

# TV 用 Microwave S. T. Link 및 送信機製作記

金 相 林

## 1. 序 言

오랜 時日과 여러가지 試練과 數많은 難題들을 克服하고 오는 12月에 開局하게 될 民間放送인 東洋 TV는 또한 여러가지 社會的 貢獻과 放送界 技術發展에 많은 貢獻을 期約하고 있다. 特히 여기에 쓰여질 모든 機器들이 國內에서 製作되었다는 點은 그것이 外製의 흉내에 지나지 않는다 하더라도 그 質이나 技術이 先進國에 비해 많은 差異가 있는것이 아님은 決코 過少 評價될수는 없다. 이것은 한便 우리 技術이 많이 發展했음을 證明하는 것이면서 또한 모든 面에 意慾과 自信을 갖게 해줄 것이라고 믿는다. 이런 意味에서 筆者도 그 機器製作에 微少나마 一部를 擔當할 수 있었음을 無限한 榮光으로 生覺하면서 4KW TV 送信機와

ST Link 및 中繼用 마이크로웨이브 製作에 있어서의 資料들을(特異한 것은 없지만) 開陳해서 斯界의 뜻있는 분들에게 微少나마 도움이 되게 할 수 있는 機會를 갖게 된 것을 또한 기뻐하는 바이다. 然이나 其間製作에란 置重하였든 나머지 充分한 實驗資料를 얻지 못하였다는 點과 또한 얻은 資料도 미처 整理하지 못해서 여기 記述할 수 없게 되었음을 서운하게 생각하는 바이다.

## 2. Microwave S. T. Link

이번 製作한 몇臺의 Microwave는 TV 用 ST Link 및 中繼를 위한 것이며 5,925~7,425 Mc의 周波數範圍를 갖는 것으로 固定 및 携帶兩用의 것이다.

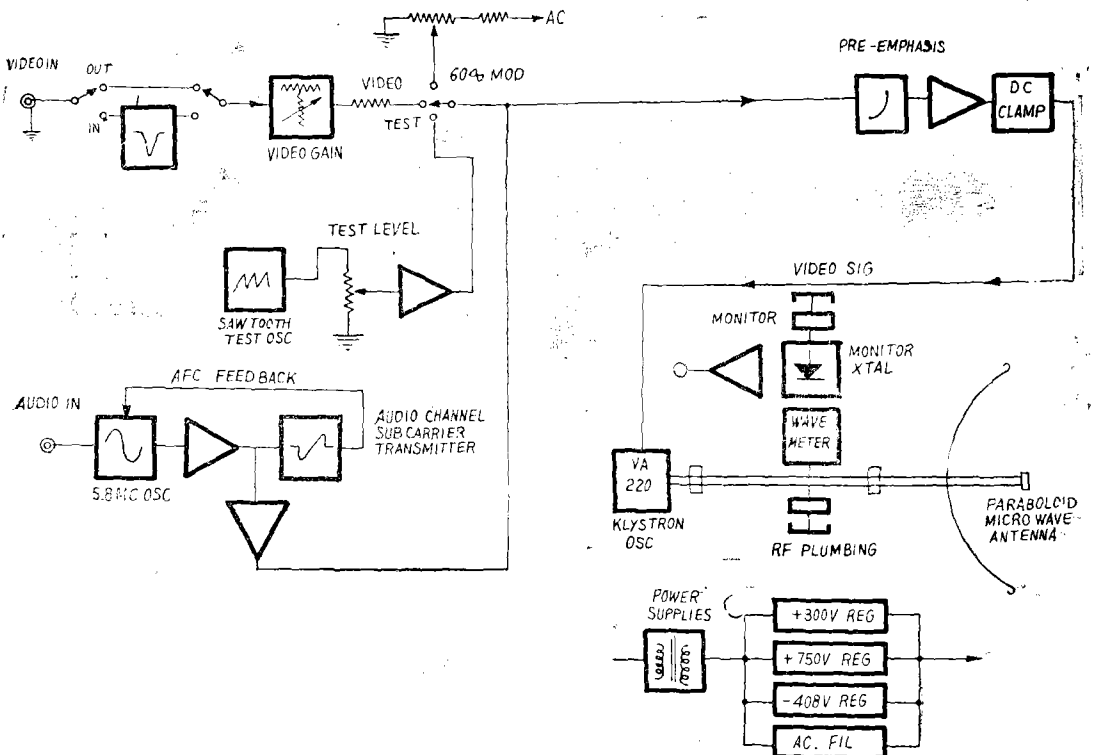


그림 1. 送信機系統圖

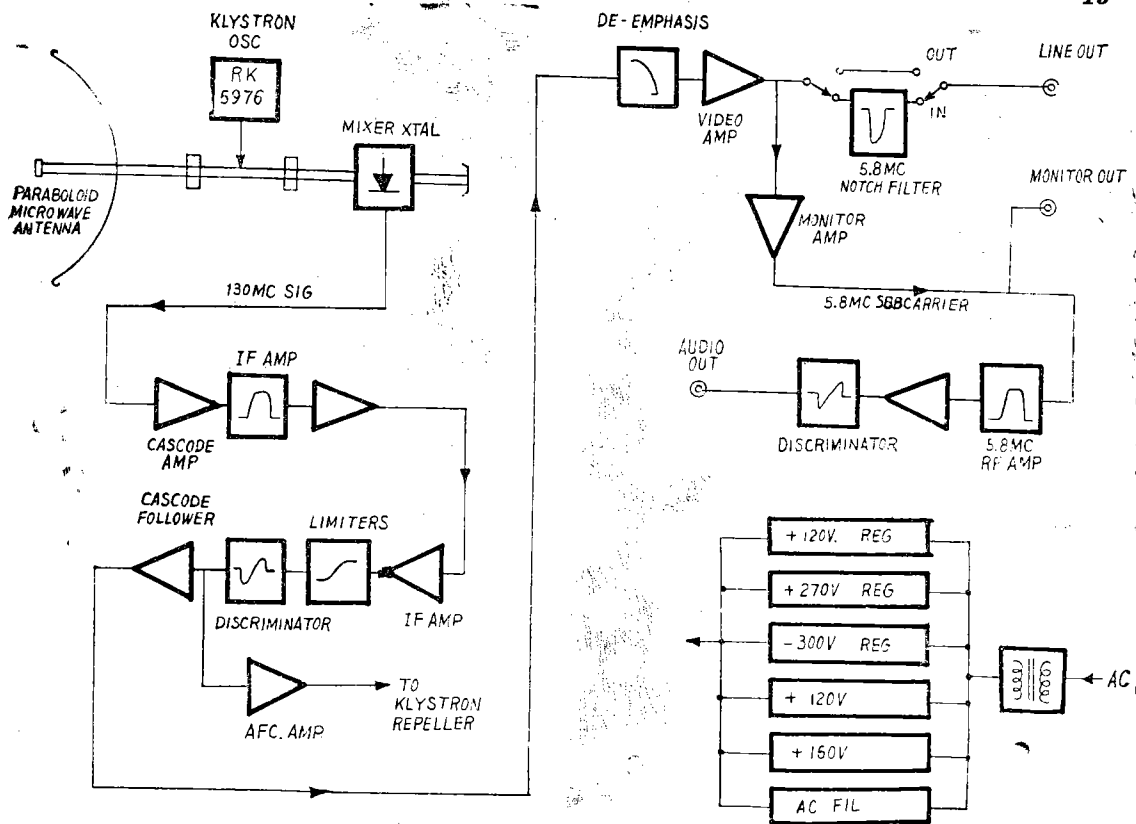


그림 2. 受信機系統圖

가. Microwave 送信機

發振管으로는 許可된 周波數에 맞추기 위해서 VA 220(Reflex Klystron) Series의 C를 使用하였다. 이 Klystron의 特性은 그림 3과 같으며 DC Repeller 電壓變動을 시켜 變調를 얻으며 Cavity를 變化시켜 周波數와 Mode Balance의 變化를 얻게 된다. 變調感度

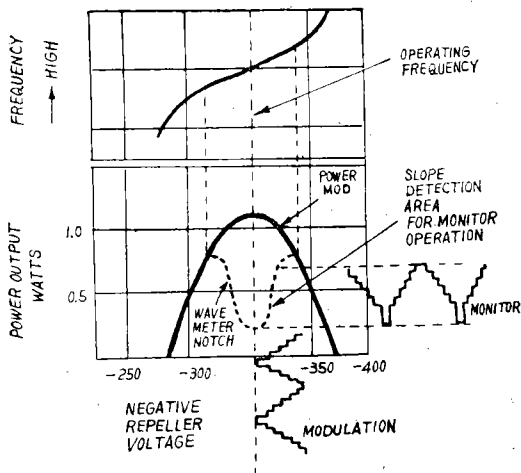


그림 3. VA 220 C 特性

는 平均 0.3 Mc/Volt 이다. VA 220의 變調特性에 있어서 가장 直線성이 좋은 곳은 最大出力點 上下로 各各 2.5 Mc 程度인데 TV에서는 이 最大出力點에 映像信號의 Sync tip를 두게 하기도 하고 2.5 Mc 程度 周波數가 낮은 쪽에 두기도 한다. Sync tip의 電位는 變調器의 DC Clamp 回路에 依해서 DC Repeller 電位와 같게 되며 映像信號에 依해서 負의 Repeller 電位가 增加됨에 따라 周波數가 높은 쪽으로 偏移되면서 FM 變調波가 생기게 된다. 使用周波數는 Sync tip의 周波數가 되는 것이며 萬一 Repeller 電壓을 잘못 調整하던 最大出力도 얻지 못하게 되며 變調도 直線성이 좋은 點에서 얻지를 못한다. DC Repeller 電位는 -250 V에서 -408 V 사이에 調整할 수 있게 하였다. VA 220 C(6, 875~7, 125 Mc)를 몇個 實驗해본 結果에 依하면 最大出力을 얻을 수 있는 周波數는 約 7,000 Mc을 中心으로 해서  $\pm 50$  Mc 範圍이고 낮은 쪽과 높은 쪽은 大概 3 db 以下로 떨어지는 것을 알 수 있었다.

FM 雜音改善策으로 送信機의 變調器入力端에 그림 4와 같은 特性을 갖는 9 db Pre-emphasis 回路를 挿入하였는데 이것은 또한 Differential phase 및 Gain의 Distortion 에도 改善을 주게 된다. 이 特性을 測定

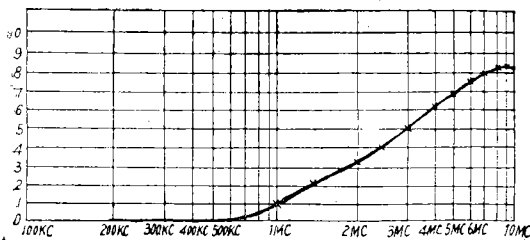


그림 4. Pre-emphasis Response

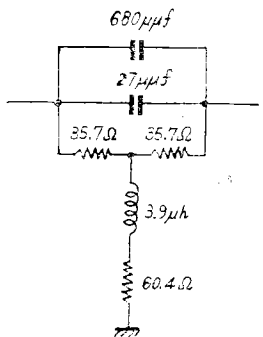


그림 5. Pre-emphasis 회로

하는때는 1 Mc 以上은 Video 掃引信號로 直接 Scope 上에서 直視할 수 있으며 1 Mc 以下는 Signal Generator로 入力을 一定하게 하고 出力을 測定하면 된다.

映像變調 Level은 變調器入力 0.8 V. PP에 100% 變調되며 이때 Deviation은 4 Mc이 된다.

Klystron의 發振, 變調, 出力 및 周波數等を 監視하는 裝置로써 廣帶域特性을 갖는 十字形 方向性, 結合器를 만들었다. 十字形 구멍과 구멍사이는 세로와 가로로 各各  $\lambda/4(6500 \text{ Mc})$ 로 하였으며 結合度는 約 20 db 程度로 하였다. 여기에 吸收形 Wave meter를 附着시켜 그림 3과 같은 Power mode에 Notch를 생기게 하여 Slope 檢波를 하게 한다. Crystal은 1N 23 WE를 使用하며 이 Crystal 電流로 Klystron의 發振 및 出力을 監視하고 檢波出力을 增幅해서 變調를 監視한다. 方向性 結合器의 無反射終端用 抵抗體로서는 여러가지 方法과 模樣을 달리해서 試驗을 했으나 測定裝置 不足으로 Data를 얻지도 못하였으며 어떤 것이 가장 좋다는 確證도 얻지 못하였다. 다만 蠟脂積層板 表面에 炭素膜이 處理된 것을 여러가지 모양으로 해서 適當한 位置에 插入固定하면 Terminate가 잘되는 點을 얻을 수는 있다.

나. Microwave 受信機

受信機의 Local Osc 로는 Reflex Klystron RK 5976

(6, 250 Mc~7, 430 Mc)를 使用하였으며 中間周波數는 130 Mc이다. 이 發振은 送信 Klystron의 發振周波數보다 130 Mc 낮게 發振시킨다. RK 5976型 Klystron은 그 發振勢力이 發振周波數 範圍內에서 周波數에 따라서 差異가 크다. 混合用 Crystal로는 1N 23 C를 使用하며 이 出力은 6 BQ 7 A의 Cascode 增幅段의 Grid에 直結되고 10段의 6 AK 5로 된 中間周波增幅段에서 約 100 db 增幅된다. 이 中間 周波段의 Band幅은 20 Mc(3 db 以內)이며 特히 雜音을 적게 하기 위해 서 附屬의 精選 및 配置에 努力을 많이 하였다. 中間

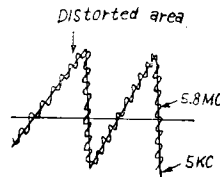


그림 6. 5 Kc Signal with 5.8 Mc Subcarrier

周波增幅器의 調整은 115 Mc~145 Mc의 掃引信號器로 各段을 全部 精密하게 하여야 하며 十餘日間の 時日을 要하곤 하였다. 이 調整을 잘못하면 周波數特性과 雜音에 큰 影響을 줄뿐만이 아니라 Differential Gain 및 Phase의 Distortion에 큰 影響을 주게 된다.

映像信號 增幅에는 低雜音 高周波增幅管인 5847 五極管을 使用하였으며 AC Hum을 적게 하기 위하여 Filament에 DC 電源을 供給했다. De-emphasis 회로에는 送信機의 Pre-emphasis에 相應하는 9 db 特性曲線을 갖는 회로를 썼다. 經驗한바로는 Pre-emphasis나 De-emphasis 회로에는 同期信號나 微分特性的 Distortion에 影響이 없다면 12 db 程度의 회로가 9 db 회로보다 FM 雜音改善에 더욱 有效하지 않을까 생각한다.

다. 送受信機 綜合特性測定

振幅周波數特性: 送信機 RF 出力端과 受信機 RF 入力端을 56 db 減衰器(4 FT Parabola로 12 km 떨어진 距離)를 通해서 連結하고 映像掃引信號器의 出力을 送信機入力端子에 加하며 受信機出力端子에서 直接 或은 映像檢波器로 檢波해서 Scope 上에서 直讀한다. 이때 送信機入力은 Normal Deviation 때보다 4 db 程度 적게 한다. 筆者가 製作한 것中の 測定值 하나를 紹介하면 다음과 같다. 200 Kc. 1 V를 0 db로 하고 送信機에 있는 6 db 減衰器를 IN 하고 測定한 것이다.

- 200 Kc — 0 db
- 500 Kc — 0 db
- 1 Mc — 0 db
- 3 Mc — 0 db
- 3 Mc — +0.2 db
- 4 Mc — +0.5 db
- 5 Mc — +0.6 db
- 6 Mc — +0.8 db

微分特性: 測定器가 없어서 測定 Data를 얻지는 못했다. 그러나 送信機 Control 回路에 Test用 5 Kc Sawtooth Generator가 있어서 여기서 나오는 5 Kc Sawtooth 信號와 Audio Channel用 Subcarrier 5.8 Mc Sine wave 信號를 써서 送受信全體 System을 微分特性이 제일 좋은 方向으로 調整할 수는 있다. 即 5Kc Sawtooth test 信號를 1V PP로 하고 5.8 Mc Subcarrier Sinewave 信號를 0.2V, PP되게 하여 6db 減衰器를 통해서 變調器 入力에 加하면 受信機의 出力端에서는 그림 6과 같은 波形을 얻게 된다. 이 信號를 그림 7과 같은 5Kc 除去 濾타回路를 써서 5 Kc Sawtooth 信號를 除去하여 5.8 Mc 成分만을 빼내서 Scope(TEKTRONIX 524 AD 같은 것) 垂直入力에 加하면 그림 8과 같은 波形이 생긴다. 이것으로 送受信 全體回路의 調整部分을 微分特性이 第一 좋게 調整한다.

信號對雜音比: 5Kc Sawtooth test 信號를 加했을 때와 無變調에 受信側에 나타나는 雜音을 比較한다. 即 受信機出力端의 75 ohm 負荷에 1V, PP의 信號가

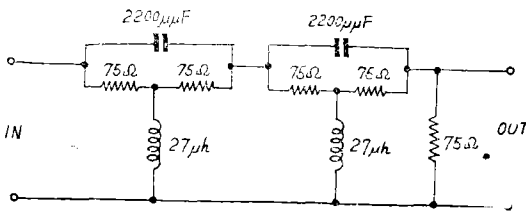


그림 7. 低周波 濾타回路

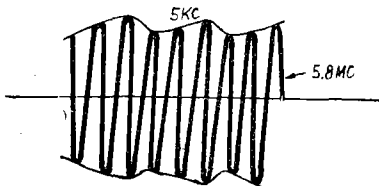


그림 8. 5.8 Mc 振幅高調波

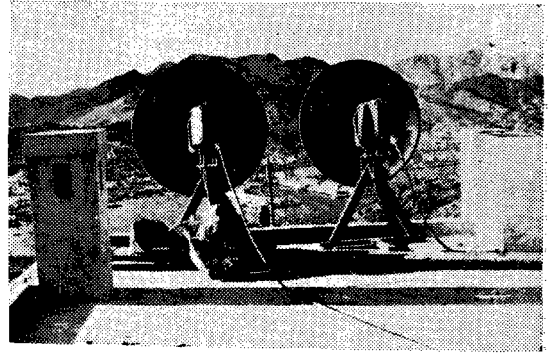


그림 9. 釜山送信所屋上에 設置한 受信機 헤드 및 안테나

생기게 送信機 入力信號를 調整하고 다음에 變調信號를 빼고 TEKTRONIX 524 AD로 雜音을 測定한다. 筆者의 경우 56db 減衰器를 통해서 送受信機를 連結하고 受信機出力을 60 사이클 Hum 除去回路를 써서 測定했을 때 50 db PP/RMS 以下였다. S/N가 約 40 db 程度면 畫面에는 거이 나타나지 않는다.

Noise Level: 受信機의 Noise Level은 다음 식으로 計算된다.

$$N = KTB F$$

但 K = Boltzman 定數

$$= 1.38 \times 10^{-23} (\text{Joul/k}^\circ)$$

T = 溫度(Kelvin)

B = Band 幅

F = 雜音指數

萬一 F를 15 db라고 한다면, T = 20°C = 293°K, B = 20 Mc 때 N = -85 dbm가 된다. 이럴 때 必要한 信號入力은 -45 dbm가 있어야 된다. 그런데 FM의 S/N 改善度에 依해서 ± 4 Mc 變調 때 約 8 db 改善되기 때문에 實地는 -53 dbm의 入力만 있으면 된다. 參考로 Path 損失圖表를 적어둔다.

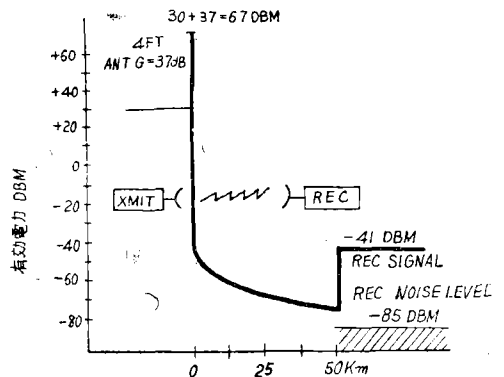


그림 10. Path Loss Diagram

信號對 Hum: 같은 方法으로 信號對 Hum을 測定

할 수 있다. 이것도 50 db 以下가 되어야 한다.

**라. 안테나**

안테나 Feeder는 Head의 導波管과 choke 후렌지로 結合되고 끝에는 反射圓板을 附着시켰으며 電界方向으로 홀이 패 있어서 Slot 안테나와 같은 作用을 한다. 따라서 水平偏波가 된다.(水平偏波가 輻射에 強하다) Parabola는 直徑이 4 Ft 이고 焦點距離는 45 cm 로 하였다. 이 안테나의 電力利得은

$G = 0.65\pi^2 d^2 / \lambda^2$  ( $d = \text{Parabola 直徑}$ ,  $\lambda = \text{波長}$ )로 計算되는데 7,000 Mc 에서 約 37 db 된다.

**마. Specification:**

周波數範圍: 5925~7425 Mc

變 調: F. M.

所要 電力: 105-125 V AC. 60 cps

送 信 機——300 W

受 信 機——300 W

送 信 管: VA 220 Reflex Klystron

出 力: 1 W, +30 dbm

F.M. 偏 移: 4 Mc. P.P.

受 信 機 局 部 發 振 管: 5976 Reflex Klystron

中 間 周 波 數: 130 Mc

中 間 周 波 數 增 幅 器 Band 幅: 20 Mc

A.F.C. : Local osc 의 Repeller 電壓을 入 力 信 號로 調 整

映 像 信 號 入 力 및 出 力 임 피 단 스: 75 Ohms

入 力 電 壓: 1.0 V. P.P.

映 像 信 號 周 波 數 特 性: 4.3 Mc 까 지 ± 0.5 db

信 號 對 雜 音 比(56 db Path: 4 ft 안테나로 12 km 에 相當): 50 db PP/RMS

音 聲 送 信 副 搬 送 周 波 數: 5.8 Mc

音 聲 入 力 및 出 力 임 피 단 스: 600 Ohms

音 聲 入 力: -5 dbm(50 Kc Deviation)

音 聲 出 力: +11 dbm

音 聲 周 波 數 特 性: 60 cps 에 서 15 Kc 까 지 -1.5, +1.5 db

音 聲 Distortion: 100 cps 에 서 15 Kc 까 지 1.5% 以 內

音 聲 信 號 對 雜 音 比(56 db Path): -59 db(40 Kc Deviation)

音 聲 Channel 直 線 性: 25 Kc Deviation 을 中 心 해 서 -25, +5 db 까 지 直 線

**3. TV 送 信 機(Channel 7)**

Microwave 도 그랬지만 特 히 送 信 機 製 作 에 있 어 서 는 機 械 的 인 部 分 에 서 많 은 隘 路 를 느꼈 다. 國 內 에 서 購 得 할 수 있 는 것 과 製 作 할 수 있 는 것 에 는 어 떤 限 界

가 있 기 때 문 에 自 然 히 機 械 製 作 에 있 어 서 도 그 設 計 에 있 어 서 많 은 限 界 를 받 지 않 을 수 없 었 다. 例 를 든 다 면 어 떤 變 壓 器 가 너 무 커 저 서 設 計 한 스페 스 에 맞 을 수 없 게 된 다 든 지 必 要 한 材 料 의 不 足 및 材 料 加 工 이 困 難 해 저 서 P.A. tube 를 꺼 꾸 로 세 우 지 않 으 면 안 되 었 다 든 지 하 는 點 은 現 우 리 나 라 實 情 으 로 는 不 可 避 한 것 이 었 다. 이 러 한 條 件 들 때 문 에 製 作 한 送 信 機 가 그 出 力 이 나 Efficiency 또 各 特 性 들 이 從 來 計 劃 했 던 것 보 다 滿 足 스 러 운 것 이 못 되 었 다 는 것 이 率 直 한 告 白 이 다. R.F. Cabinet 및 Tank 回 路 는 全 體 를 몇 번 이 고 다 시 製 作 하 곤 하 였 다.

**가. Visual Excitor**

陰 極 結 合 水 晶 制 禦 發 振 回 路 에 서 發 振 된 基 本 波 를 27 遞 倍 해 서 Channel 7 의 映 像 周 波 數 를 얻 는 다. Excitor 의 出 力 은 8 W 이 며 Driver 段 에 서 다 시 最 大 30 W 로 增 幅 할 수 있 게 하 였 다. 180 Mc 의 高 周 波 帶 에 서 는 各 出 力 管 의 各 極 間 容 量 이 커 저 서 入 力 및 出 力 回 路 構 成 에 크 게 影 響 을 주 어 그 코 일 選 定 이 나 同 調 用 C 의 配 置 問 題 가 理 論 보 다 도 여 러 번 의 實 驗 을 하 게 하 였 다.

**나. 變 調 器**

75 ohm 入 力 端 에 서 1 V P.P 의 映 像 信 號 를 받 아 被 變 調 管 의 Grid 回 路 에 서 約 40 V. P.P 되 게 增 幅 한 다. 振 幅 直 線 性 稿 正 을 하 기 위 해 서 White Stretch 回 路 와 送 信 機 에 서 25% 의 同 期 信 號 를 낼 수 없 으 니 만 큼 入 力 同 期 信 號 가 적 을 때 同 期 信 號 만 을 增 幅 하 는 Sync Stretch 回 路 를 두 었 다. 變 調 器 의 周 波 數 特 性 을 보 면 4 Mc 까 지 는 ± 0.2 db 以 內 이 며 4 Mc 에 서 漸 次 로 6 Mc 까 지 줄 어 서 4.5 Mc 에 서 約 10 db 準 다.

**다. Video P.A. Driver 와 P.A.**

Driver 에 는 4x250B 2 個 를 써 서 Push pull 로 P.A. 에 는 6076 2 個 를 써 서 Push pull 로 하 였 다.

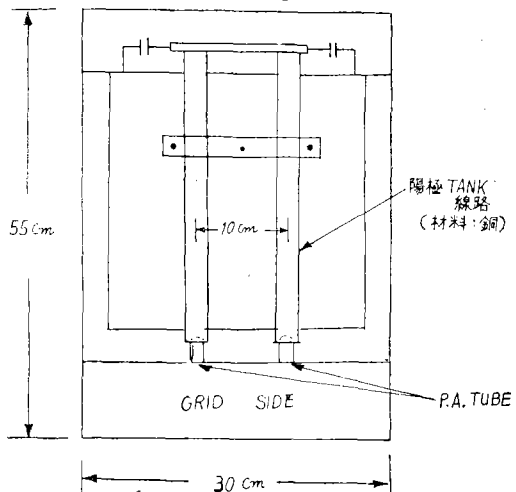


그림 11. 陽 極 Tank 回 路 斷 面 圖

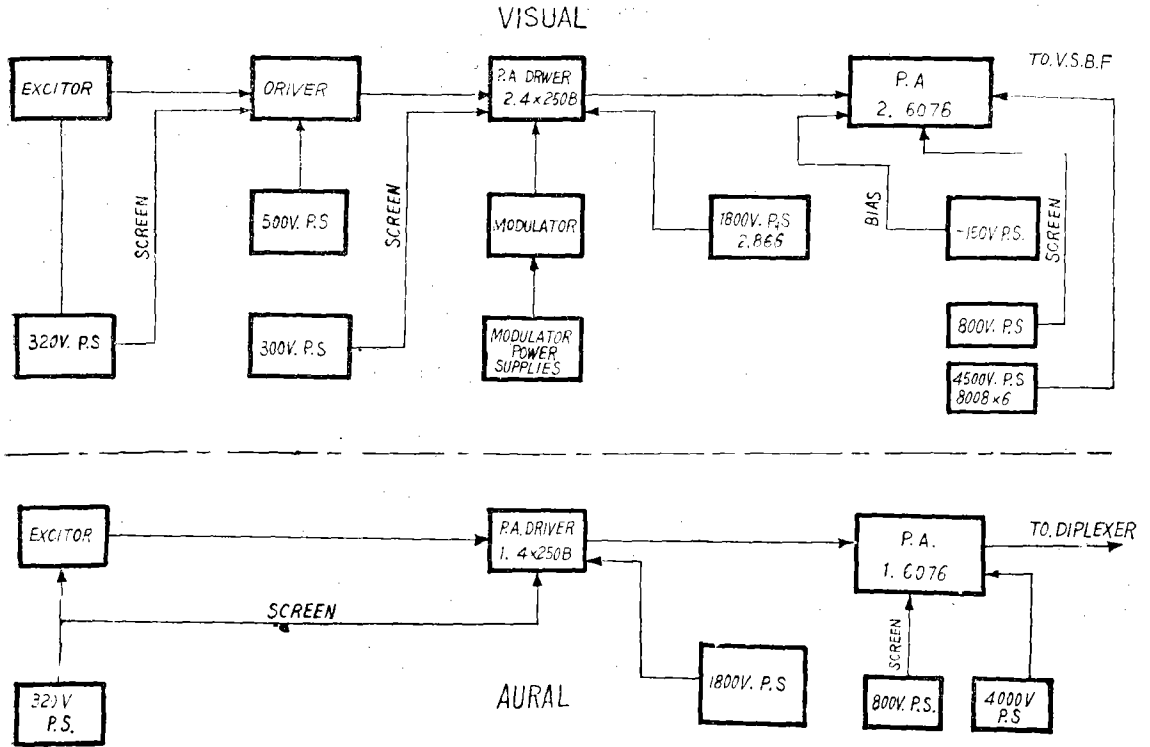


그림 12. 送信機系統圖

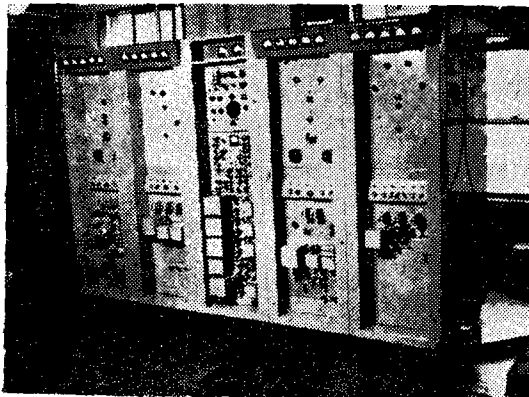


그림 13. 送信機前面

그림 11 은 陽極 tank 回路的 斷面圖를 表示한 것이다. 이 回路的 C 로는 眞空管의 極間容量과 同調用 Disc 를 使用하고 L 로는 分布定數線路를 使用한 것이다. 同調는 L 線路의 短絡과 同調 Disc 로 잡는다. 여기서 同調 Disc 는 陽極回路的 C 와 印피단스  $Z_0$  를 變化시킨다. 그림 12 에서  $Z_0$  를 分布定數線路의 特性

피단스라고 하면 分布定數線路의 길이  $l$  는  $1/\omega C = Z_0 \tan(2\pi l/\lambda)$  (但  $\lambda = \text{波長}$ ) 로 되는데 同調 Disc 를 線路에 가까히 하거나 멀리하면  $Z_0$  와 C 가 變하게 된다. Disc 를 線路에서 멀리하면  $Z_0$  는 커지고 따라서 Band幅 은 좁아지고 出力은 增加한다. 이때 線路의 길이 가 달라져야 하는데 C 보다  $Z_0$  의 影響을 더 받게 된다.  $l, Z_0, C$  의 相互間의 Data 를 測

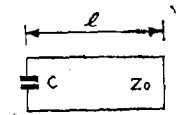


그림 14. 分布定數線路

定器 不足으로 얻지 못하였음을 遺憾으로 생각한다.

送信機周波數特性 : 映像掃引信號를 變調器入力에 加하고 4 KW P.A. 出力端에 擬似空中線을 連結하여 最大出力으로 動作시켰을때 다음 같은 測定值를 얻었다. 測定은 Demodulator 의 出力을 Scope 上으로 본 것이다.

各出力段의 測定值(同期信號 25% 入力일때)	
P.A. Driver(500 W)	P.A. (4 KW)
$I_P = 320 \text{ mA}$	$I_P = 1,200 \text{ mA}$
$V_P = 1,800 \text{ V}$	$V_P = 4,400 \text{ V}$
$V_g = -50 \text{ V}$	$V_g = -150 \text{ V}$
$P_{CUT} = 300 \text{ W}$	$P_{CUT} = 2,200 \text{ W}$

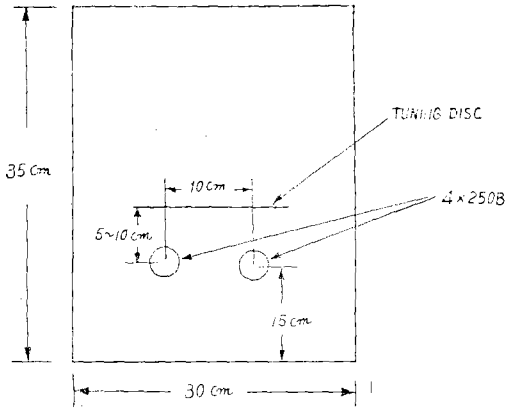


그림 15. 陽極 Tank 回路 平面圖

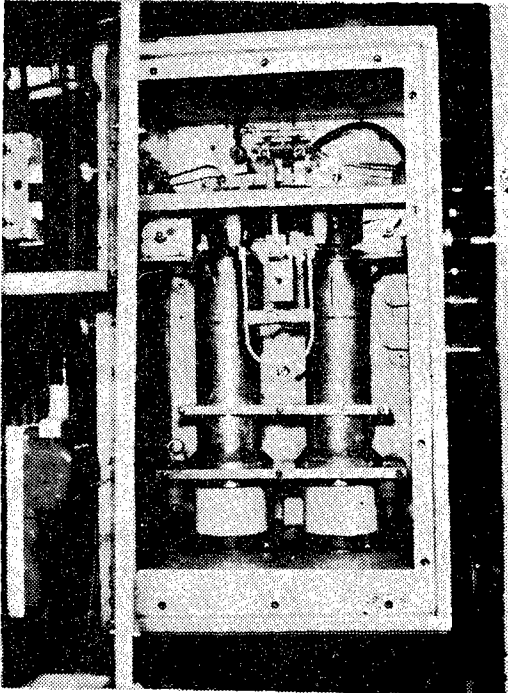


그림 16. 映像 R.F. Cabinet 內部

$$P_{UT}(\text{peak}) = 500 \times 1.63 = 500 \text{ W}$$

$$P_{UT}(\text{peak}) = 2.2 \times 1.68 = 3.7 \text{ KW}$$

라. 音聲送信機

Excitor는 세라소이드 方式로 PM를 FM로 變換한 것이며 基本波를 1,296 週倍해서 音聲周波數를 얻은 것이다. Pre-emphasis는 75 μsec 標準型을 使用하였다. 入力입피단스는 600 ohms로 하였고 +11 dbm 때 100% 變調되며 25 Kc Deviation이 된다. Excitor出力에는 6,360을 使用하였는데 이것으로 8 W出力을 얻을 수 있다. P.A. Driver에서 4x250 B 1個, P.A.에는 6076(四極管) 1個를 使用하였다.

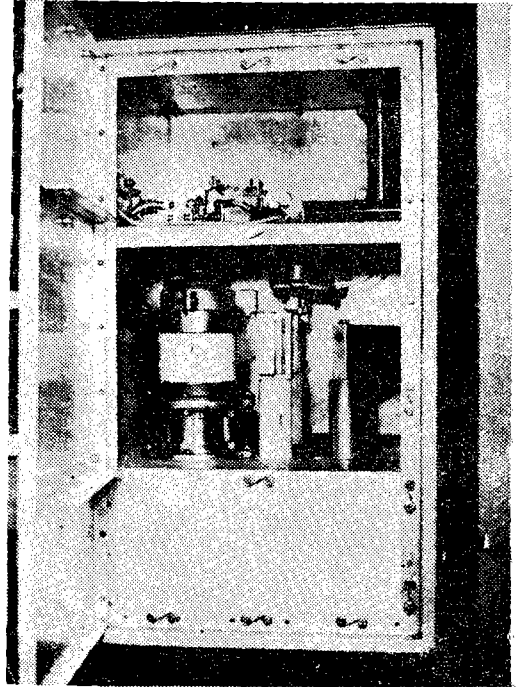
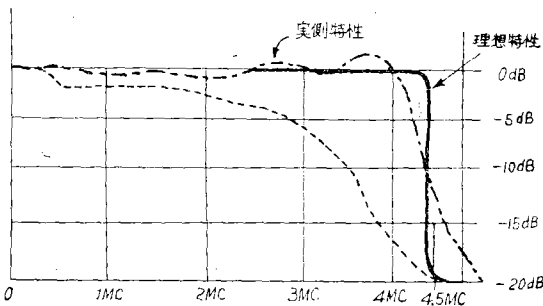


그림 18. 音聲送信機 R.F. Cabinet 內部

陽極 Tank 回路는 亦是 分布定數線路를 使用하였는데 眞空管을 꺼꾸르 세우지 않으면 안되어서 많은 變形을 가져 왔다. C는 眞空管의 極間容量으로 하고 同調는 分布定數線路의 길이 調整으로 한다. 이 原稿가 끝날 때까지도 各特性을 測定 못했기 때문에 다만 出力에 對한 値만을 적어둔다.

P.A. 入力 : 200 W       $I_P = 900 \text{ mA}$   
 $V_P : 3,500 \text{ V}$       出力 : 1,300 W  
 V.S.W.R : 1.15 以下



許容誤差

그림 17. 送信機周波數特性