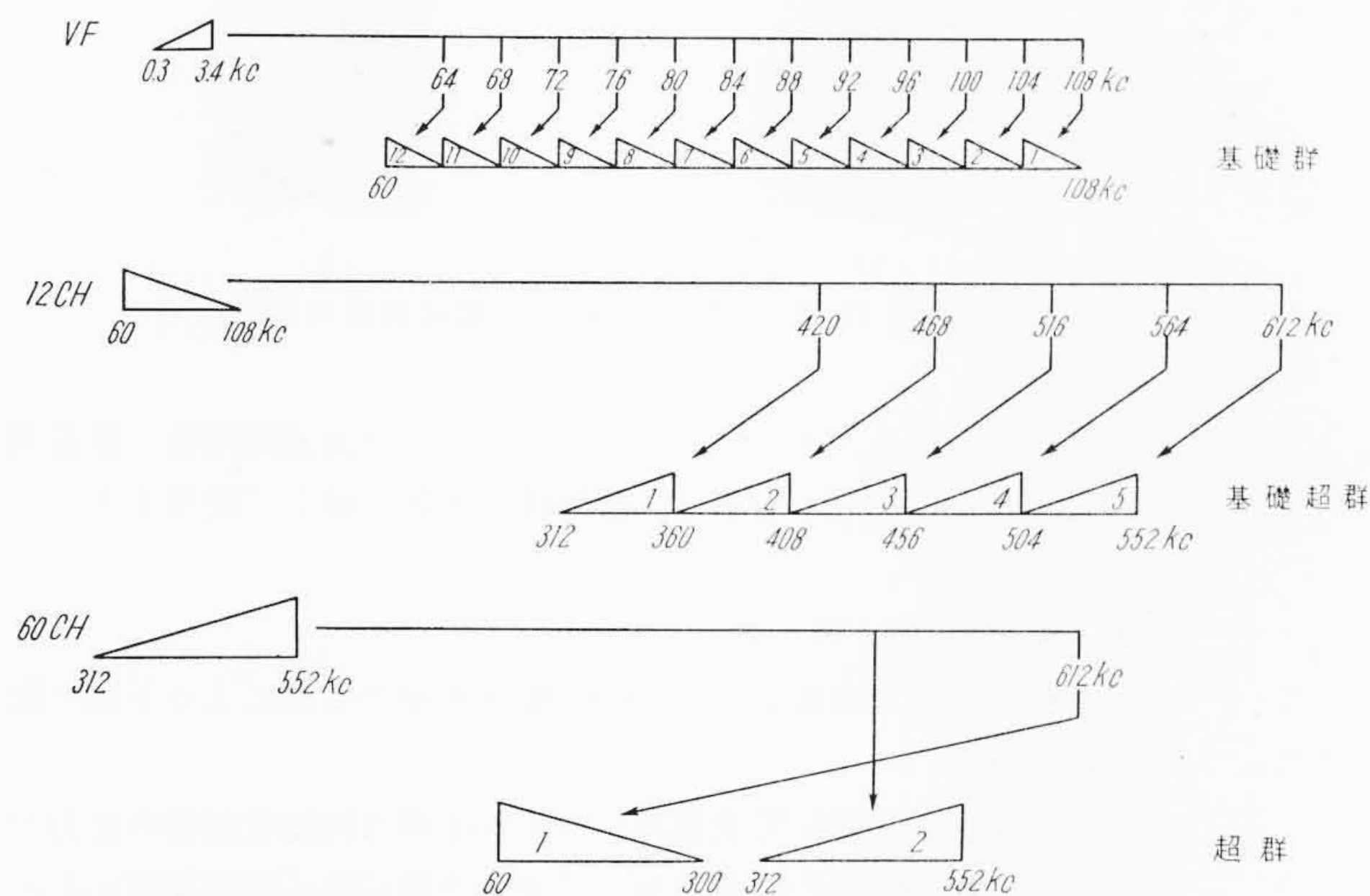
上記各盤の定電圧回路全部と AFC 回路ヒータ用定電流回路、およびクライストロン用ヒータ 6.3 V を収容し各電圧の調整を行う。なお、クライストロンは送受ともにビーム接地を用いているのでリペラはそれぞれ -1,200 V, -600 V の高圧となっている。

2.4 桔梗—札幌回線諸元

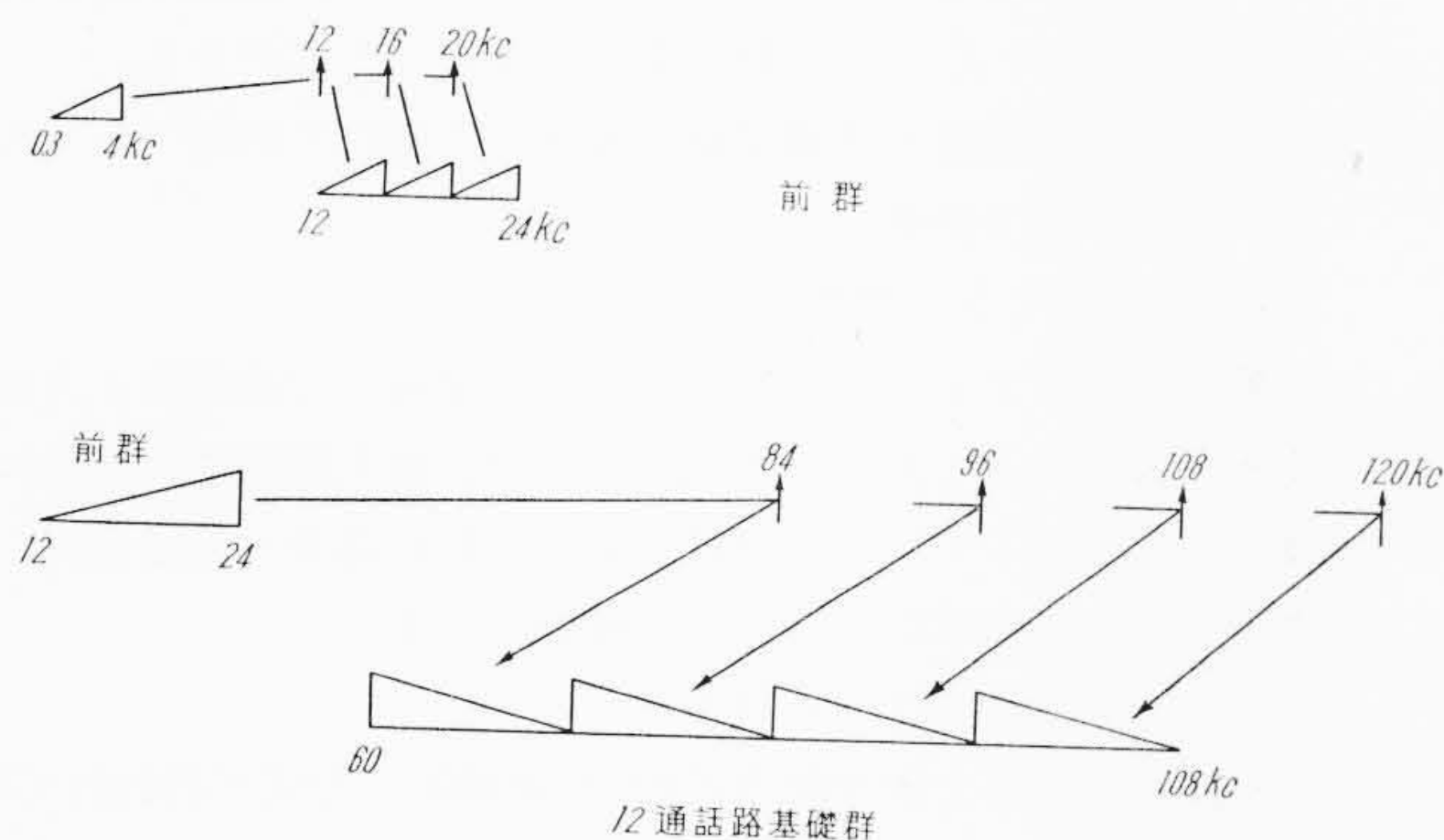
以上、無線送受信装置の概要を述べたが、最後に桔梗—札幌間の区間距離、アンテナの大きさ、そのほか諸元、および雑音配分など、本装置がどのようなところに使われているかを第2,3表に



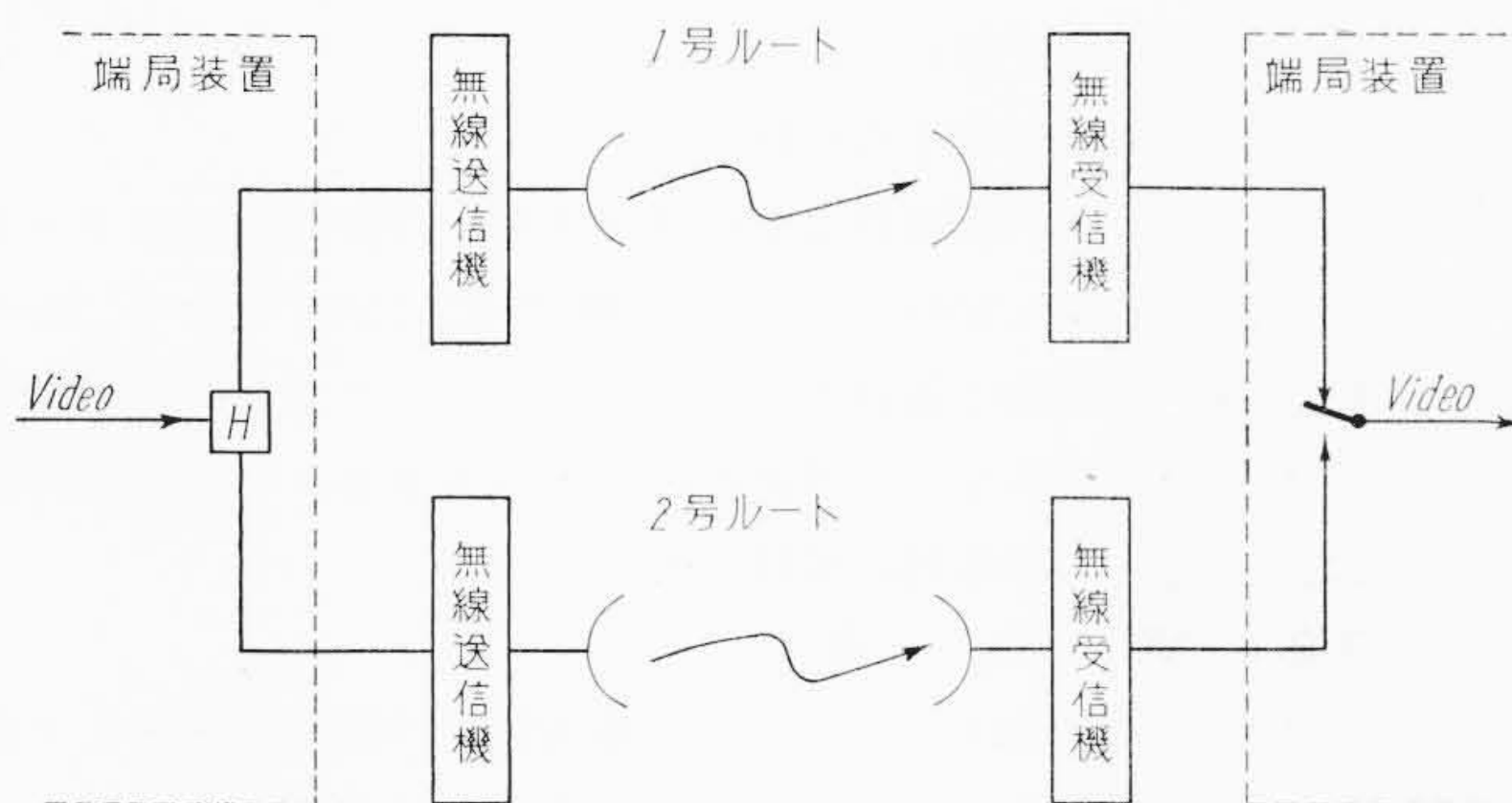
第15図 CCITT 同軸擬似回線



第16図 120 通話路周波数配列図



第17図 V x 3 x 4 方式基礎群周波数構成図



第18図 ルート予備方式図

第4表 雑音配分

回線総合雑音 (10,000 pW)	線路(無線回線).....	7,500 pW
	端局装置 (2,500 pW) {	
	通話路変換部 (330 pW x 3).....	990 pW
	群変換部 (100 pW x 6).....	600 pW
	超群変換部 (100 pW x 9).....	900 pW
	合計	9,990 pW

その概略を示す。室蘭一早来間は長距離の海上伝搬であるため、夏季におけるフェーディングは40~50dBに達するので、2.3.2に述べたようにFM負帰還を施して受信帯域幅の縮小をはかり、ドロップアウトマージンを増大せしめるようにしてある。

3. 搬送電話端局装置および中継装置

3.1 概要

日立製作所ではトランジスタ搬送装置の製造は昭和29年以來行っていたが、搬送用トランジスタの開発と相まって、昭和34年始めにわが国最初の60通話路オールトランジスタ形試作機を完成し、種々試験の結果、最高300通話路までのトランジスタ化の可能性が確認された。また、通話路変換用のろ波器は搬送用メカニカルフィルタが使用され、装置の小形化に役立っている。

今回製作された装置は上記の各種データを基にしたもので最大容量通話路を有するものである。

3.2 方式および構造

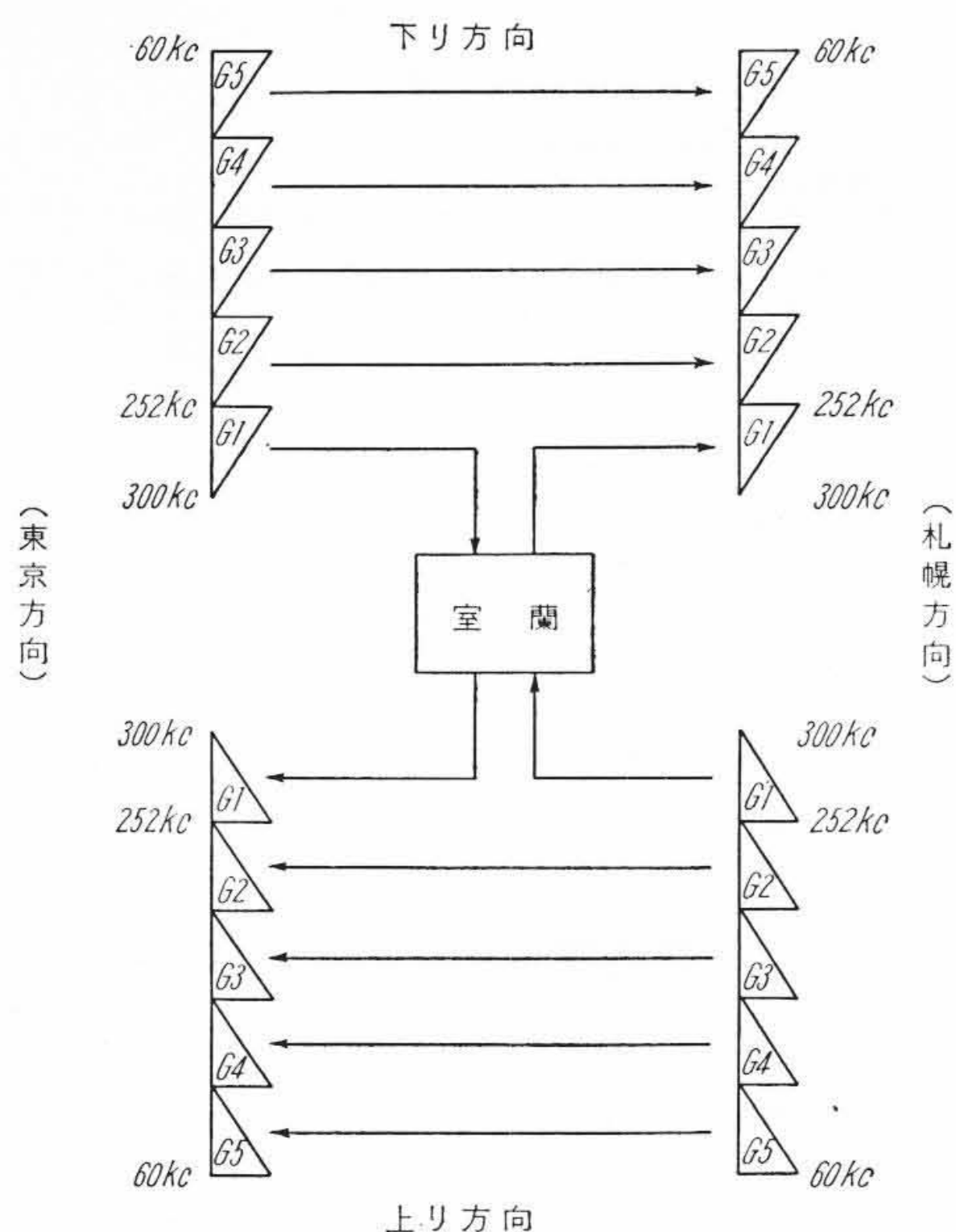
3.2.1 雑音配分

CCIR (Comité Consultatif International des Radio Communications 国際無線諮問委員会) は CCITT の同軸回線に対する検討結果に従って第15図の擬似回線に対して 10,000 pW の雑音を割当て、そのうち 3/4 を無線回線に、残り1/4を変換部に割当てることを勧告している。

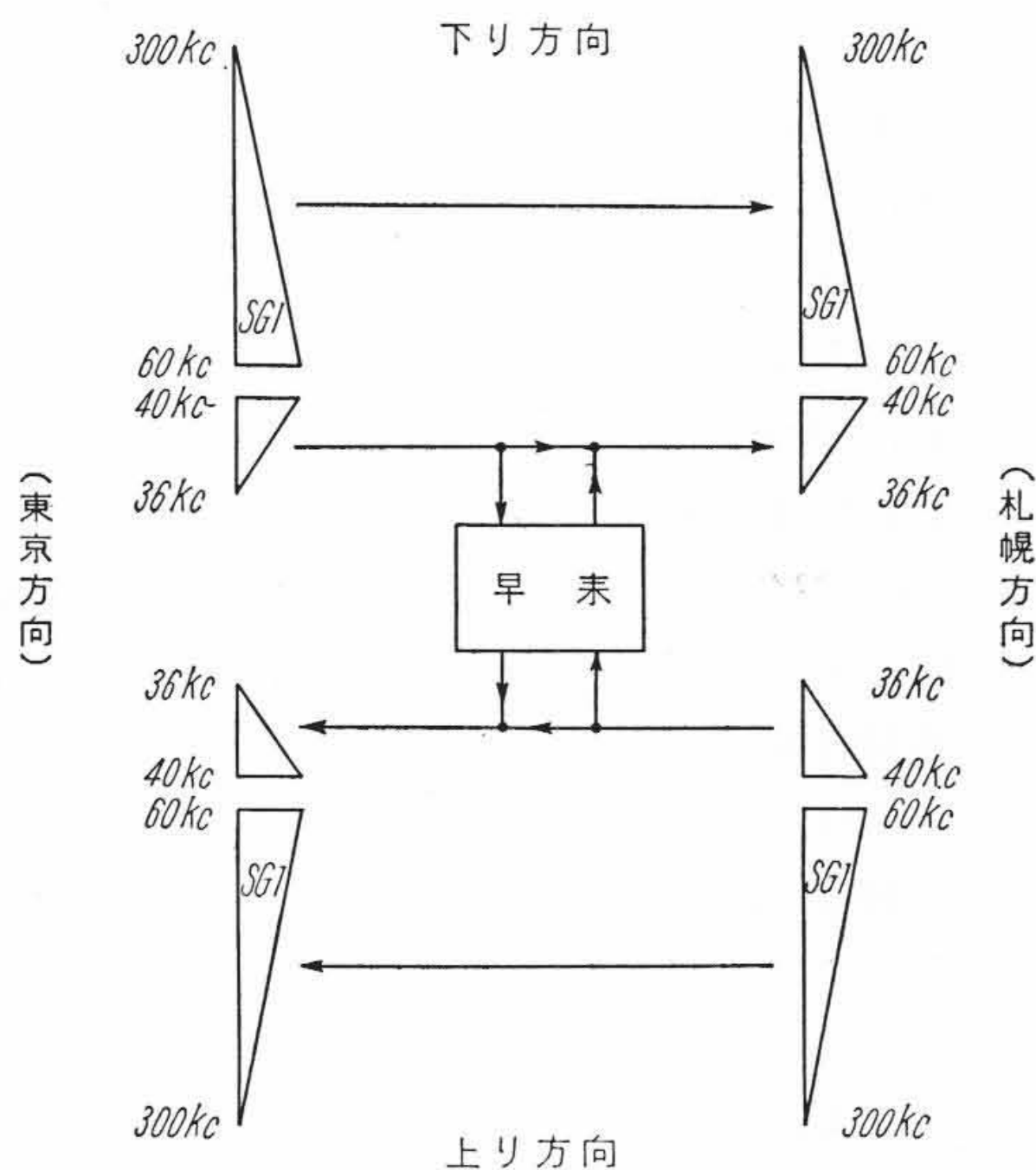
本装置では上記擬似回線に対する雑音配分をさらに第4表のとおり配分した。今回の札幌一函館回線に対する雑音配分は第3表に記したように、端局装置に対し 1,060 pW 割当てられているため、本装置性能よりかなり余裕あるものとなっている。

3.2.2 通話路変換方式

CCITT は回線束の群接続を規準化するために、超多重装置の周波数配列を規定している。本装置の周波数配列を第16図に示すが、これも、もちろんこの規準に従ったものであるが、図中60~108 kc の帯域は、CCITT が特に通話路基礎群として、12通話路を配列することを勧告している、いわゆる基礎B群である。本装置では前述のとおり、メカニカルフィルタを使用して音声周波して通話路を一気にこの帯域に配列する方式 (V x 12方式) が採られている。従来わが国においては第17図に示すように 12~24 kc 帯域の3通話路前群を基にして、その4群を積み重ねて基礎B群を構成する方式 (V x 3 x 4方式) が普通であった。これはもちろん通常の LC ろ波器を用いる限り、もっとも合理的な方法であるが、メカニカルフィルタを用いる V x 12方式に比して変換段数が1段多いので、雑音そのほかの点で性能設計上不利である。また、構造上 V x 12方式は V x 3 x 4 方式に比して容積が約 1/1.5 となっている。



第 19 図 室蘭端局分岐方式図



第 20 図 早来端局分岐方式図

3.2.3 予備方式

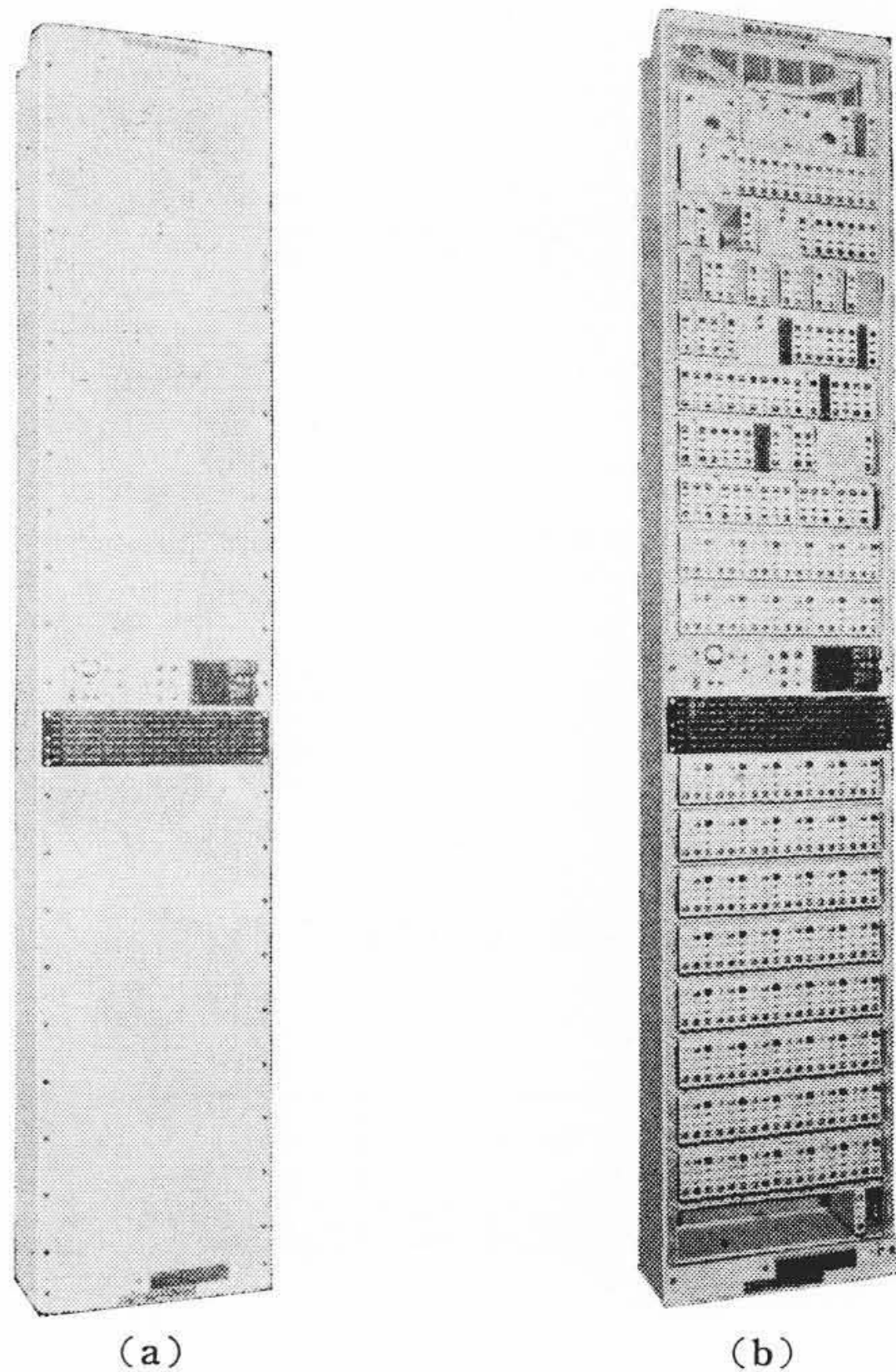
回線運用上の信頼性を増すために予備方式が採用され、現用装置故障時には、ただちに予備装置に切替えて回線障害を極力おさえるようにしてある。本回線では無線送受信装置を含めた無線回線は、まったく同等のものを 2 系統構成するいわゆるルート予備方式を採用しており、端局装置は予備パネルを差し替えるパネル予備方式を採用している。

(1) 無線回線(ルート予備)

今回の回線は、現用ルート 1 ルートに対し予備ルート 1 ルートを有するため切替方式は簡単なものとなっている。第 18 図に示すとおり、両ルートに同時に同じ Video 信号を常時流しておき、受信側にて 60 kc の監視電流の有無により回線故障を検出し切替を行う、故障の検出および回線切替の時間は 10 ms 以内となっている。

(2) 多重端局(パネル予備)

端局装置は、無線回線におけるフェーディングなどのように外部条件の影響を受けることが少ないので、安定なものと考えられているから、装置全体としての予備はもたず、主要部分のみ予備パネルを有する。特に搬送電流供給部の 4 kc 発振器および信号電流供給部 3.85 kc の発振器は自動切替えとし、故障発生時には即



第 21 図 MT-12001 形端局装置外観

時切替えられる。そのほかの部分、たとえば共通増幅器、群変調器などは予備シートを有し、故障時には差し替えて使用するようになっている。

3.2.4 切替方式

回線切替は上位局よりの 60 kc 監視電流の有無により下記の順序にて行う。

(1) 現用回線に監視電流がある間は現用回線受信機の実出力を復調し、現用回線の監視電流が消滅し予備回線に監視電流があればただちに予備回線の出力に切替えて復調する。

(2) 予備回線に切替わったのち、現用回線が復帰すればただちに現用回線にもどる。またこの場合 LOCK 電鍵の操作により自動的に切替わらず、手動で復旧させることもできる。

(3) 現用回線と予備回線は端局入力側にて同軸プラグの差替えにより手動で変更することができる。

3.2.5 分岐そう入方式

第 1 図に示すように、本回線では室蘭局で 12 通話路 2 方向の分岐そう入をやっており、また打合わせ回線 1 通話路は各局にて分岐そう入を行っている。分岐方式は一般に通過ろ波器方式、リーク方式および帯域阻止方式の 3 種類がある。

(1) 室蘭局における分岐方式

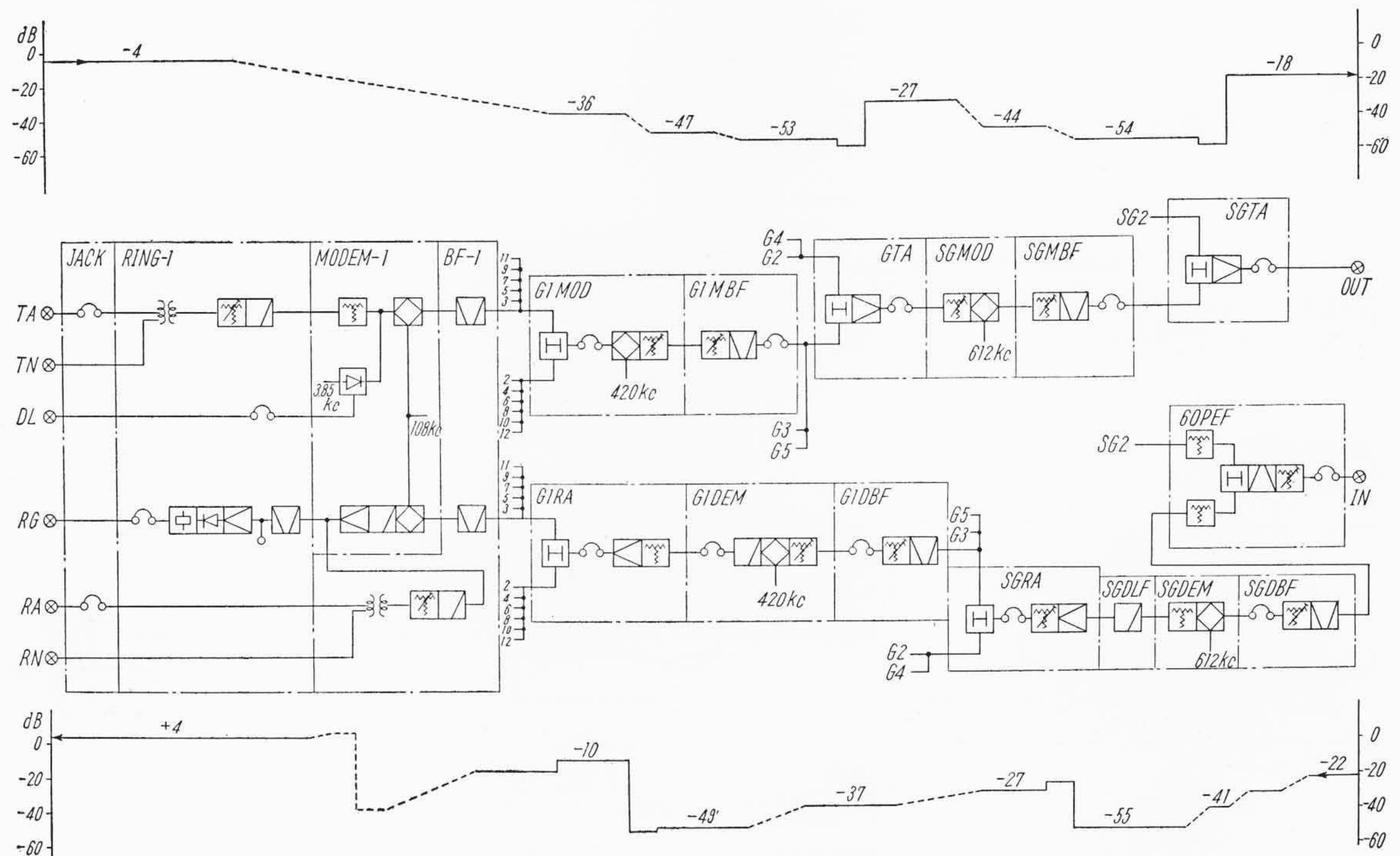
室蘭端局では上記分岐方式の中、帯域阻止方式が行われている。第 19 図に示すとおり下り方向は G_1 を分岐し G_1' をそう入し $G_2 \sim G_5$ を通過させる、上り方向は G_1' をそう入し $G_2 \sim G_5$ を通過させる。 G_1 または G_1' の阻止には減衰特性のきわめて急しゆんな低域ろ波器を使用している。

(2) 早来局における分岐方式

早来局では一般通話は全部通過させ、打合回線のみリーク方式にて分岐そう入を行っている。第 20 図に示すとおり 36~40 kc 帯域の打合回線は通過させると同時にリーク方式にて分岐し、そう入すべき通話を同じ周波数にてそう入する、すなわち打合回線は、各局共常時並列に接続されている。

3.2.6 構造

本装置の構造はトランジスタ搬送装置の標準方式として設計されたものであり、その主要部分は大別してプラグインシート、レール枠および筐体の 3 部分よりなる。



第22図 MT-1200 1形端局装置主回路系統図

(1) プラグインシート

プラグインシートはダイキャストフレームにねじ止めされたプリント配線板より成る。プリント板には回路部品がプリント配線により取り付けられており、板の一端はプラグイン接続のための接栓(雄)となっている。ダイキャストフレームは、板を保持するとともに、プリント配線による板のひずみを正して、プラグイン接続の完全を期するためのものである。

(2) レール枠

ダイキャストによる上下のレール板を、側板によって組立て枠を構成し背面に接栓(雌)を取付けたものである。レール溝の数は36条、これをすべてプラグインシートがそう入され背面の接栓にかん合する。接栓の接触は片面接触であり、これについては10万回の繰返し試験を行って、その性能を確認した。

(3) 筐体

レール枠を取付け、その裏面の接栓端子に盤間配線を施すことにより装置が完成する。本方式では筐体は単なる支持物に過ぎず、必要な寸法精度はすべてレール枠に与えられていることに注意する必要がある。なお、プラグインシートをそう入後、その上にカバーをかぶせるようになっているので、顧客の好みに左右されることの多い塗色の問題は、筐体とカバーだけに限定され、仕込み生産を容易にしている。

3.3 装置の説明および性能

本装置は札幌局1台、早来局1台、室蘭局1台より構成されている。

3.3.1 札幌局(MT-12001形)

(1) 装置外観および回路系統

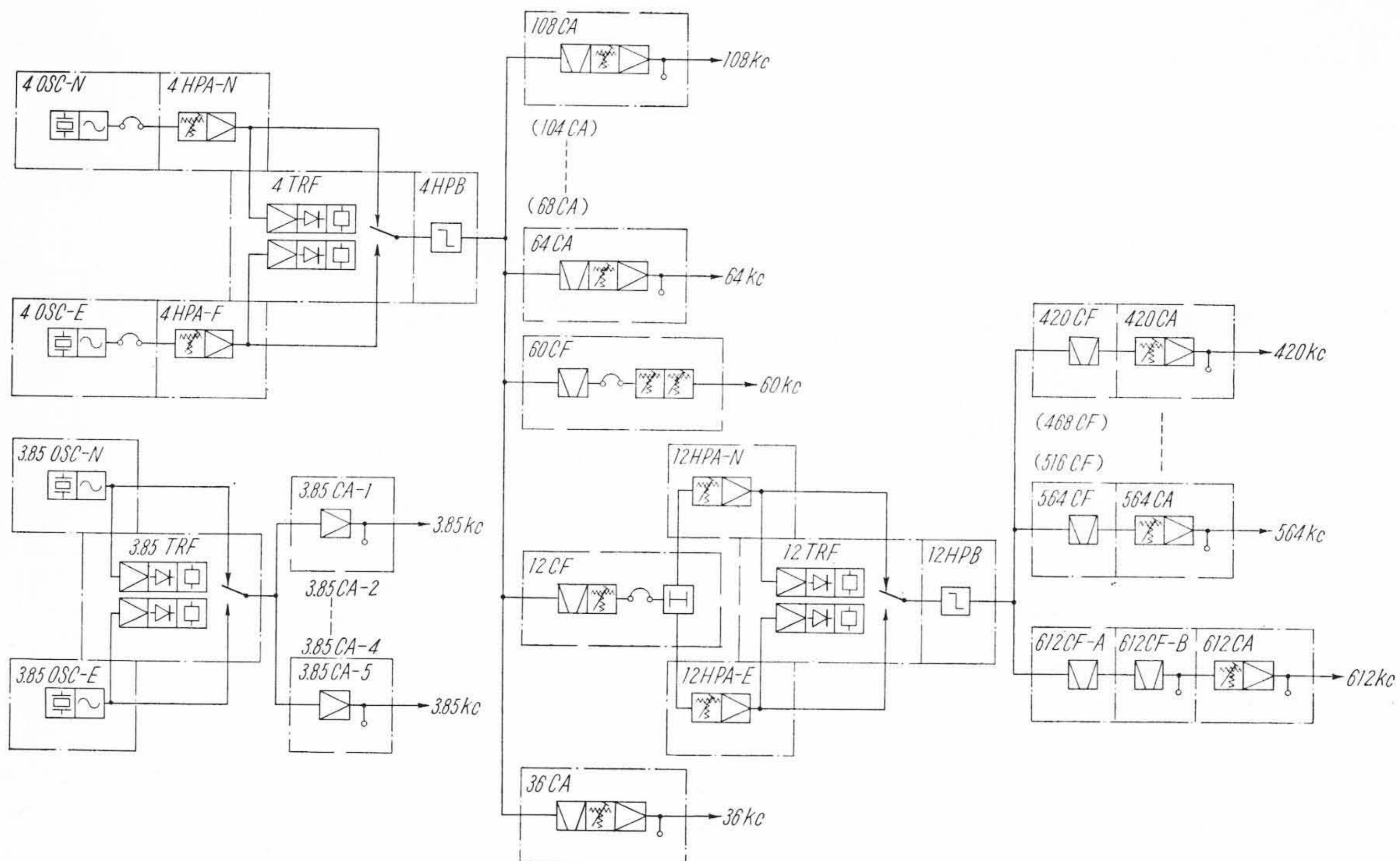
札幌局は端末局装置であり装置の外観は第21図に示す、同図(a)はカバーをつけた状態のもので(b)はカバーをとった状態を示す。

本装置は第20図に示すように標準筐体(2,750×550×225mm)1個に60通話路分の変換装置が全部とルート切替装置試験装置など一式が収容されている。

総合系統図を第22～24図に示す。

(2) 一般仕様

- | | |
|---|----------------------------|
| (a) 線路周波数 | 36～300 kc |
| (b) 音声周波数帯域 | 300～3,400 c/s |
| (c) 監視電流周波数 | 60 kc |
| (d) 打合わせ通話周波数 | 300～3,400 c/s |
| (e) 端局装置、無線装置間入出力レベル | -25 dBm/CH |
| 通話電流 | 端局←無線 |
| 信号電流および監視電流は通話電流よりもそれぞれ 15 dB 低い。 | |
| (f) 音声入出力レベル | |
| 4 W—1 N | -4 dBm |
| 4 W—OUT | +4 dBm |
| (g) 通話当量 | -8 dB |
| (h) 信号方式 | |
| 通話帯域外1周波(3,850 c/s)無通話時送出方式 | |
| 打合通話はスピーカー呼出 | |
| (i) 入出力インピーダンス | |
| 音声周波側(300～3,400 c/s) | 600Ω 平衡回路 |
| 搬送周波側(36～300 kc) | 75Ω 不平衡回路 |
| (j) 端局対向伝送特性 | |
| 送信特性 | CCITT 規格の $\frac{1}{5}$ 以下 |
| 送受信特性 | CCITT 規格の $\frac{2}{5}$ 以下 |
| (k) 直線漏話 | |
| 遠端漏話減衰量 | 65 dB 以上 |
| 近端漏話減衰量 | 50 dB 以上 |
| (l) 雑音 | |
| CCIR 標準無線擬似回線に適用した場合、端局装置総合、雑音量は相対レベル 0 dB の点で 2,500 pW 以下(装置対向にて 530 pW 以下すなわち S/N 62.8 dB 以上) | |
| (m) 通話路ひずみ率 | |
| 1,000 c/s 標準レベルに対して | 二次ひずみ 30 dB 以上 |
| | 三次ひずみ 40 dB 以上 |



第 23 図 MT-1200 1 形端局装置搬信供回路系統図

(n) 通話路過負荷特性

標準レベルよりの 3.5 dB 上昇に対して残留損失の増加は 0.3 dB 以下

(o) 搬送波ろうえい

送信側 出力側 通話レベル以下 30 dB 以上
入力側 通話レベル以下 20 dB 以上
受信側 出力側 通話レベル以下 20 dB 以上

(p) ダイヤル符号ひずみ

ダイヤル速度 10, メーカーレシオ 33% において
レベル変動 ± 3.5 dB に対して符号ひずみ
 ± 5 ms 以下

(q) 搬送電流発振器周波数安定度

電源変動 $\pm 10\%$, 温度変化 $20^\circ\text{C} \pm 20^\circ\text{C}$ に対して
 $\pm 3 \times 10^{-6}$ 以下 (同期ずれ 2 c/s 以下)

(r) 信号電流発振器周波数安定度

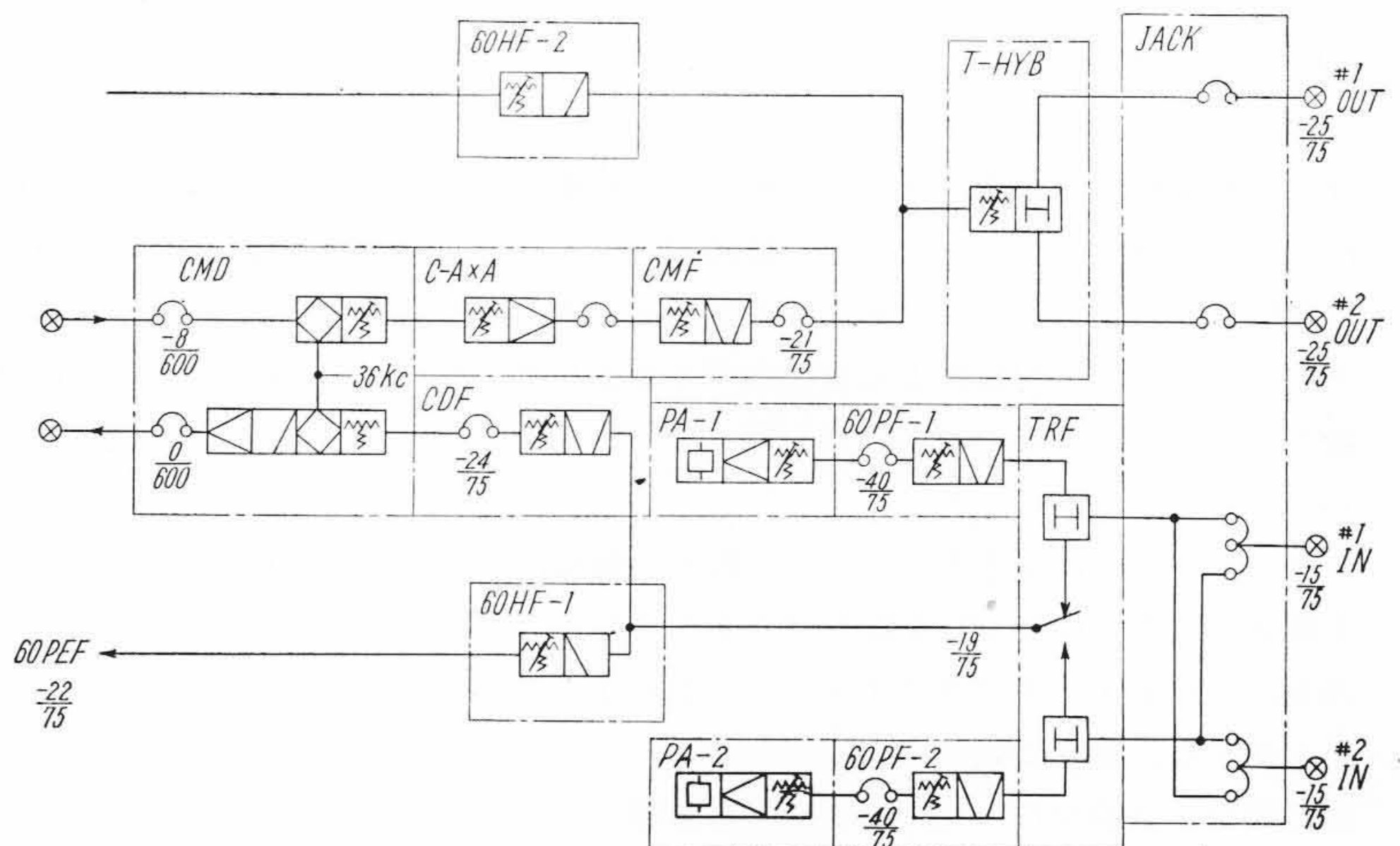
(q) と同じ条件にて ± 5 c/s 以下

(s) 電 源

一般回路 DC 24 V 消費電流 約 5 A
(60 通話路実装)

発振器恒温槽ヒータ回路

AC 24 V 消費電流 約 1 A

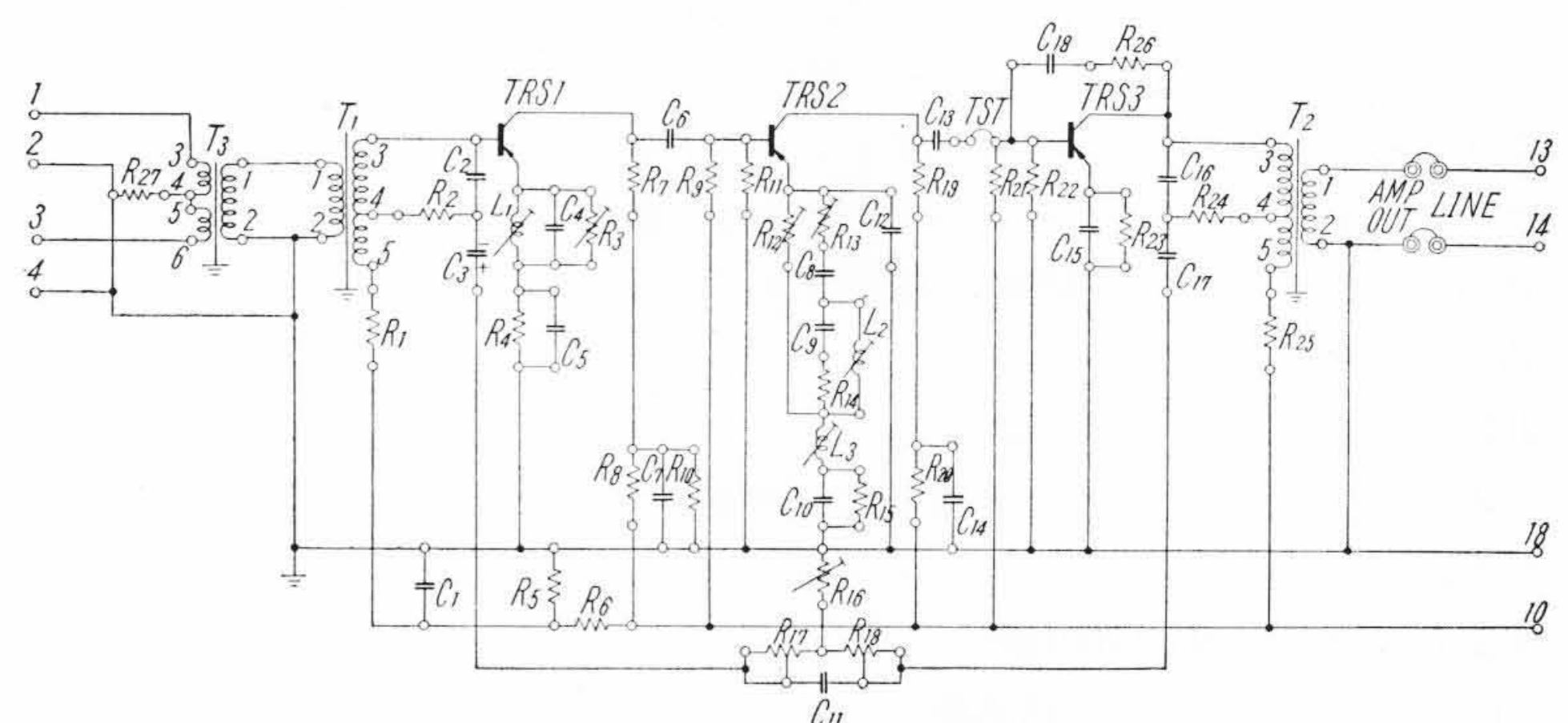


第 24 図 MT-1200 1 形端局装置打合回路系統図

(3) 回路説明

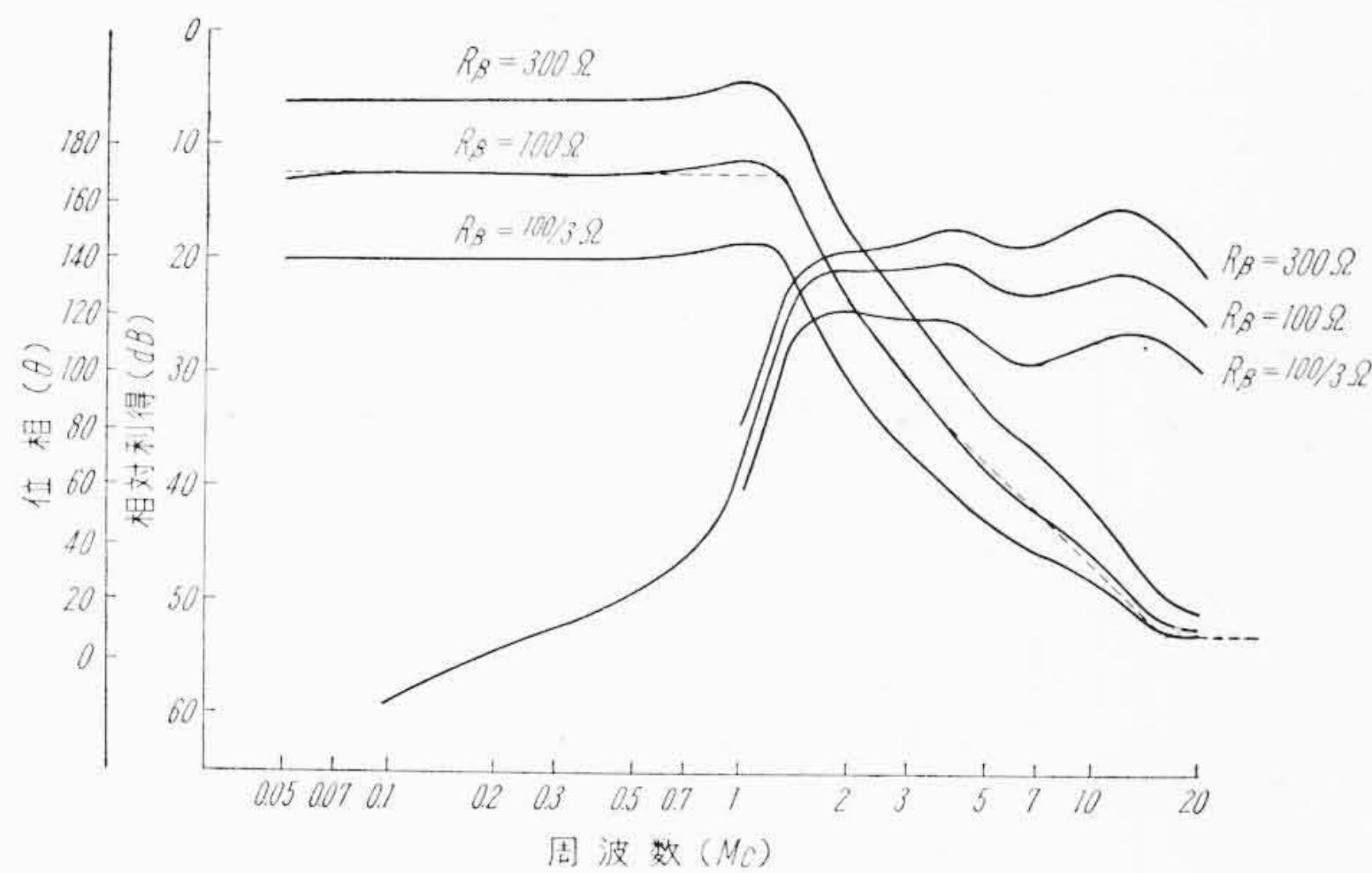
(a) 送受回路

架上端子より導入された音声電流は、ジャック盤ジャックを経て、通話路変換盤にはいる。通話路変調器では 108~64 kc の各搬送電流を変調し、BF 盤のメカニカルフィルタにより下部側帯波が選択される。各通話路電流は偶数 CH 同志、および奇数 CH 同志がそれぞれ結合され、6 CH 束となり群変調器盤にはいる。この盤内で 12 CH 束となった通話電流は群変調器にて 420~612 kc の群搬送電流をそれぞれ変調し、ろ波器盤にて下部側帯波が選択される。 $G_1 \sim G_5$ の 5 個の 12 CH 束は増幅器盤にはいり、ハイブリッドにて結合され 312~552 kc 帯域の 60 CH 基礎超群となる。この基礎



第 25 図 120CH 共通増幅器回路図

超群はさらに超群変調器盤にはいり、612 kc の超群搬送電流を変調し、その下部側帯波がとり出されて 60~300 kc 帯域の第 1 超群となる。基礎超群をそのまま周波数変換せずに送出したものは 312kc~552kc 帯域の第 2 超群となる。この第 1, 第 2 超群は超群増幅器盤にて結合され 60~552 kc 帯域の 120 CH 束となり増幅



第26図 共通増幅器帰還ループ特性

されて、打合わせ監視回路を経て無線送信機に送出される。

なお、この送信回路で最も重要な箇所は最終段の120 CH 束の共通増幅器であり、きわめて低ひずみ率、低雑音が要求される、本装置に使用した増幅器の回路およびループ特性を第25, 26図に示す。この増幅器は300 CHの通話路束の増幅が可能なるように設計されている。

(b) 受信回路

無線機よりの受信入力打合監視回路を経て60 kc監視電流を除去され、送信側と逆の径路にて、超群復調器、群復調器によりそれぞれ基礎超群および基礎群に変換される。12通話路基礎群は通話路変換盤に入り音声周波数に復調される。この音声電流はジャック盤を経て架上端子より交換機に接続される。

(c) 信号回路

通話帯域外1周波(3,850 c/s)を使用し、トールダイヤルの場合は無通話時送出方式となる。

信号発振器よりの信号電流は通話路変調器盤にてゲルマニウムダイオードを使用したスイッチ回路を経て音声電流と重畳され、以後は通話回路と同経路にて送出される。受信信号は音声増幅器出力までは通話電流と同経路にて受信され、信号器盤の信号ろ波器にて通話電流と分離される、分離された信号電流は増幅、整流されて有極リレーを動作させ、リレー接点は架上端子を経て交換機に接続される。

(d) 搬送電流供給回路

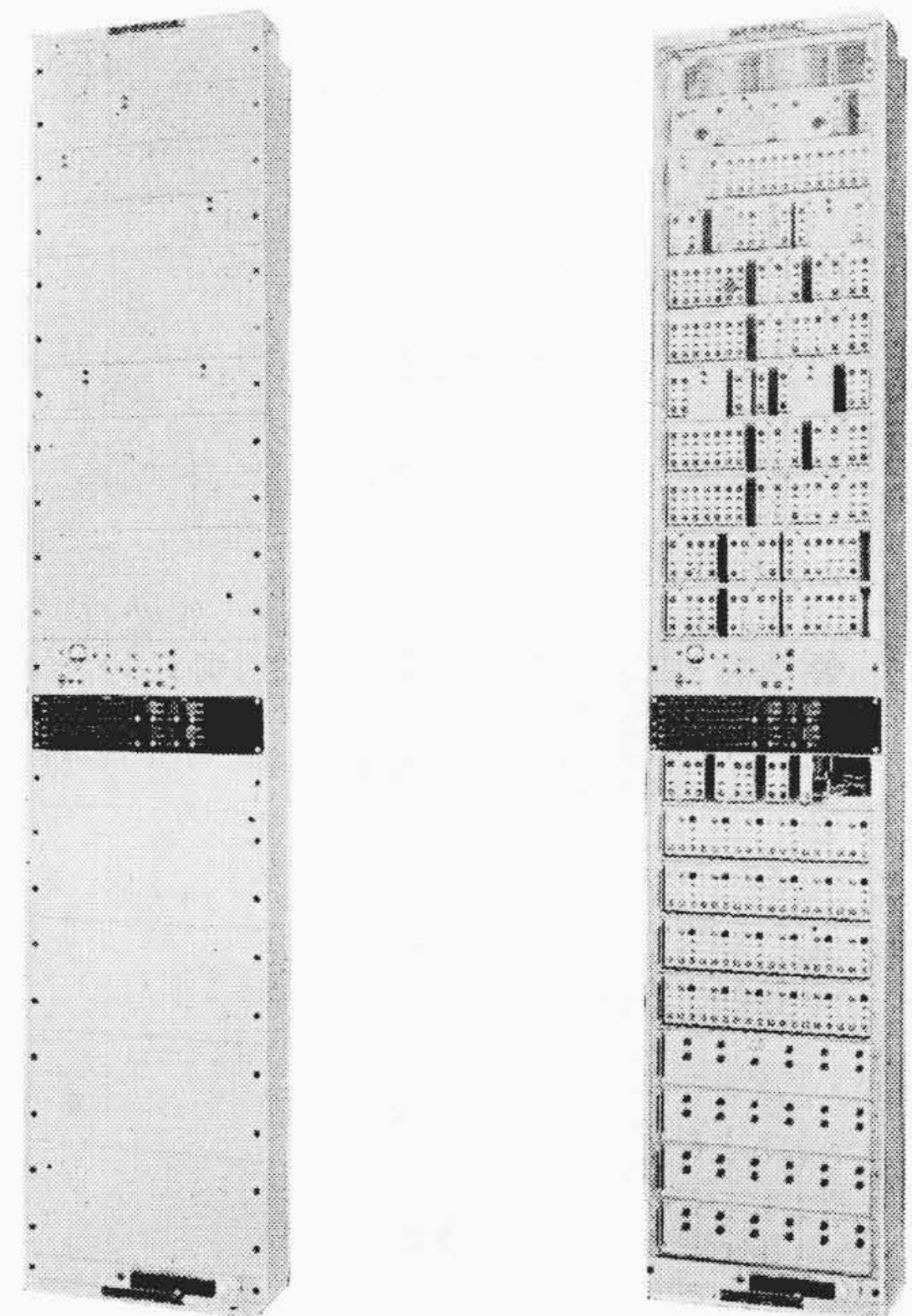
恒温槽に収容された4 kc 主発振器の出力を増幅し飽和線輪に供給し飽和線輪より発生する高調波を選択して64~108 kc の通話路搬送電流を得ている。群搬送電流および超群搬送電流は4 kc 高調波よりうる事が困難なので4 kc 高調波より得た12 kc を基本とし、これを飽和線輪に加え12 kc 高調波より420~612 kc の搬送電流を得ている。

この搬送電流発振器および高調波発生器は予備パネルが実装されており故障の際は自動切替えが行われる。

(e) 警報回路

本装置の警報は下記のものがあり、すべて試験盤に集中表示されている。

- (i) ヒューズ断
- (ii) 4 kc 発振器故障
- (iii) 12 kc 増幅器故障
- (iv) 3.85 kc 発振器故障
- (v) 4 kc 発振器恒温槽故障
- (vi) 現用回線監視電流断
- (vii) 予備回線監視電流断
- (viii) 現用回線使用中



第27図 MT-1200 2形中継端局装置外観

(ix) 予備回線使用中

(f) 打合わせ監視回路

本装置は各局間の保守用打合通話および遠方監視制御用として36~40 kc 帯域を使用している。

変復調搬送電流として36 kc を用い、上部側帯波を伝送して300~3,400 c/s の伝送路を得ている。端局装置の無線機側入口および出口にてろ波器にて一般通話回線と分離し、ただちに36 kc にて変復調を行う。変復調を受けた音声電流は架上端子を経て遠方監視制御装置に接続され、同装置ではこの伝送帯域を使用して300~2,300 c/s に打合わせ電話を、2,300~3,400 c/s に監視制御用信号をそう入する。

3.3.2 室蘭局(MT-1,200 2形)

(1) 装置外観および回路系統

室蘭局は中継端局装置であり、装置の外観は第27図(a)(b)に示す。

総合回路系統は主回路は札幌局に同じであるが分岐そう入部分が異なるので分岐そう入回路を第28図に示す。

(2) 一般仕様

すべて札幌局に準ずる。

(3) 回路説明

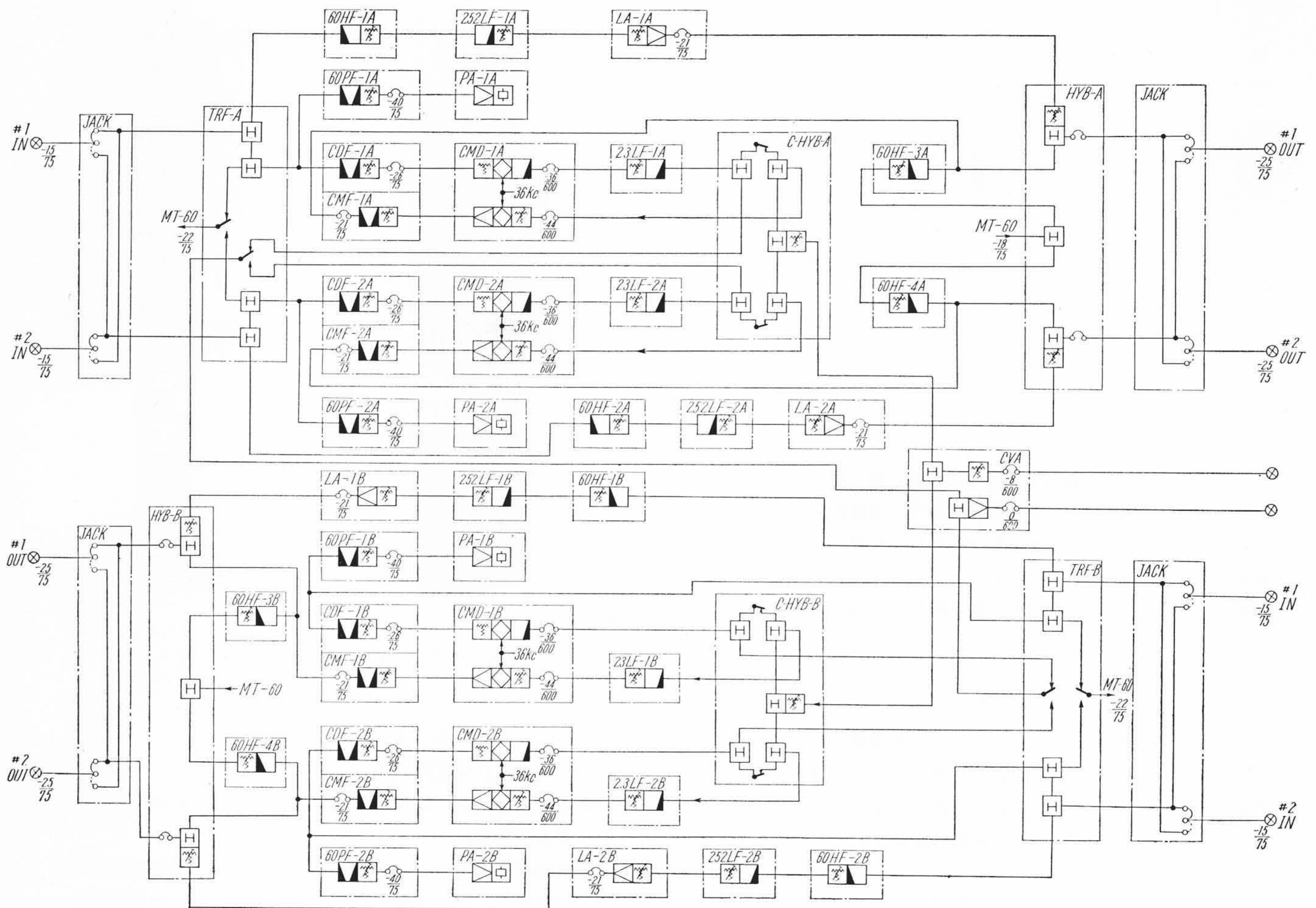
主回路、搬送電流供給回路などはすべて札幌局に同じである。本局に特有な回路として分岐そう入回路、打合監視回路があるのでこれについて述べる。

(a) 分岐そう入回路

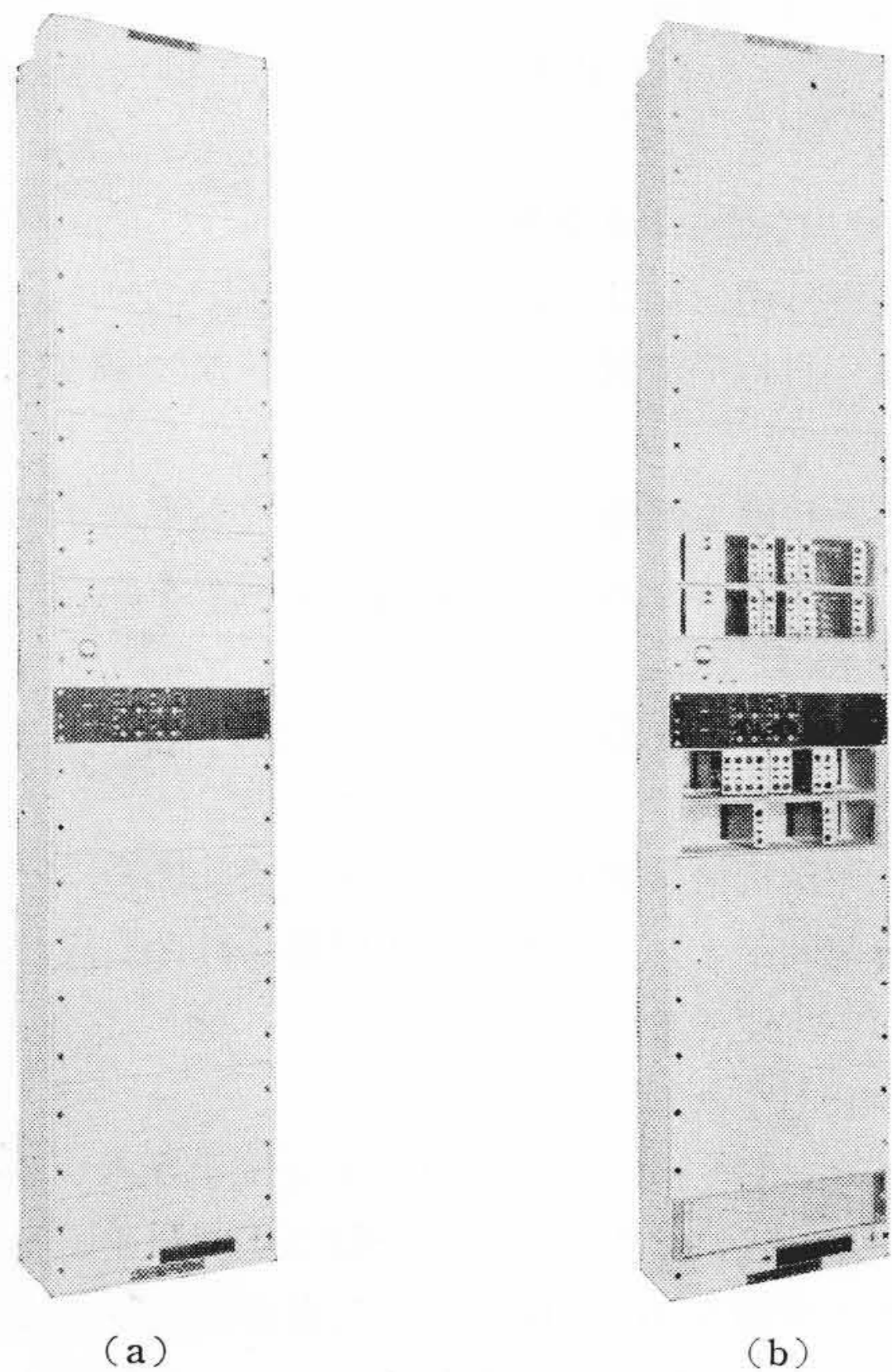
前に述べたとおり、この局では G_1 を分岐そう入し、 $G_2 \sim G_5$ を通過させている。通常はこのような分岐は基礎群通過ろ波器を使用し、通過する帯域を60~108 kc の基礎群周波数にまで変換して行うのであるが、本装置ではきわめて急しゅんな特性を有する水晶ろ波器を使用することにより、線路周波数にて直接分岐そう入を行うことができ、雑音配分上および実装容積上有利な設計を行うことができた。

(b) 打合監視回路

本局の打合監視回路は、札幌一室蘭間の既設のPAM-FM回線についている打合監視装置を使用することになっているため、



第 28 図 MT-1200 2 形中継端局装置



第 29 図 MC-101 形中継端局装置

やや特殊なものとなっている。すなわち東京—函館間は打合わせ通話に 300~3,400 c/s を使用しているが札幌—室蘭間では 300~2,300 c/s を使用し、早来無人局の監視制御用として 2,300~3,400 c/s 間に 4 周波の信号を使用している、したがって室蘭局を境として東京方向、札幌方向の間で信号周波数のろうえい、および音

声電流による信号妨害を防ぐために阻止ろ波器を使用している。

3.3.3 早来局(MC-101 形)

(1) 装置外観および回路系統

早来局は中継装置であり装置外観を第 29 図(a)(b)に示す。本装置は標準筐体に打合わせ回線の変復調回路とルート選択回路が実装されている。総合系統図を第 30 図に示す。

(2) 一般仕様および回路

すべて札幌局、室蘭局に準じているので省略する。

4. NU-4 形搬送電信装置

4.1 構成

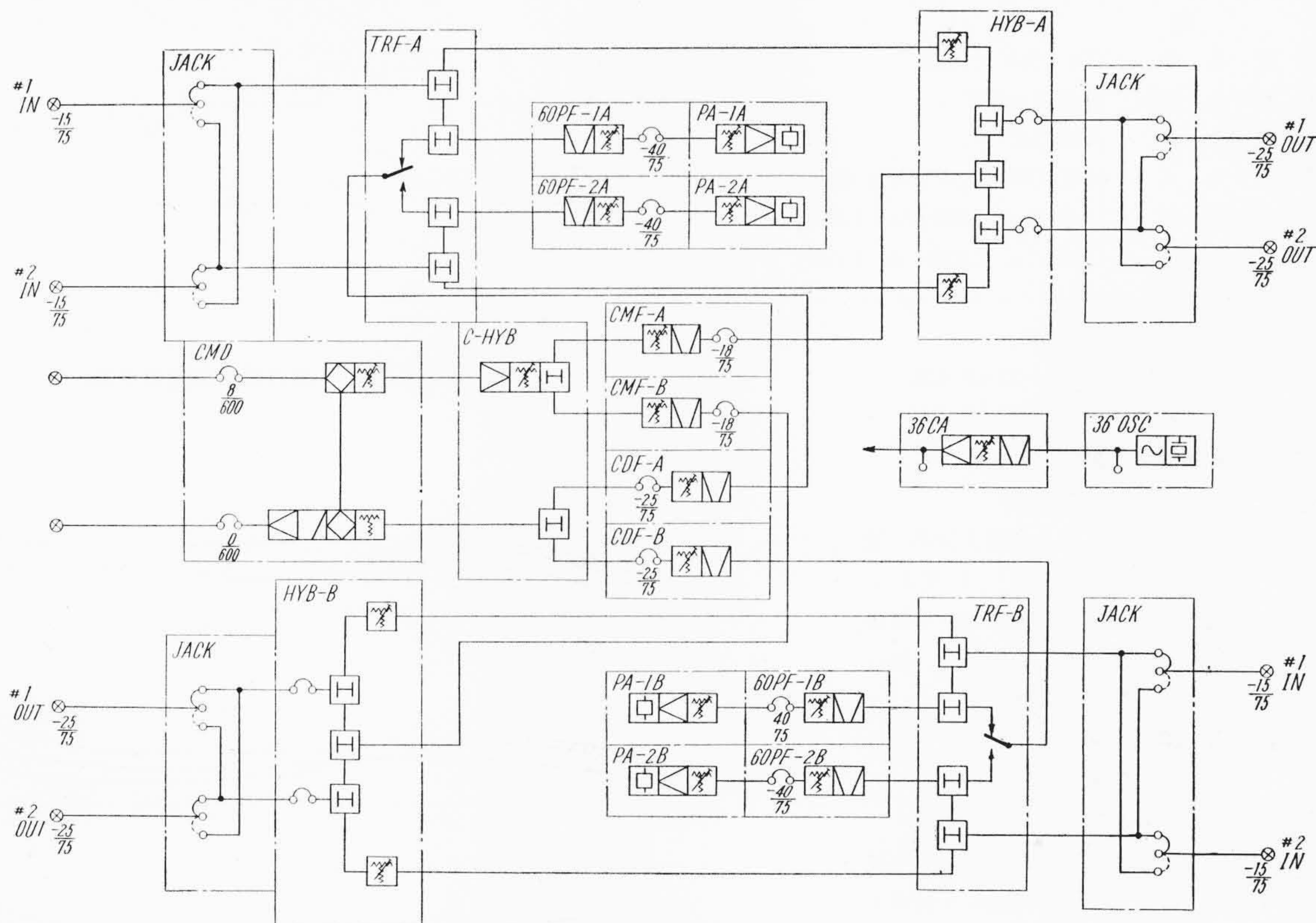
札幌端局に納入された搬送電信装置は第 31 図に示すもので、対東京向 3 CH 対仙台向 2 CH であって、回線としてそれぞれ G5 CH-12 および G3 CH-12 を通して構成されている。電信 CH の周波数は、対東京向 1,140 c/s, 1,260 c/s, 1,380 cs, 対仙台向 1,140 c/s, 1,260 c/s であってテレタイプやデータ伝送に使用される。

国鉄における主幹搬送電信は、ほとんど AM (Amplitude Modulation) 方式を採用している都合上、今回も AM 方式で、搬送電話端局と同様に小形、消費電力の低減、安定度の向上などの目的で搬送電信装置もトランジスタ化された。

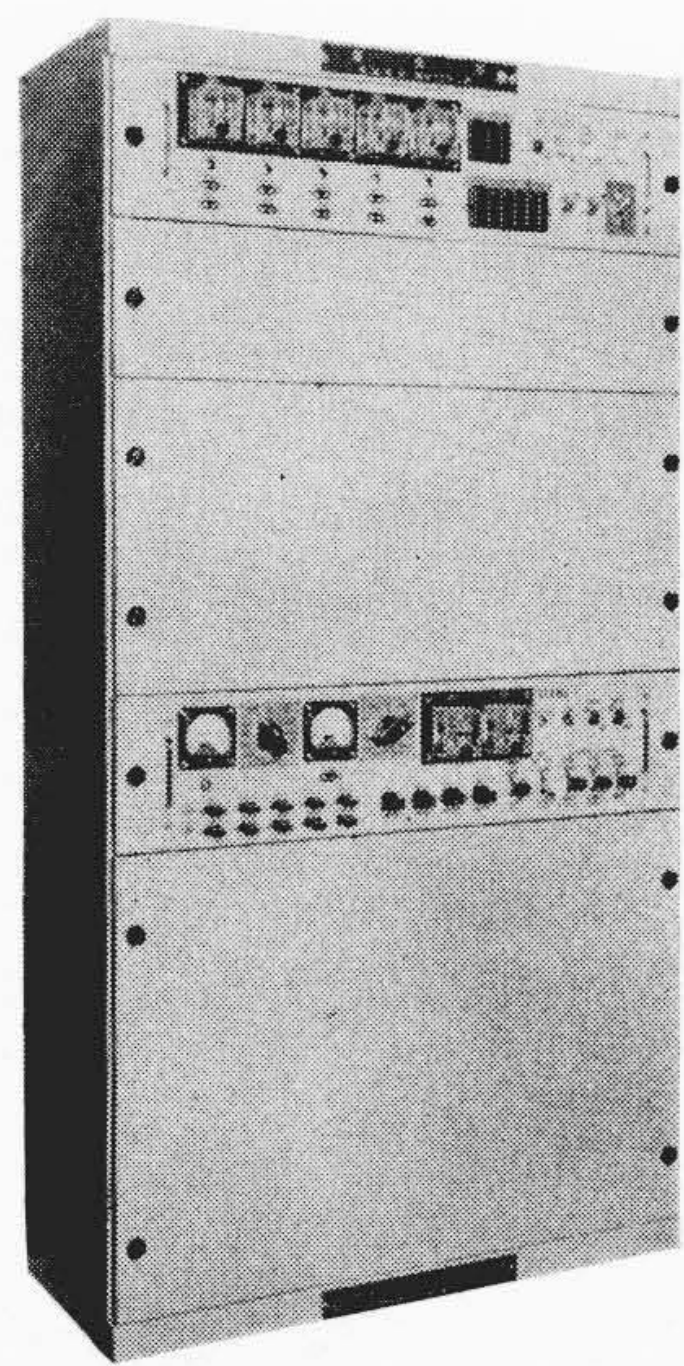
4.2 AM 方式搬送電信装置のトランジスタ化

AM 方式搬送電信装置のトランジスタ化に当り、発振器、変調器部は、なんら技術上の困難さを有しないが、受信検波部は、各所で研究調査されて、周知のとおり増幅整流後の直流回路部分における温度特性がひずみに大きく影響し問題とされている。

受信検波部が温度に弱い原因としては、送信ろ波器、受信ろ波器に



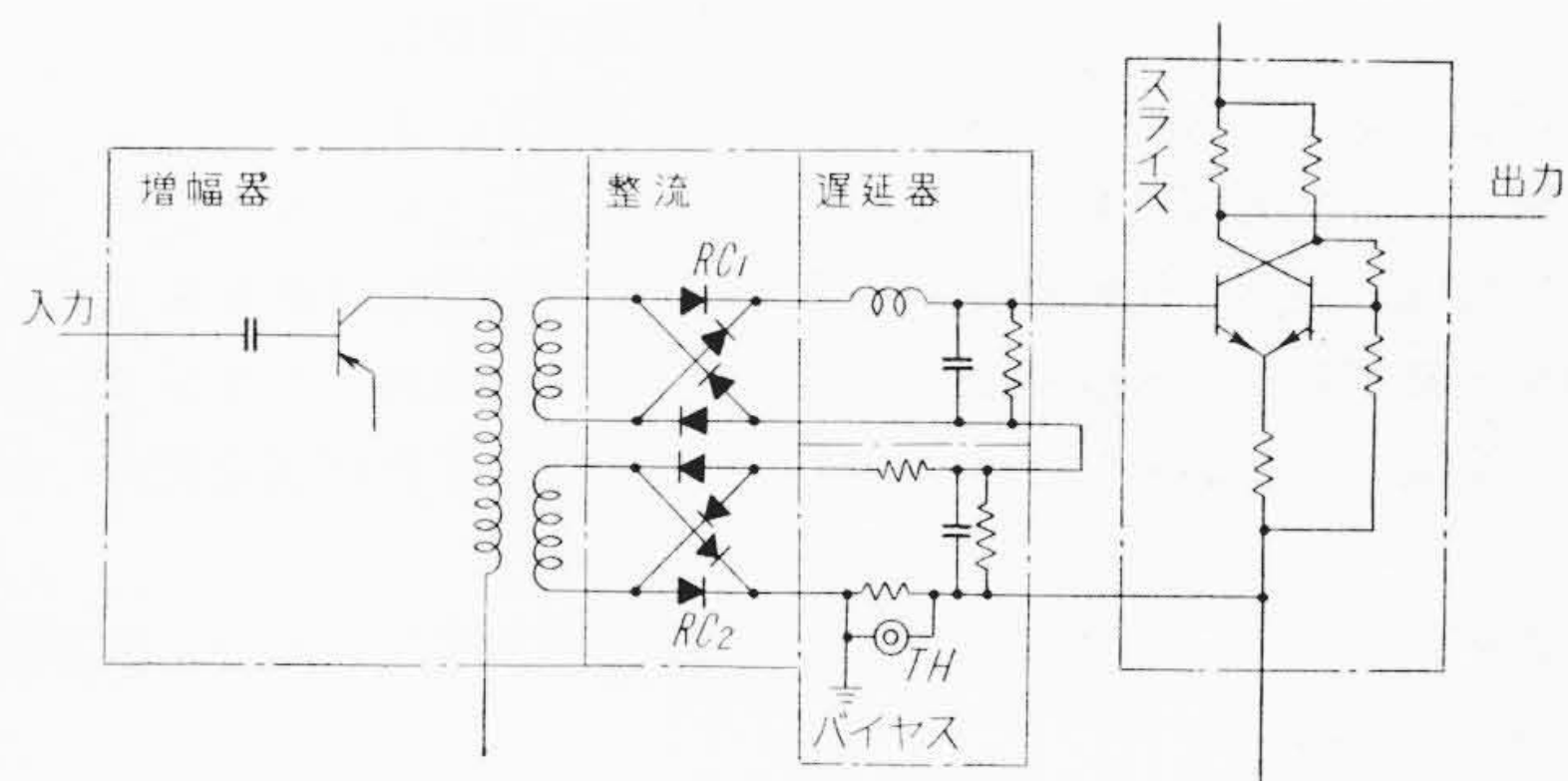
第30図 MC-101形中継装置回路系統図



第31図 搬送電信装置

よる帯域制限によって、変換点が立上り時間と呼ばれる傾斜を生じ、梯形の波形ひずみを受ける。この結果、これを増幅整流してスライスした場合、スライス点が変わることによってひずみが現われる。これは、レベル変動によるひずみの原因と同様である。スライス点はトランジスタの特性の内、特に温度依存の i_{co} の変化による。ゲルマニウムトランジスタの i_{co} は、常温で数 μA 程度であるがシリコントランジスタでは、これより2けた少ない。本装置ではシリコントランジスタ HS-105 を使用し、かつサーミスタ B-2B により温度補償を行った。

受信検波回路は、第32図に示す遅延回路を用いたひずみ補償回路で、増幅整流後のスライスはシュミット回路とした。シュミット回路は、直流的に帰還がかかっているため比較的溫度に強い。今遅延回路の遅延時間をほぼ送受信器の波器の立上り時間に等しくすると



第32図 検波器略回路図

次の関係をうる。第33図に説明のように $e_1 e_2$ を合成して E_c でスライスした波形幅は τ は

$$\tau = \tau_0 + \tau_b \left(\frac{E_1 - E_2 + E_0 - 2E_b}{E_1} \right) \dots\dots\dots (1)$$

- ただし、 e_1 : RC_1 側の出力、その最大振幅 E_1
 e_2 : RC_2 側の出力、その最大振幅 E_2
 E_0 : RC_2 に逆にかかっているバイアス電圧
 E_c : シュミットのスライスレベル
 τ_b : 立上り時間
 τ_0 : 送信波形長

$E_1 = E_2$, $E_0 = 2E_c$ にとれば $\tau = \tau_0$ となりレベルの変動に無関係となる。実際にはほぼ ± 5 dB の範囲で成立するのであるが、温度により影響されるのは $E_0 = 2E_c$ の条件で、温度が上昇すれば E_c が小さくなり、低温時は E_c が大となる。したがって $2E_0$ を温度変化に従って制御すればよい。本装置では第32図のバイアス回路に示すようにサーミスタ B-2B によって補償している。温度範囲 $0^\circ \sim 40^\circ C$, レベル変動範囲 ± 5 dB, 1:1, 3:1, 1:3 符号に対する規則ひずみは、5%以下で第34図に特性を示す。

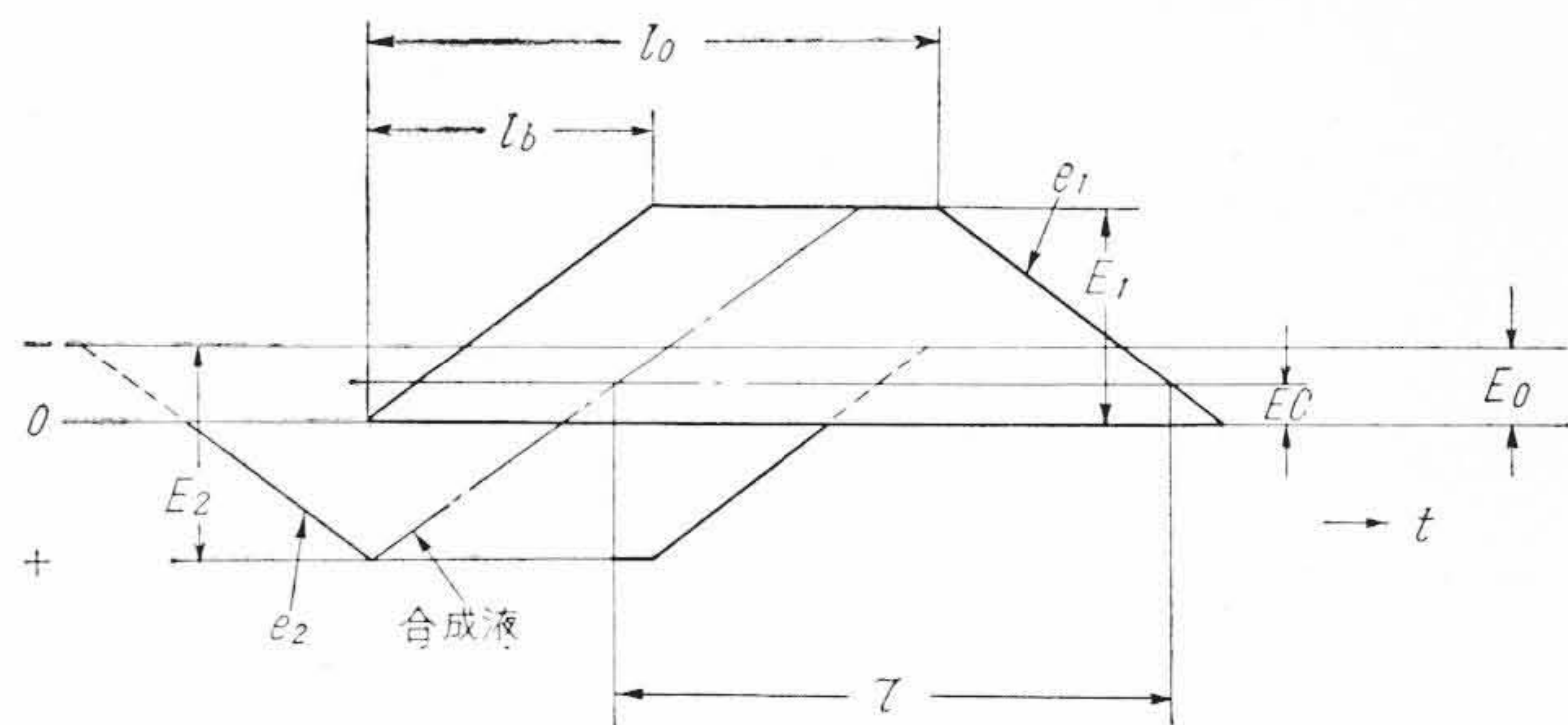
4.3 性能

- (1) 電源条件 DC-24V $\pm$ 10%
- (2) 周囲条件 温度 0~40°C
- (3) 変調方式 AM方式
- (4) 電信方式 開電式閉電式いずれも使用可能
- (5) 電信路周波数 1,140 c/s, 1,260 c/s, 1,380 c/s
1,500 c/s, 1,620 c/s, 1,740 c/s
の120 c/s スペーシング
- (6) 通信速度 最大 50ボー
- (7) 出力レベル 標準 -23 dB/CH
- (8) 入力レベル 標準 -15 dB/CH
- (9) 信号入出力電流 複流 20 mA
- (10) 装置インピーダンス 600 Ω
- (11) 電信ひずみ レベル変動 $\pm$ 5 dB, 通信速度50ボー, 1:1, 3:1, 1:3 符号に対する規則
ひずみは5%以下, 総合ひずみは10%以下
- (12) 試験回路 50ボー1:1のドック
ひずみ測定メータ
通信電流測定電流計
各部電圧電流計 を実装
- (13) 警 報 ヒューズ断にて警報を発す

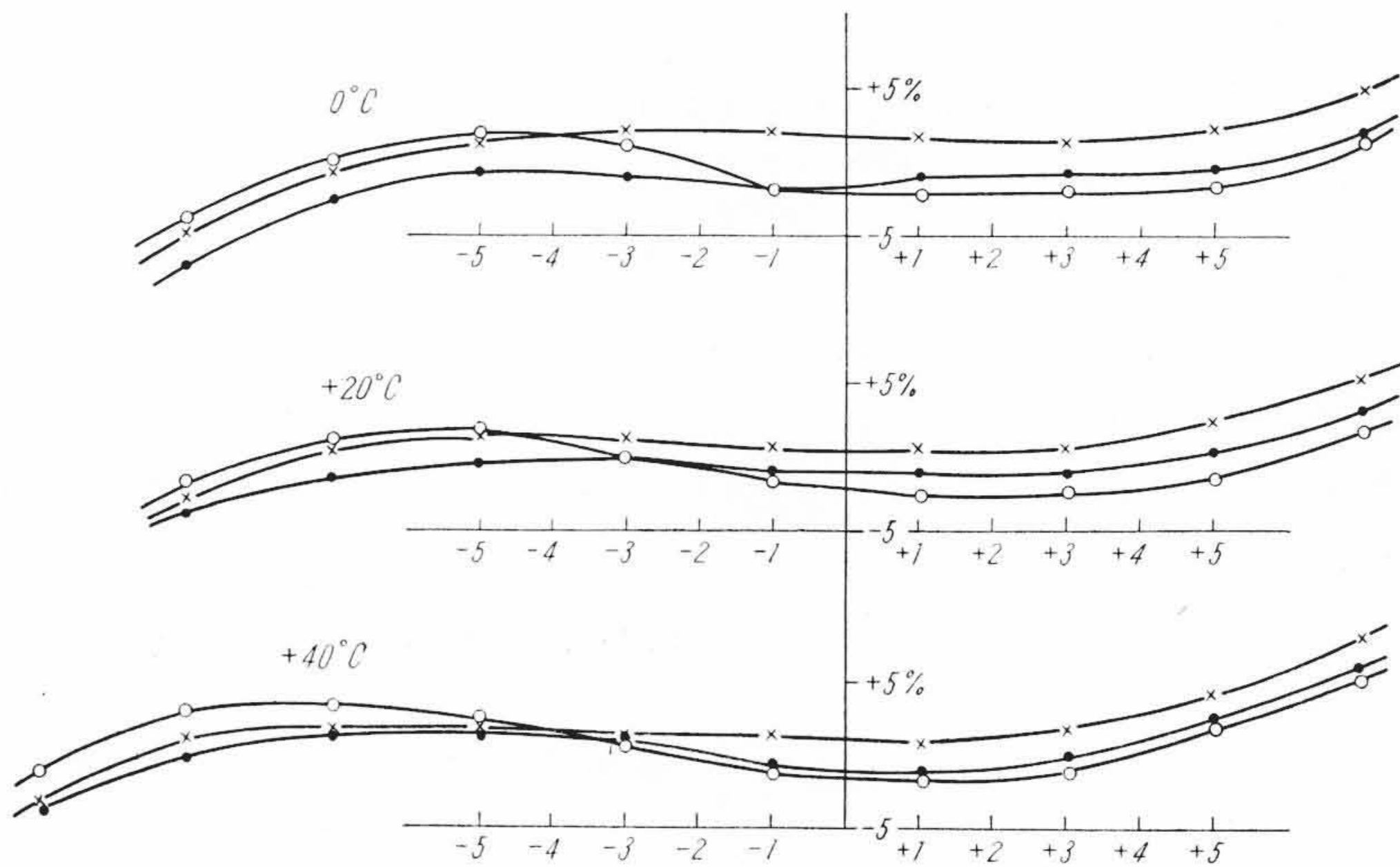
5. 結 言

トランジスタ化された多重端局装置および電信装置は国鉄として初めて採用されたものであるが、試作研究および実用化試験の結果を十分生かすことができたため、函館—札幌、東京—札幌回線の現地伝送試験も優秀な成績をもって7月中旬終了した。本稿脱稿までに現地データが整理できなかったため、発表できなかったことは残念だが、機会があれば別途発表したい。

本装置のデータを基にしてさらに多重方式を開発するべく努力を続けてゆきたい。



第33図 検波器の原理説明図



第34図 ひずみ特性

終りに本極超短波多重無線通信装置の設計について種々ご指導いただいた日本国有鉄道技術研究所丸浜技師、本社通信課足立補佐そのほか関係各位に深謝するとともに、現地据付け調整に関して多大のご援助を賜った東京電気工事局伊藤課長、そのほか関係各位および札幌鉄道管理局穴戸課長、青函船舶鉄道管理局大島課長そのほか関係各位に厚くお礼申しあげる。



新 案 の 紹 介



実用新案登録第440876号

東 長 年

トンネルを含む無線通信装置

鉄道などにおける超短波無線通信系では、移動局がトンネル内を通過することが多いが、通常電波はトンネル内に到達しないため、この間の通信は不能となる。本実用新案はこのような障害を除去したもので、図に示すようにトンネル1ほかに中継局2を設け、トンネル内に設けた輻射用饋電線3とこの中継局とを結合せしめるものである。4は移動局を示す。このようにすると移動局はトンネル内においても饋電線3を利用して通信を行うことができる。

(高木)

