

韓電(本社—富平間) Microwave 方式 및 試驗結果

韓 電 通 信 課

1. 沿 革

弊社の通信網은 本社가 서울에 位置한 關係로 電力系統 構成上 不得已 水色으로 引導되어 電力線 搬送 通信設備를 利用하여 全國에 散在한 傘下 支店 및 發變電所에 連絡됨으로 因해서 本社—水色間의 幹線은 大端히 重要한 役割을 擔當하고 있었으나 本幹線의 鉛被케이블은 1958年 布設以來로 繼續的인 盜難事故와 風雨雷 및 其他 頻繁한 障害를 받아 瞬時라도 許容할 수 없는 電力系統 連絡의 杜絶이 續出하여 會社 運營上 莫大한 支障을 招來하고 있었으므로 이에 대한 對策을 講究하고 나아가서는 漸次 擴張一路에 있는 電源 開發에 따른 無制限의 良質의 電氣를 供給하고 合理的인 給電을 圖謀키 위한 自動周波數調整, 經濟負荷調整, 遠方測定, 遠方操作 等の 傳送路 確保를 경하기 위해 當初에 本社—水色間에 本施設을 計劃하였으나 地形上의 難點 및 經濟的인 面의 非合理性이 發見되어 그 루우트(Route)를 本社—富平間으로 變更하여 本施設이 이루어졌으며 이 回線構成은 本社 및 富平에 端局을 두고 南山에서 無給電 反射板 中繼를 하여 本社—富平間을 無電化하고 富平에서 全國에 散在된 支店 및 發變電所에 連結되는 電力線 搬送施設에 中繼되도록 한 것인 바 本社—南山間은 1.55 km, 富平—南山間은 22.95 km 로서 總收容 容量은 240 通話路(Channel) 이며 現設備容量은 60 通話路로 施設運營되고 있는 實情이다.

2. 回線 設計

回線設計에 있어서는 充分한 研究資料와 精密한 루우트測定 結果에 依據 各種 데이터를 算出하려 하였으나 如意치못하여 地圖上만으로서 Profile chart를 作成하여 算出되었으므로 이로 因한 誤差를 無視할 수 없음을 諒解를 바라며 經緯를 살펴보면

(1) 回路損失

A. 自由空間損失

本社 및 富平間의 自由空間損失에 있어서는 第1 및 第2 Fresnel clearance(zone)은 南山地形이 높은 關

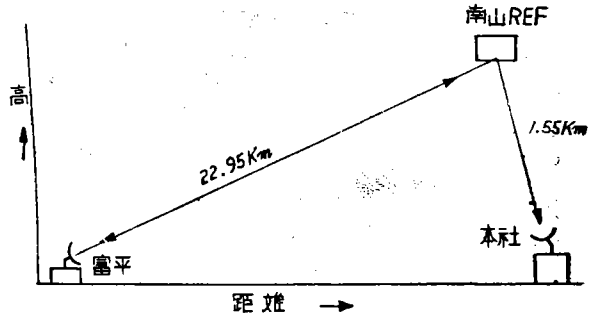
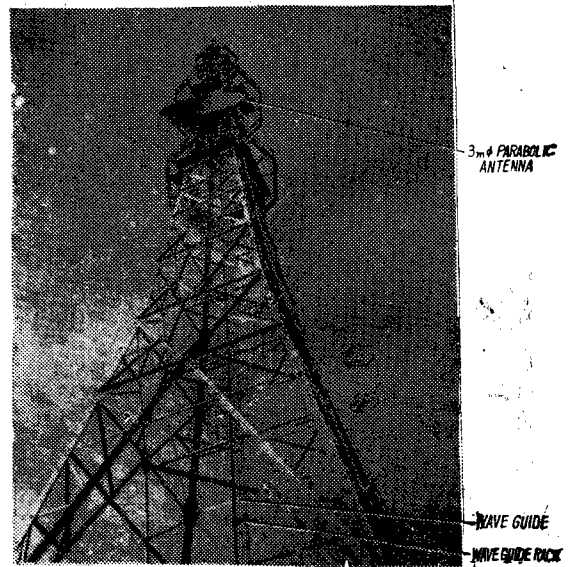


그림 1. 本社—富平間 Route 圖



寫眞 1. 3m φ Parabolic Antenna 와 給電系係로 無視

할 수 있으므로 自由空間損失(L_s)는

$$L_s = 20 \log_{10} \frac{4\pi D}{\lambda} \text{에서}$$

$$= 122 + 20 \log_{10} D - 20 \log \lambda$$

$$= 136.8 \text{ (db)}$$

但 $\left\{ \begin{array}{l} D : \text{距離 (24.5 km)} \\ \lambda : \text{波長 (4.48 cm)} \end{array} \right.$

B. 機器 및 給電線損失

兩送受信機에서 回路損失을 2.6 db, 導波管損失(Feeder loss)를

富平에서 2.5 db
本社에서 7.0 db } 라 하면

機器 및 給電線損失은 12.1(db)

C. 反射板損失(Reflector loss)

反射板損失(L_R)는

$$L_R = 20 \log_{10} \frac{d_1 d_2 \lambda}{A(d_1 + d_2)} \approx 6.8 \text{ db}$$

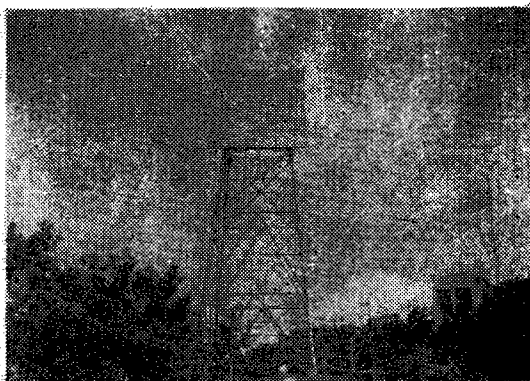
反射板損失의 餘裕를 1.5 db 로 잡으면 全體反射板損失은

$$L_R = 6.8 + 1.5 = 8.3 \text{ db}$$

但 $\begin{cases} d_1 = \text{富平} - \text{南山거리 (m)} \\ d_2 = \text{本社} - \text{ " (m)} \\ A = \text{REF의 有効面積 (m}^2\text{)} \end{cases}$

故로 全體回線에 對한 損失은

$$148.9 + 8.3 = 157.2 \text{ (db)이다.}$$



寫眞 2. 南山 6m x 7m Reflector

(2) 實効輻射레벨

送信出力 1(W)로 30 dbm 이며, 空中線 利得(G_A)는 그 크기가 3 m ϕ 이므로

$$G_A = 7_A \frac{4\pi A_0}{\lambda^2} \text{에서}$$

$$\approx 43 \text{ db, } 2(\text{個}) = 86 \text{ db인 故로}$$

實効輻射레벨 G_0 (dbm)는

$$G_0 = 30 + 86 = 116 \text{ (dbm)이다.}$$

但 $\begin{cases} 7_A = \text{空中線能率} \\ A_0 = \text{開口面積} \end{cases}$

(3) 機器諸要素 決定

上記 (1), (2)項의 數値로서 보면 受信機의 受信 入力 레벨(P_r)는

$$P_r = G_0 - L(\text{全體損失}) = 116 - 157.2$$

$$= -41.2 \text{ (dbm)이고}$$

受信可能 最少信號 入力 레벨(Threshold level) P_{th}

는

$$P_{th} = 10 \log_{10} C_f K T B F \approx -82 \text{ (dbm)인 故로}$$

(但, $C_f = 8$: FM, K = Boltzman 의 定數, T = 絕對溫度, B = 受信機의 帶域幅, F = 雜音指數)

Threshold margin(M_{th})는

$$M_{th} = P_r - P_{th} = -41.2 + 82 = 41.8 \text{ (db)}$$

即 約 40 db 의 餘裕度를 가짐을 알 수 있으며, 이레의 信號 對 熱雜音은

$$S/N(\text{db}) = 10 \log_{10} \frac{P_r}{K T B F} \left(\frac{\Delta f}{f_m} \right)^2 \text{에서}$$

$$= 139 + 10 \log_{10} P_r - 10 \log_{10} F + 20 \log_{10} \frac{S_0}{f_0}$$

$$= 139 - 41.2 - 13.0 - 17.4$$

$$= 67.4 \text{ (db)이다.}$$

(但, P_r = 受信入力레벨 = 41.2 db, S_0 = Test tone \pm 140 Kc P-P, f_0 = Base band 의 最高周波數 1,052 Kc)

3. 空中線系

(1) Parabolic Antenna

本空中線은 Parabolic 反射鏡 給電導波管 Apex板 및 Phasing bar 로 構成되어 있으며 反射鏡 中央에 設置된 Apex板은 反射鏡에서의 反射波가 給電導波管에 反射되어 給電線 Impedance 特性의 惡化를 防止하기 위한 것이며 Phasing bar 는 給電導波管에서 反射波를 防止하고 Impedance 特性 및 良好한 輻射波 Pattern 을 維持함과 아울러 給電導波管을 保持하는 役割을 擔當하고 있다. Parabola 反射鏡은 焦點에서 勵振給電導波管으로부터 輻射한 電波를 反射鏡으로 反射하므로 球面波를 平面波로 前方에 輻射하고 있다. 이 反射鏡은 回轉形, 圓筒形, 切斷形이 있으나 本空中線은 直徑 30 m ϕ 의 回轉形이 使用되고 있으며 一般의로 特定한 平面內의 指向性的 幅은 그 面內의 拋物面의 幅에 逆比例함으로 回轉形은 둥근 Stop 形의 指向性이다. 本欄에서는 幾何學的 構成을 省略하며 Parabola 面에서 輻射된 電波의 指向性은 Parabola 의 形狀과 開口面上의 電磁界分布로 決定되나 電磁界分布는 一次輻射器의 Parabola 에 對한 關係 即 一次指向性 Parabola 面과의 關係에 依해서 變化한다. 理想的으로는 開口面上의 振幅과 位相이 같다고 하면 이레의 指向性은

$$g(U) = 2\pi a^2 \frac{J_1(U)}{U}$$

$$\text{단 } \begin{cases} U = \frac{2\pi a}{\lambda} \sin \theta \\ a = \text{開口面半徑} \end{cases}$$

로 表示되며 電力의 半幅幅은

$$\theta \approx 1.02 \frac{\lambda}{D} \text{ (rad)}$$

로 된다.

다음으로 3 m ϕ 의 空中線利得(G_A)는

$$G_A = 10 \log_{10} \frac{4\pi}{\lambda^2} A \eta = 43(\text{db})$$

但 $\begin{cases} A = \text{開口面積} \\ \eta = \text{空中線効率} \end{cases}$

로 되며 空中線의 綜合特性은

- 가. 周波數 Range 6, 575 MC ~ 6, 875 MC
- 나. 利得(6, 700 MC) 43 db
- 다. 耐風壓 140 miles/H
- 라. 前後比 約 45 db
- 마. U.S.W.R. 1.1 以下
- 바. 方向調整範圍 $\pm 5^\circ$

(2) 反射板(Reflector)

Microwave 通信方式에 있어서 傳搬特性上 可視距離內 通信을 行할이 普通으로 地形上 이 目的을 遂行 不可能時는 中繼裝置가 要求되므로 이 方法은 여러가지가 있으나 本回線에서는 經濟的 및 地理的인 與件에서 反射板 中繼로서 充當 可能하므로 이를 擇하였으며 그 規格 및 設置는 다음과 같다.

A. 反射板의 規格決定方法

前項 (1), (2)에서 反射板을 使用치 않는 前提에서 的 受信 入力 레벨 P_r 는

$$P_r = G_0 - L_S(\text{損失}) = 116 - 148.9 = -32.9(\text{dbm})$$

最低受信入力레벨(Threshold level)은 $-82(\text{dbm})$ 인 故로

$$M_{th} = P_r - L_{th} = -32.9 + 82 = 49.1(\text{dbm})$$

前項에서 Fade margin 이 約 40 db 였으므로 Reflector 損失은 9.1 db 以下여야하며 實際로는 餘裕를 1.5 db 程度 잡았으므로 反射板 損失은 7.6 db 以下라야 한다.

故로 反射板의 크기 $A(\text{m}^2)$ 는

$$L_{R0} = 20 \log_{10} \frac{d_1 d_2 \lambda}{A(d_1 + d_2)}$$

$$|7.6 = 20 \log_{10} \frac{22.95 \times 1.55 \times 0.0448}{A(22.95 + 1.55) \times 10^{-3}}$$

$$20 \log_{10} A = 20 \log_{10} \frac{22.95 \times 1.55 \times 0.0448}{(22.95 + 1.55) \times 10^{-3}} - 7.6$$

$$A = 29.053(\text{m}^2)$$

但 $\begin{cases} L_{R0} = \text{反射板損失}(\text{db}) \\ \frac{d_1}{d_2} > \text{各區間距離} \\ A = \text{REF의 有効面積}(\text{m}^2) \end{cases}$

다음으로 有効面積이 29.053 m^2 이므로 實際面積 A'

는

$$A = A' \times \cos \theta$$

$$A' = \frac{A}{\cos \theta} = \frac{29.053}{\cos 49^\circ}$$

$$(= 41.1 \text{ m}^2)$$

故로 $6 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ 의 規格이 決定된다. 本反射板의 損失은 約 6.8 db인 故로 餘裕를 1.5 db로 하면 8.3 db 이 된다. 前項에서 計算值인 Threshold margin 은

$$49.1 - 8.3 = 40.8(\text{db})$$

로써 結果的으로 滿足될 수 있는 것이다.

B. 設置上 反射板位置의 法線決定

反射板 設置上 問題點의 하나인 方向決定에 있어 法線方向의 正確한 決定이 重要하므로 이를 決定함에 있어서는 正確한 測量에 依據하여 決定할 수 있으나 그림 2에 있어서는 아래와 같이 決定할 수 있다.

Reflector 設置角 決定要素는 Reflector 地點에서 本電波의 進行方向으로 下圖의 α, β 및 H 이다. 即 α, β 는 Reflector 中心에서 水平面과 Parabolic antenna 方向과의 角(伏仰角)이며 또 H 는 Reflector 中心에서 水平面에 投影한 兩 Parabolic antenna를 連絡한 角(平面角)이다. 上記 平面角 H 및 伏仰角 α, β 에서 Reflector의 法線方向은 다음과 같다.

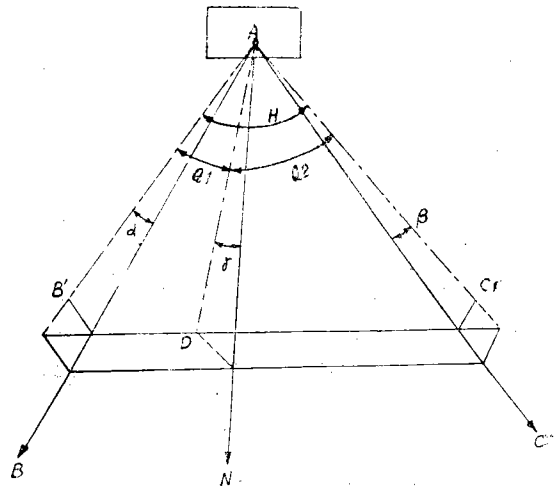


그림 2. 反射板位置의 法線決定法

그림 2와 같이 BA 는 電波의 到來方向이고 A 點에서 反射하여 AC 方向으로 進行한다고 하면 A 點의 法線方向 N 는 角 BAC 를 2등분한 方向이다. 이 N 를 水平面에 投影하였을 때 N 와 水平面이 이룬 角(Reflector)의 伏仰角을 γ , 水平面上에서 H 를 B 및 C 方向에 돌린 角을 θ_1, θ_2 라 하면

$$\cos \theta_1 = \frac{\cos \beta + \cos \alpha \cos H}{M}$$

$$\theta_2 = H - \theta_1$$

$$\tan \gamma = \frac{\sin \alpha + \sin \beta}{M}$$

$$\text{但, } M^2 = \cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos H$$

로서 決定되며
 南山에 設置된 Reflector는
 $\tan \gamma \approx 2.3$ 이다.

4. 無線機器의 動作 概要

(1) 性能

A. 綜合性能

- (1) 送受信周波數帶 6, 575 Mc~6, 875 Mc
- (2) 送受信周波數間隔 160 Mc
- (3) 中繼方式 檢波中繼方式
- (4) 變調方式 SS-FM
- (5) 通話容量 300 CH(9 區間中繼)
600 CH(2 ")
- (6) 豫備方式 set 豫備方式
- (7) 搬送信號 周波數帶域
60 Kc~1, 300 Kc(300 CH CCIR 표준)
60 Kc~2, 540 Kc(600 CH CCIR 표준)
- (8) 打合信號周波數帶域 0.3 Kc~3.4 Kc
- (9) Pilot 信號周波數 331 Kc(60 CH 以下)
607 Kc(120 CH ")
1, 499 Kc(300 CH ")
3, 200 Kc(600 CH ")
- (10) 映像信號傳送帶域 및 偏差
0.3~3, 500 Kc(線路濾波器不包含)
偏差 { 0.3 Kc~48 Kc 3 db
60 Kc~3, 500 Kc 1 db
- (11) 變調信號入力레벨 및 復調信號出力레벨搬送信號
變調信號入力레벨 -25 dbm/CH
復調信號入力 " -15 dbm/CH
- (12) 變復調入力 Impedance 75 Ω unbalance
- (13) 周波數偏移, 搬送信號 200 Kc rms/CH(표준)

Pilot 信號 140 Kc rms

(14) 裝置使用 周圍條件

溫度 5°C~45°C(0°C~55°C 使用可能)

B. 送信部

- (1) 送信管 및 出力
Klystron 7 V 224(約 1 W)
- (2) 送信周波數安定度
 $\pm 6 \times 10^{-5}$ 以內(25°C \pm 20°C)
- (3) AFC 方式 空胴基準無定位方式
- (4) 變調 " Klystron repeller
變調方式
- (5) 變調器微分特性 ± 4 Mc에서
一次傾斜 2% 以下
二次曲線 3% "

- (6) 送信機監視方式 Pilot 信號檢出
一次경사 1 st order slope
二次곡선 2 nd " "

C. 受信部

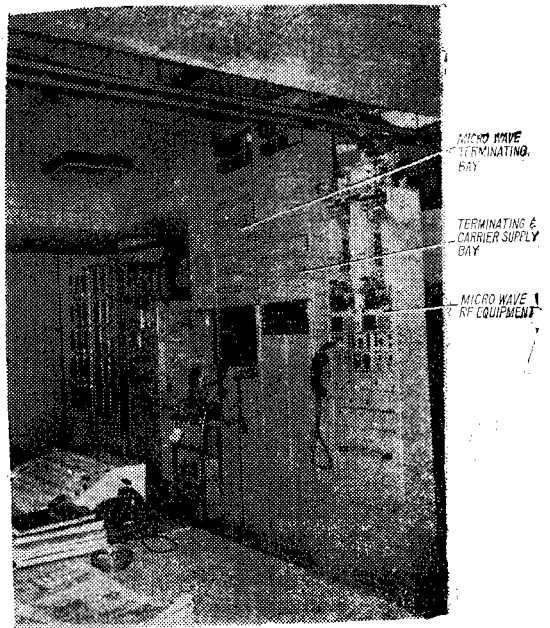
- (1) 方式方式 Super heterodyne 方式
- (2) 局部發振器 Klystron 2 K 26
- (3) 局發周波數安定度
 $\pm 6 \times 10^{-5}$ 以內(25°C \pm 20°C)
- (4) AFC 方式 空胴基準無定位方式(獨立式)
- (5) 雜音指數 13 db 以下(Mixer 入力에서)
- (6) 中間周波數 70 Mc/s
AGC 特性 -30 dbm~80 dbm 入力變化에
對해 中間周波數信號出力레벨
變化 2 db 以內
- (7) 復調器微分特性 ± 6 Mc의 범위에서
一次傾斜 2% 以下
二次曲線 3% "
- (8) 受信機監視方式 Pilot 信號檢出 및
S/N 檢出

D. 送受信 導波管 回路

- (1) 送信回路損失 1.3 db 以下(標準值 1 db)
- (2) 受信回路損失 2.2 db " (" 1.6 db)
- (3) 映像信號抑壓度 65 db

E. 所要電源

- (1) 電源의 種類 DC 21 V \pm 1.6 V
- (2) 消費電力 DC 21 V 約 320 W



寫眞 2. Cannel Microwave Set 全景

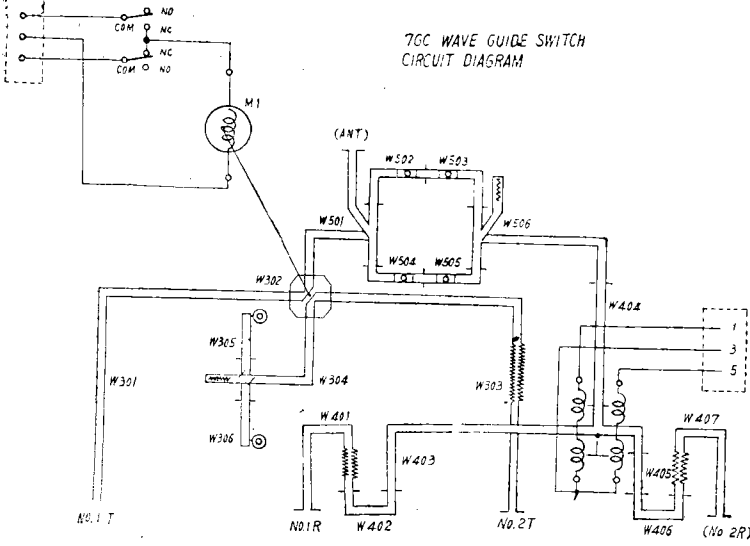


그림 3. 送受信 導波管 斷續系統圖

(2) RF 送信部 動作

RF 無線機器는 그림 3과 같이 多重端局 裝置에서의 多重搬送信號는 端子板 x_1-1 或은 y_1-1 에 引入되어서 送信信號分波器에 傳送되어 打合增幅器(OW AMP)에서 온 打合信號(音聲信號)와 結合되어 送信 Base band 信號로서 送信映像切替器(T. Video SW)에 의하여 1號機 或은 2號機側에 切替되어 送信 Pilot 分波器(T. PIL. FIL)에 傳送된다. 여기서 Pilot 發信器에서 送 나오는 Pilot 되는 Pilot 信號와 複合되어 送信信號가 된다. 이것을 便宜上 送信映像信號라 稱하면 이 映像信號는 Level controller에 依하여 送信變調度가 規定值가 되도록 調整되어 變調映像 增幅器(MOD VID AMP)에 傳送된다. 다시 送信 Klystron의 Repeller의 直流電壓에 重疊되어 Klystron Repeller에 印加된다. 이 送信 Klystron는 直流 REP 電壓을 適當히 調整함으로 規定의 周波數發振이 이루어져서 直流 REP 電壓에 重疊한 送信映像信號는 周波數 變調된다. 送信 Klystron의 變調特性은 Pulling 回路에 依하여 補償되어서 直線性을 良好하게 할 수 있으며 여기서 다시 Long Line Effect에 依한 變調特性의 劣化를 防止하기 위하여 順方向(T. osc에서 空中線方向)에는 損失을 極少하게 하고 逆方向에 對해서는 큰 損失을 주는 Iso-llatotr를 使用함으로 送信 OSC의 負荷인 空中線側의 影響을 없애고 良好한 變調特性을 維持할 수 있게 되어 있다. 周波數 變調된 Micro 波 送信信號 Isolator를 통해서 Wave Guide 切替回路에 傳送되어 Isolator에 附屬되어 있는 2個의 方向性結合器(Directional Coupler)는 送信 AFC 方向性結合器 및 送信監視用 方向性結合器이며 送信信號는 Waveguide 切替

器에 依하여 No. 1 機或은 No. 2 機로 選擇되어 送受信共用回路에 傳送되어 空中線給電源을 통해 空中線으로부터 相對局에 輻射된다. 豫備 送信機의 擬似負荷로 無反射終段은 Directional Coupler와 같이 裝置되어 豫備送信 出力의 一部를 빼내서 周波數 測定 및 電力測定을 할 수 있게 되어 있다.

(3) 受信部動作

空中線에서 饋電導波管을 통해서 受信入力端子인 導波管 切替回路에 傳送된 Micro 波 信號는 送受信 共用回路를 통해서 受信 切替 W 404에 傳送되어 Magic T型 導波管의 E-arm에 傳送되어서 여기서 2等分되어 受信周波 2段 帶域濾波器 W 502-W 503, W 504-W 505를 通過 Magic T型 導波管 W 506의 Harm 및 W 501에서 2等分된 受信信號가 다시 합쳐져서 傳送된다.

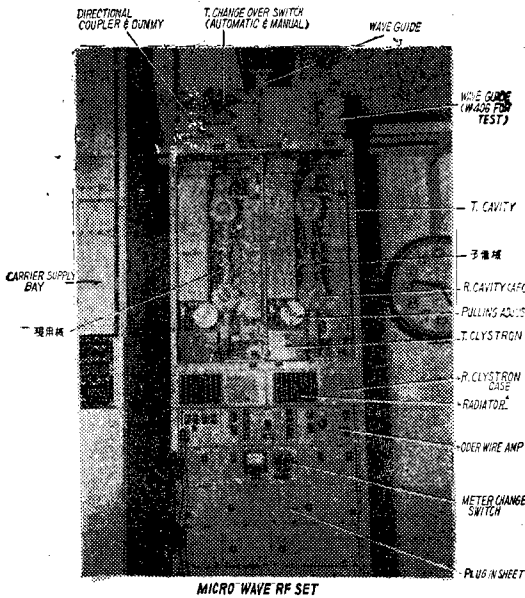
受信切替器는 豫備受信機例에도 受信信號의 一部를 漏洩시키는 構造로 되어 있어 導波管切替器로부터 受信信號는 受信 3段 濾波導波管 W 206, Isolator(W 205), 局部發振信號結合用의 Directional Coupler를 통하여 여기서 結合된 局部發振 信號와 같이 鑽石 Mount Wave Guide(W 207)을 통하여 70 Mc의 中間周波信號로 變換된다.

局部發振回路는 局部發振 Klystron(V_2) Klystron-Mount Wave Guide(W 201), Directional Coupler(W 202) 및 Klystron 電源供給回路로서 構成되며 局發周波數는 Repeller 電壓을 적당히 調整하고 Klystron Cavity 同調用 Screw와 Klystron Mount 整合調整器로서 受信周波數 ± 70 Mc 어느것이나 調整된다.

可變抵抗減衰器(Y 203)는 Directional Coupler에서 鑽石 Mount(W 207)에 傳送되는 局發信號레벨을 0 dbm로 調整하기 위한 것이며 局發信號의 一部는 局發周波數 AFC 回路에 傳送되어 送信 AFC 回路와 同一한 方法으로 局發信號 周波數의 安定度를 期하게 된다. 70 Mc로 周波數 變換된 中間周波受信信號周波는 적당한 帶域幅을 가진 中間周波 增幅器에서 增幅되어 Frequency Discriminator 回路에서 復調된 受信映像信號 出力은 AGC에 依據約 -5 dbm로 一定하게 制御된다.

受信映像信號 出力은 復調映像增幅器에 規定 Level로 增幅되어서 受信 Pilot Filter에 傳送되어 여기서

映像信號와 Pilot 信號가 分離되어 Pilot 信號는 受信監視回路에 傳送되고 各種 搬送信號 및 打合信號는 Squelch 回路 및 Cx Tack 를 거쳐 1號機 및 2號機 切替 SW 에 傳送되어 切替된 回路를 通하여 受信 信號分波



寫眞 4. 送受信機前面

器에 傳送되어서 여기서 다시 打合信號는 分離되어 打合信號 增幅器에 依據 增幅復調되어 音聲周波가 되어서 打合(Order Wire)回線으로서 使命을 하고 各種搬送信號는 多重端局裝置에 傳送된다.

5. 各部動作 試驗結果

(1) 變復調器 直線性(微分特性)의 測定

變復調器의 直線性의 長否는 回線總合의 非直線性歪에 對해서 支配的인 影響力이 있으므로 一般的으로 直線性 測定의 精密度를 높이는 方法으로서 微分曲線을 求하는 것이 良策이다.

A. 復調器의 直線性(微分特性)

이 微分特性의 調整은 周波數辨別器의 Coil 및 容量을 加減하여 調整할 수 있다.

B. 變調器 直線性(微分特性)

Scope 의 波形은 復調特性과 大體로 同一하다 % 偏差方法도 同一하나 調整法에 있어서는 Pulling Adjust 周波數調整 Screw, Repeller 電壓 調整으로 影象을 調整한다. 其他 無線機 및 搬送端局裝置의 試驗結果值 圖面은 다음과 같다.

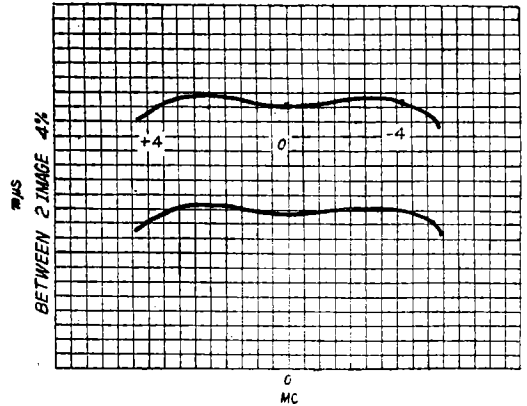


그림 4. 復調器微分特性

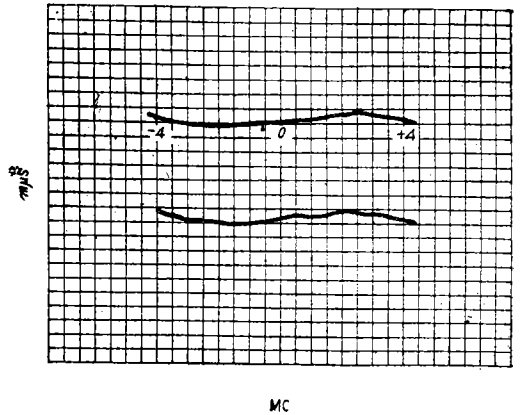


그림 5. 變調器微分特性

(2) 終端 및 變換裝置

Far end cross-talk 가 65 db. Near end Cross-talk 가 50db, S/N 가 63 db 以上 있었다.