

462

VOR. DME 技術基準研究

技術調査係

目 次

1. 目 的	195
2. 国内現況	196
3. 基本理論 및 動作原理	197
가. 電波航法 System	197
1) 概 要	197
2) 航法確度 및 有効通達距離	198
3) 航法 system	201
4) 進入 및 着陸 system	202
나. VOR	202
1) 概 要	202
2) 地上設備	203
가) 動作原理	203
나) 系統圖	205
3) 地上設備	215
가) 動作原理	216
나) 構 成	217
4) VOR 의 種類	220
다. DME	221
1) 概 要	221
2) 動作原理	222

3) 系統図	223
가) MONITOR	224
나) Control 關係	229
5. 器械性能	231
가. V O R	231
나. D M E	231
6. 国内外 技術基準比較	233
7. 技術基準 (案)	253
8. 結 言	267
參考文 献	269

전 송 기 사 보 이 광 표

전 송 기 사 보 김 문 성

1. 目 的

航空機는 20世紀初에 발명된 이후 오늘날에 이르기까지 飛躍的으로 발전을 하며 각종 交通機關의 中核的인 存在가 되었으며, 世界各國의 交通體系에 있어 航空의 比重은 더욱 증대하여 가고 있다. 따라서, 이의 안전運航은 수많은 人命 및 財貨에 밀접한 관계가 있기 때문에 世界의 各國에서는 航空機의 事故防止에 만전을 기하기 위해 一般的인 航空活動에 제반 규제를 加하기 위하여, 國際民間航空機構(ICAO)를 설립 航空業務의 國際的인 基本法을 제정, 각종 規定을 설정하고 있다. 우리나라는 김포공항등에 航空機의 안전運航을 위하여 VOR, ILS, DME, GCA 등이 利用되고 있다.

本 研究은 航空機의 航路選定과 距離情報을 제공하는 VOR 과 DME에 대한 國內 技術基準을 제정하여 人命안전과 電波管理局 許可業務를 志願함을 目的으로 한다.

2. 國內 現 況

國內 VOR 과 DME 設置現況은 다음과 같다.

設置場所	CHANNEL No	使用周波数 (MHz)			備 考
		VOR	DME		
		(送信)	送 信	受 信	
경기도 안양	98	115.10	1,122	1,185	김포공항
부산 직할시					수영
강원도 강릉	103	115.60	1,127	1,190	국제선 항공기 유도
경북 포항	72	112.50	1,096	1,159	"
제주도 제주	108	116.10	1,132	1,195	제주공항

※ ICAO : International Civil Aviation Organization

(國際民間航空機)

韓國 : 1952 年 12 月 ICAO 加入

3. 基本理論 및 動作原理

가. 電波航法 System

1) 概 要

航法이라 함은 移動體가 目的地點에 到達할 수 있도록 유도하는 Process 라 定義한다. 따라서 이를 위하여 移動體는 항상 目的地點과의 相對位置를 測定할 必要가 있고, 여기에 使用되는 것이 一般的으로 일컬어지는 航法 system이다.

電波航法 system에는 매우 많은 種類가 있는데, 이것을 2개의 基本的인 方式으로 區別할 수 있다. 즉, 서로 떨어져 있는 2개의 基準點에서 信號를 送信하여 그를 兩信號가 觀測點에 到達하는 時間의 差를 測定하는 方式을 時間差 方式과 兩信號 到達時間의 合을 測定하는 것을 原理로 하는 時間和方式이 있다.

이를 時間和 또는 時間差 方式에서 一定한 點의 軌跡으로서 얻어지는 것을 位置線이라 하며 前者의 경우 位置線이 雙曲線 方式이라하고, 後者の 경우 位置線이 타원이 된다. 그러나 基準點 間隔을 좁히면 前者의 경우는 位置線이 放射線에 가까워 지므로 이것을 放射線 方式 後者の 경우는 円形方式이라 한다.

兩 方式을 測定方法에 따라서 區別하면 다음과 같다.

가) Pulse 信號 또는 C W 信號를 브라운관 지시기에 나타내서 直接觀測하는 方法

a. 雙曲線 方式~ Loran, Gea

b. 円形 方式~ Shoran, Ascope 形 Radar.

나) CW 信号의 位相으로 測定하는 方法

a. 雙曲線 方式~ TACAN, Omega.

b. 円形 方式~ CW 의 DME 등.

다) ANTENNA 系의 指向特性을 利用하는 方法

o 放射線 方式~ D F, Consol, VOR, localizer, Glide

Path.

2) 航法確度 및 有効通達距離

各 航法 system 의 性能을 規定함에는 2가지의 主要素가 있다. 즉 確度和 有効通達距離이다.

主要 system 의 概要를 表1에 나타냈다.

確度에는 그 方式 固有의 기하학적 잠재確度因子와 그 方式의 有効通達距離, 測定方法, 運用條件등에 의해서 左右되며, 統計的으로 正해진 오차가 있다. 기하학적 잠재確度因子는 測定方法등으로는 左右되지 않는 量으로 時間差 方式에서는

$$W = \frac{\Delta P}{K \Delta T} = \frac{1}{2} \operatorname{Cosec} \frac{1}{2} \phi \quad (1)$$

단, ϕ : 觀測点에서 2개의 基準点을 본 角度

ΔT : 時間의 測定誤差. (system 誤差)

ΔP : 여기에 수반되는 最短位置偏位.

K : 時間距離의 變換係數로 표시된다.

또 基準點間隔 b 에 比해서 觀測點까지의 距離 r 이, $r > b$ 일 경우

$$W \approx \frac{r}{b} \operatorname{Cosec} \theta \quad (2)$$

단, θ : 基準點을 묶는 基線의 中點과 觀測點과를 묶는 直線이 基線로 하는 角度가 된다. 따라서 時間和 方式에서는 $w = \frac{1}{2} \operatorname{Sec} \frac{1}{2} \phi$ (3)

式 (1)과 (2)에서 알수 있듯이 時間和 方式에서는 基準點간의 間隔 (이것을 基線長이라고도 한다) 의 크기만큼 確度가 높은 領域이 넓게 얻어지고 確度는 距離에 比例해서 低下되고 基線延長 方向의 確度는 最低로 된다. 이것에 比해서 時間和 方式에서는 確度에 關해서 時間差 方式과 逆의 條件이 成立하는 것을 式 (3)에서 알 수 있다. 따라서 長距離 航行 援助施設에 時間差 方式을 利用할 경우 특수한 경우를 제외 하고는 " 基線長 " 이 길게 되는 雙曲線 方式이 使用되며 短距離 航行 援助施設에서는 高確度 範圍보다는 오히려 測定方法이 편리함으로 基線長이 짧은 放射線 方式이 널리 使用되고 있다. 한편 時間和 方式에서는 基線長을 0 으로한 圓形方式만이 쓰여지고 있다. 航空機와 船舶등이 位置 決定을 할경우 위에 나타낸바와 같이 얻어진 2개 이상의 位置線의 交點에 의하여 位置를 구하는데 그 位置決定의 確度因子 Ap 는,

$$A_p = \text{Coseca} \cdot \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \quad (4)$$

단, A_1 과 A_2 는 각각의 位置線에 붙어 式(1) 또는 式(3)으로 주어지는 潛在強度로서 a 는 位置線의 교차각으로 한다. A_p 는 式(4)와 같이 Coseca 에 比例함으로 a 의 減少에 따라서 증가한다. 그러므로 通常 30度 以下の 교차각의 位置線에 의한 位置決定은 避하는것이 좋다.

표 1. 주 항공용 항법 System

System	주 파 수	출 력	유효통달거리	비 고
Omega	10-14KHz	10KW		長 航
Decca	70-90KHz	1.2KW		短 航
N D B	200-1750KHz	5-10KW		長 航
Loran A	1750, 1850, 1900			
	1950KHz	130-1000KW		"
Marker	75MHz	3-5W		
ILS Localizer	108-112MHz	35W	25Mile	短 航
ILS Glide Path	28.6-335.4 MHz	12W	10Mile	進 着
V O R	112-117, 975MHz	200W	100-200Mile	短 航
D M E	962-1213MHz	3KW	200Mile	"
TACAN	962-1213MHz	7.5KW	200Mile	"
Altimeter	4250-4350MHz	0.5W	-20 ~ + 2500ft	進 着
M L S	5031.0-5090.7	10-20w	20Mile	"
	MHz			

주 : 長航 : 장거리 항행보조시설
 短航 : 단거리 항행보조 시설
 進着 : 진입 착륙 보조시설

3) 航法 System

航空에서 사용되는 長距離航行援助施設은 1950年頃 各國으로부터 提案에 의해서 國際標準方式의 決定에 이르러서 현재 Rorana, NDB, Doppler Navigation, 眞性航法裝置 (INS) 등이 단독 또는 組合되어 使用되고 있다.

短距離航行援助施設의 國際標準은 VOR이고 보다 精確한 航法을 요구하는 空域에서는 VOR의 補佐에 의해서 距離測定裝置 (DME)가 運用되는 것으로 規定되어 있다.

VOR/DME와 類似한 機能을 가진 것으로 TACAN이 있는데 이것은 군용으로 開發되었으며 그 距離部分은 DME와 같은 信號形式을 가진것으로 VOR과 併設하여 이용한 경우가 있다.

이러한 裝置를 VORTAC라 한다.

이외에 無指向性 Radio Beacon (NDB) 및 VHF用 Marker 등도 飛行経路의 標示 및 位置標示등으로 使用되고 있다.

VOR/DME의 예로써 航法 system은 飛行経路가 비슷한 그 直上을 通過하는 放射線에 設定하기 위하여 單一施設에 의한 並列 経路, 임시의 代替経路 및 그외의 地上施設位置에 拘束을 받지 않는 任意의 飛行経路로 設定하고 自由高度로의 航法을 容易하게 實現하기 위하여 VOR/DME 및 INS 등의 情報을 機上計算器로 處理, 表示하는 裝置도 使用되고 있다.

4) 進入 및 着陸 system

空港에 의 進入 및 着陸에 있어서 航空機 誘導에 使用되는 方式에는 NDB, VOR, ILS, GCA 및 PARCPrecision Approach Radar) 등이 있어 空港에 traffic 밀도, 機上條件, 地勢條件 등에 의하여 使用되는 方式이 다르다. 各 方式은 性能과 地勢條件에 따라서 進入限界高度가 決定된다.

一般的으로 航空路의 幅은 약 10 mile 이지만 着陸단계에 이르면 그 허용幅이 극히 좁아지므로, 높은 확도가 있는 裝置를 使用해야 한다. 着陸裝置로 大表的인 것이 ILS와 GCA 이다. 이들은 各各 다른 手段으로 航空機를 유도한다.

ILS 는 航空電子器械中 가장 오랜 역사를 갖고있는 裝置이며, GCA 는 2次 世界大戰中 개발된 것이다.

ICAO 에서는 ILS 를 國際表準施設로 定하고, GCA 는 補助施設로 設置選用할 것을 勸告했다.

나. V O R

1) 概 要

VOR 이란 VHF Omni-Directional Radio Range Beacon (超短波 全方向 航空無線標識) 의 약자이며 航空路의 主要地点에 VOR 地上局을 設置하여 有効距離內에 있는 모든 航空機에 方位情報을 連續적으로 指示해주므로써 正確한 航路上을 飛行하게 하는 無線設備로 使用周波數는 V H F 를 使用함으로서 空電의 影響을

적게 하고 航空路를 正確하게 指示할 수 있으나, 有効距離는 直
視距離에 限함으로 航空機의 高度에 따라 100 ~ 200 mile 이다.

VOR의 着想은 1906年頃부터이며 現在의 것은 1939年 美國
RCA의 D, G, C, Luck의 提案에 의하여 美國에서 開發한 方
式으로, 1949年에는 ICAO (國際民間航空機關)의 短距離航行保安施
設의 國際標準으로 採用되었다.

2) 地上設備

가) 動作原理

VOR의 地上局은 受信方位에 따라 位相이 變하는
30Hz의 可變位相信號 (Variable Phase signal)와 方位에 關係없
이 位相이 一定한 基準位相信號 (Reference Phase Signal)을
包含한 電波를 發射한다.

可變位相信號는 한개의 8字型電波를 輻射하는 指向性空中線인
Dipole를 1,800 rpm로 回轉시켜서 受信點에서는 空間變調에 의
한 30Hz의 振幅變調된 可變信號를 얻을 수 있고, 基準位相信號는
30Hz의 周波數變調를 받은 中心周波數 9,960Hz (이를 sub-car-
rier라 함)로 無線發送波 (RF-carrier)를 다시 振幅變調시켜
이를 無指向性空中線에 給電시킴으로써 얻을 수 있다. 이와같은
關係를 나타내면 그림 1 과 같다.

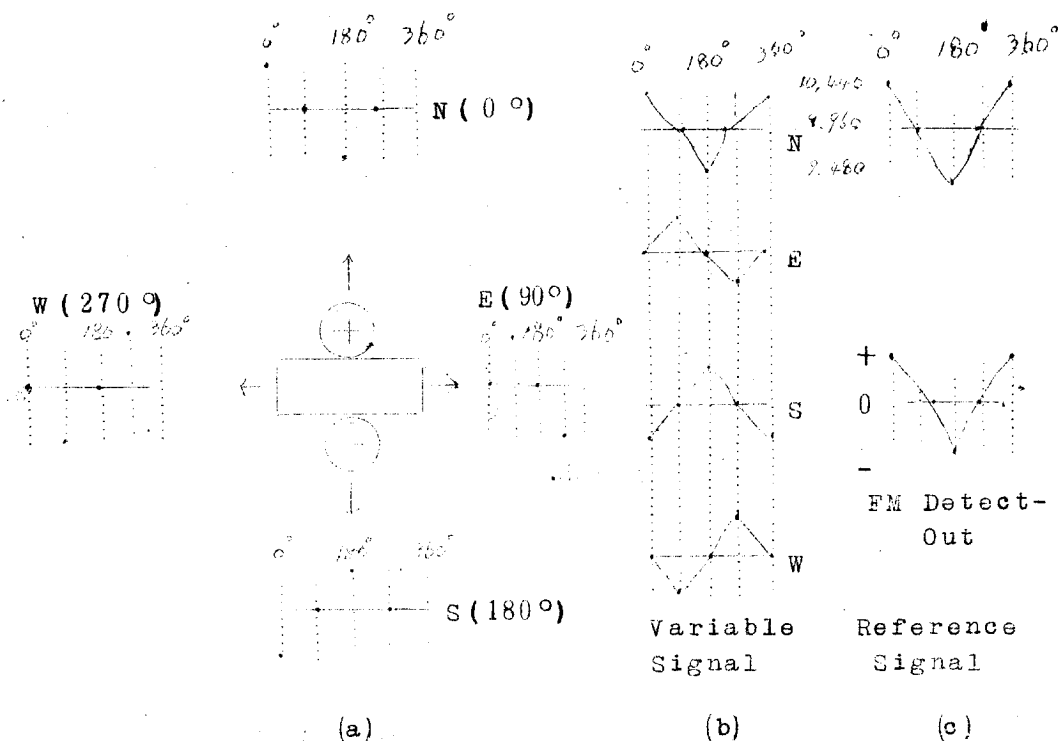


그림 1. VOR의 動作原理

Dipole 空中線의 輻射모양은 180 度の 位相差를 갖인 8 字形이므로 Dipole 이 그림 1 (a) 와 같은 位置에 있을 때에는 磁北 N 를 基準으로한 90 度間隔의 四方向에서의 電界強度는 그림의 黑点과 같다. 즉 輻射電界의 相對的強度는 이 位置일때, 즉 0 度 (北) 에는 最大, 180 度 (南) 에서는 最下, 90 度和 270 度 (東과北) 에서는 平均直이다. 이 그림은 電界의 強度를 나타내는 黑点들을 時間對 信號強度의 關係를 Graph 上에 그려넣었다.

Graph 上の 垂直線들을 90 度の 間隔으로 時間幅에 垂直으로 세웠다. Dipole 空中線의 各位置에 對한 電界強度도 같은 方法으로 생각하면 된다.

Dipole 은 30rps 의 速度로 回轉하기 때문에 受信點에서의 電波強度는 30rps 比率로 變換으로, VOR 의 無線搬送波는 30cps 의 空間振幅變調를 받는다. 이때 基準位相信號는 可變位相信號가 磁北에 있을때 同相이 되도록 調定한다.

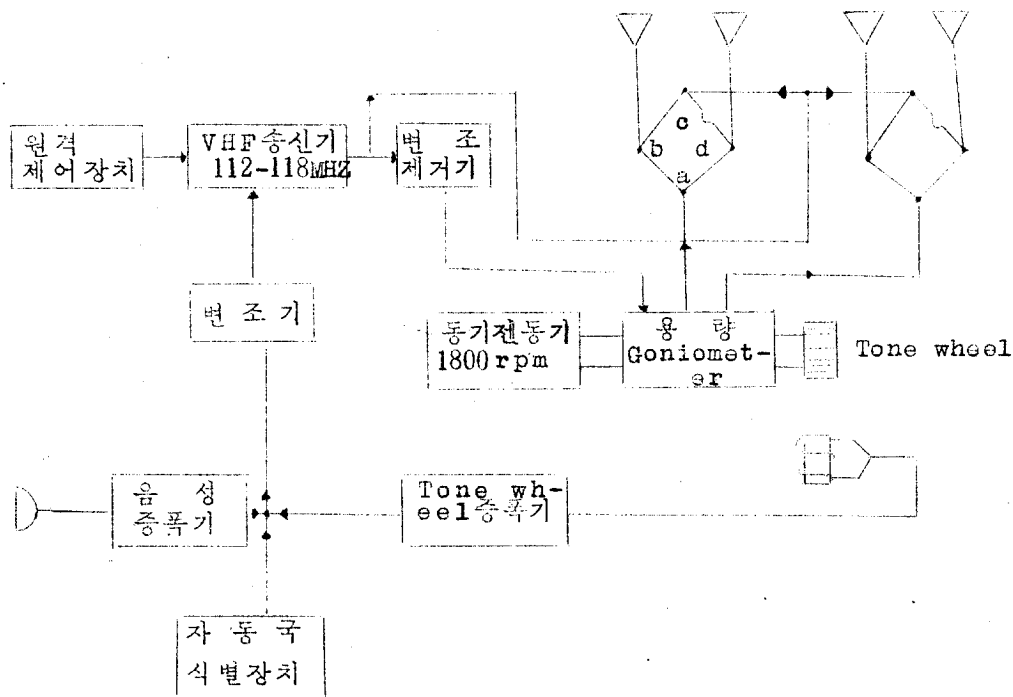
副搬送波의 周波數가 10,440 MZ 일때 Dipole 空中線의 正 Lobe 는 極北을 가르키고 Dipole 이 時計方向으로 180 度 回轉할때 副搬送波의 周波數는 9,460 HZ 로 떨어지고, 磁北으로부터 90 度和 270 度일때 副搬送波의 周波數는 9,950 HZ 이 된다. 이와같이 副搬送波는 30 HZ 의 比率로 9,460 HZ 와 10,440 HZ 사이를 變化한다. (이를 周波數變調이라 한다)

따라서 이를 FM 變波한 出力은 周波數가 10,440 HZ 일때 正電圧이 되고, 9,460 HZ 일때 負電圧이 된다. 이 電圧의 變化가 곧 基準位相信號이며, 그 變化率은 可變信號의 경우와 같이 30 HZ 이다. 그러므로 同圖 (b) 와 (c) 의 位相關係로 부터 地上局에 對한 航空機의 方位를 測定할 수 있다.

나) 系統圖

VOR 의 系統圖는 그림 2 로 표시되며 그림 3, 4 는 그 外觀이다.

다른 한 出力은 基準位相信號 (副搬送波) 와, 可變位相信號 相互間의 混交調를 없애기 위하여 搬送波의 9,960 Hz 振幅 變調分을 除去하여, Goniometer 에서 側帶波로 된다. 搬送波와 側帶波의 電力比는 可變位相信號의 振幅變調度 (30 %) 를 決定한다.



-206-

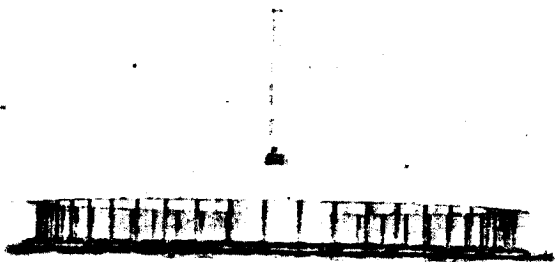


그림 3 • VOR 局 外 觀

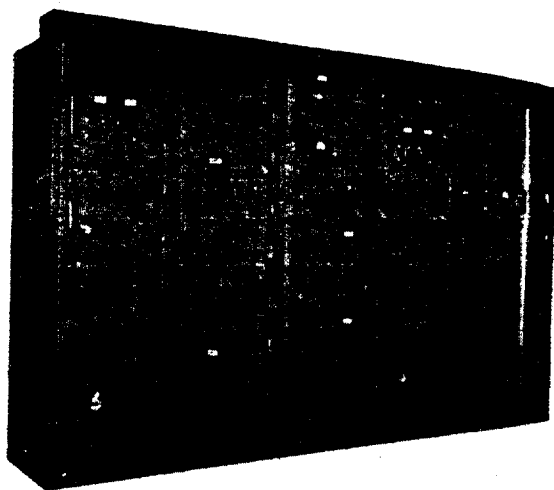
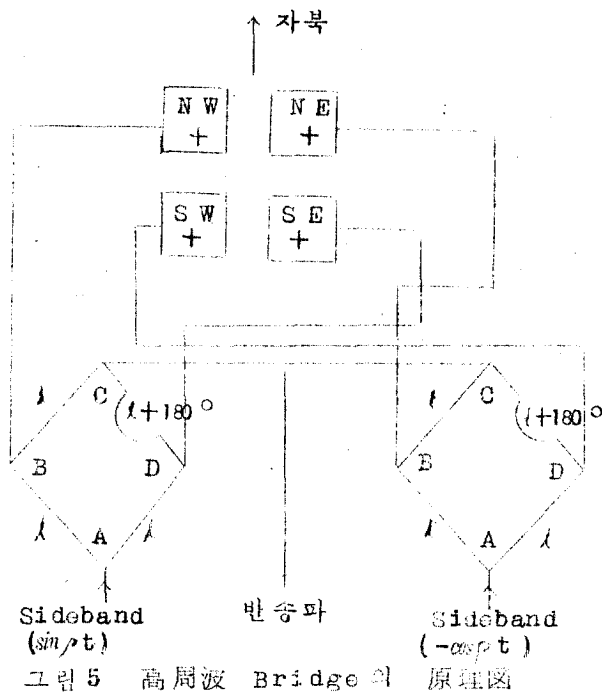


그림 4 • VOR 装置 外 觀

① 高周波 Bridge

空中線을 獨立된 高周波發生器로 勵振하기 위해서는 回路를 隔離하는 方法 및 位相關係를 適當히 維持하는 方法이 必要하다. 이를 위하여 同軸 Cable로 된 2개의 高周波 Bridge를 使用한다. 그림 5에서 AB, AD, BC는 같은 길이 L, CD는 $1 + 180^\circ$ (無線周波數에 대하여)의 길이이다. C點을 通하여 들어간 搬送波는 Bridge의 B點과 D點에 의하여 空中線에 等量의 Energy를 給電하나, A點에서는 搬送波가 除去된다.

왜 하면 C點, B點, D點에서 본 Impedance는 各各 같고, CBA와 CDA의 길이는 180° 다르므로 B點과 D點에서 A點으로 들어온 搬送波는 等振幅, 逆位相이 되어 相殺함으로, A點에서 搬送波가 流出하지 못한다. 이와같은 關係는 側帶波의 경우에도 成立함으로 C點에서는 側帶波가 流出하지 못한다. 따라서 搬送波와 側帶波는 相互干涉없이 隔離됨과 同時에 共通의 4개의 空中線에서 重疊한다. 各 空中線의 位相은 그림과 같이 定해져 있으므로 搬送波의 경우를 例들면, CB와 CD는 180° 다르므로 B點과 D點에서 逆位相이 됨으로 모든 空中線上의 搬送波는 同位相이 됨과 同時에 이 4개의 空中線이 하나의 無指向性空中線이 放射하는 것과 같은 無指向性電波를 發射한다. 또 側帶波의 경우에는 B點과 D點에서 同位相임으로 空中線의 位相에 의하여 8字形 電界를 얻는다.



② Goniometer

空中線을 回轉하는 代身 空中線을 固定시키고 그와 等価한 效果를 얻기 위한 裝置이다. VHF 帶用의 Goniometer는 容量性 Goniometer를 使用한다. Goniometer는 한 쌍의 固定板으로 構成되며 固定板의 容量分布는 그림 6과 같다.

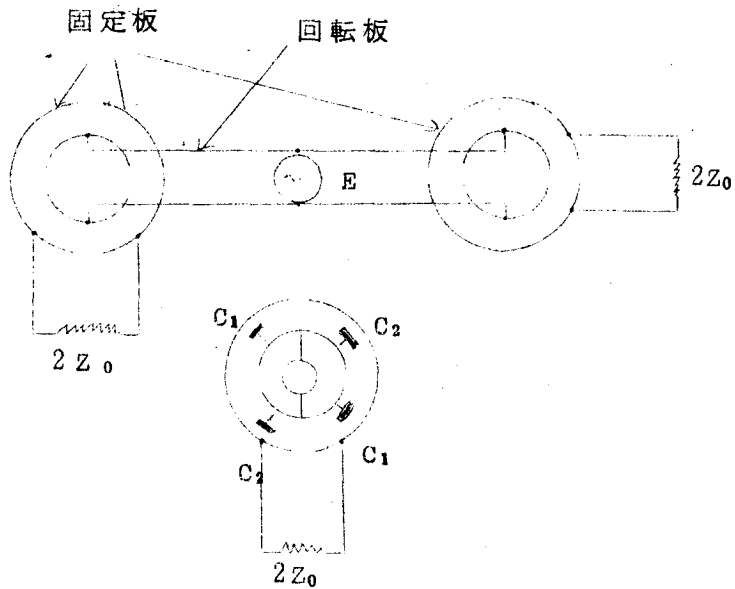
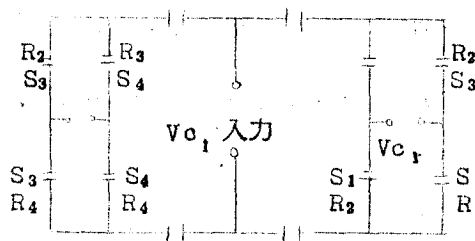


그림 6 • Goniometer 容量分布圖

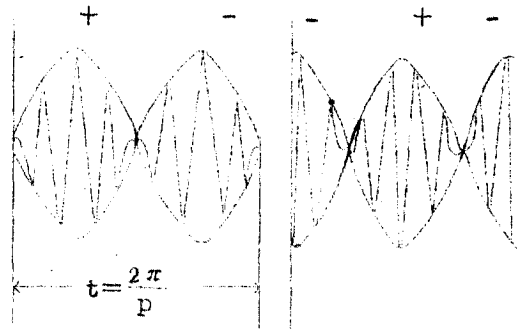
Goniometer의 等価回路는 그림 7 (a)에 그 出力波形은 (b)에 나타냈다.

그림 중에서 S : 固定板, R : 回転板, pt는 Goniometer 回転板의 回転角을 표시한다. 또 $C_1 \sim C_4$ 는 可変 콘덴사의 容量을 표시, R_1R_2 間, R_3R_4 間の 無変調入力은 出力 S_1S_2 間, S_3S_4 間(b)에 나타내는 側帶波로 한다.



$$\begin{aligned} \frac{S_1 R_1}{S_2 R_2} C_1 &= C_0 (1 + \sin pt) \\ \frac{S_1 R_2}{S_2 R_1} C_1 &= C_0 (1 - \sin pt) \\ \frac{S_3 R_3}{S_4 R_4} C_3 &= C_0 (1 + \cos pt) \\ \frac{S_2 R_4}{S_4 R_3} C_4 &= C_0 (1 - \cos pt) \end{aligned}$$

(a)



$$\begin{aligned} S_1 S_2 \text{ 間出力} \\ V_{01} = V_1 \sin pt \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_2 S_4 \text{ 間出力} \\ V_{02} = -V_0 \cos pt \end{aligned}$$

(b)

그림 7 (等価回路)

(出力波形)

③ Tone Wheel

Tone Wheel 은 副搬送波 (9,960HZ) 의 發生裝置이다.

그림 8 과 같이 磁界中을 돌니板이 回轉할때 磁束變化가 생기므로 磁石에 감은 Coil 에 起電力이 誘起된다. 돌니는 332 개이고 1 秒間에 30 回の 速度로 回轉하기 때문에 中心周波數 9,960 HZ 의 副搬送波가 發生하며, 돌니의 配置狀態에 따라 ± 480 HZ 의 周波數變動이 생기도록 設計하였다. 이것은 30 HZ 의 信號로 9,960 HZ 를 變調指數 16 의 周波數變調를 한 것과 같다. 이 信號를 基準位相信號라 한다. Tone wheel 은 Goniometer 와 同軸으로 回轉하

므로 搬送波의 周波數가 最大일때, 側帶波의 8字形電界는 正의 最大値가 磁北을 通過하도록 Tone wheel과 Goniometer와의 關係를 調整하였다.

즉 磁北에서 兩位相信號는 同一位相으로 나타난다. 위의 關係를 數式으로 求해 보자.

$$\text{所望의 FM波는 } e = E_m \sin(2\pi f_0 t + m \sin 2\pi f t) \quad (5)$$

여기서, E_m 는 電壓最大値, f_0 는 搬送周波數, f 는 變調周波數, m 는 變調指數

그런데 코일 端子에 誘起된 端子電壓은.

$$e = KN \frac{d\phi}{dt} \quad (6)$$

여기서, K 는 鉄心の 對料等에 의한 定數, N 는 코일의 卷數, 따라서 式(5)과 式(6)으로 부터

$$e = KN \frac{d\phi}{dt} = E_m \sin(2\pi f_0 t + m \sin 2\pi f t) \quad (7)$$

이 톱니의 하나가 1 cycle의 電壓를 發生함으로, 제 n 번째 톱니의 경우를 생각하면

$$2\pi n = 2\pi f_0 t + m \sin 2\pi f t \quad (8)$$

이다. 그리고 이 톱니板의 1回轉 사이에 變調波數 f 의 1 cycle이 끝나도록 되어 있다고 하면, 1回轉에 $1/f$ 를 要한다.

따라서

$$2\pi f_0 \frac{1}{f} + m \sin(2\pi f \frac{1}{f}) = 2\pi m \quad (9)$$

$$\therefore f_0/f = n$$

즉 톱니의 全數는 f_0/f 에 의하여 決定된다. 通常 VOR에서는

$$f_0 = 9,960 \text{ HZ}$$

$$f = 30 \text{ HZ}$$

이므로, 톱니의 全數는 $n = 9960/30 = 332$ 이다. 이것은 톱니의 數를 決定하는 것이 었고, 톱니의 間隔에 對한하여는 式 (8)의 時間 t 를 角度 X 로 變換함으로써 求할 수 있다. 즉

$$X = 360tf \text{ (度)} \quad \therefore t = \frac{X}{360f}$$

이므로 式 (8)은

$$\frac{xf_0}{f} + m \sin x = 2\pi n \quad (10)$$

가 되어, n 에 求하려는 톱니의 番號를 넣으면, 그 톱니의 角位置를 얻는다.

톱니의 모양은 理想的인 正弦波를 코일의 出力으로 얻도록 만
들었으나, 工作의 機械的精度上 및 線路상의 問題로 實際에는 코
일의 出力에 相當한 高調波를 포함한다. 그러나 이것을 濾波器
에 의하여 除去할 수 있다. 또 이 Tone Wheel에서 發生하
는 出力은 負荷 600 Ω 에서 0.6mW 이상이다. 이렇게 하면,
30 HZ의 信號로 周波數變調한 것과 같은 副搬送波를 얻는다.

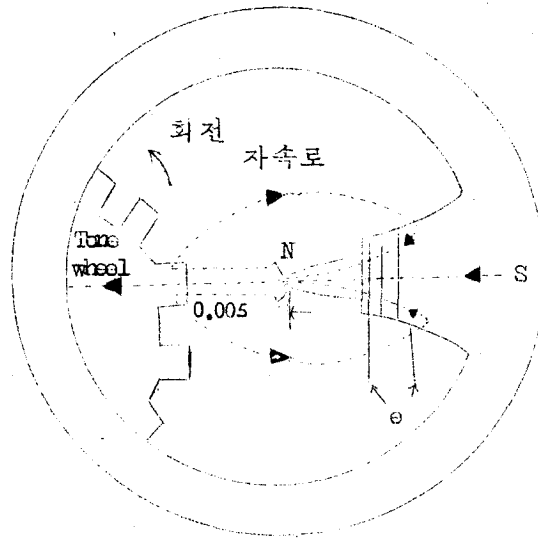


그림 8 • Tone Wheel의 略圖

④ 變調除去器 (Modulation Eliminator)

變調除去器는 그림 7 처럼 4 개의 同軸線으로 되었으며 高周波 Bridge 처럼 3 개는 같은 길이 이고, 다른 한개는 다른것보다 電氣角이 180 度 더 길다.

變調된 搬送波를 A 点에 加하면 $Z_1 \neq Z_2$ 일때 Impedance 는 不均衡狀態이므로 出力이 나타난다. 이때 入力電壓 e_3 와 e_1 의 和로 생각하고, e_2 는 變調, 谷까지의 電壓, e_2 는 이 谷을 넘은 電壓值이고, Z_2 는 入力電壓에 따라 變하여, e_1 에서는 $Z_1 \neq Z_2$, e_2 에서는 $Z_1 = Z_2$ 가 되면, C 点에는 無變調搬送波가 나타난다.

이 無變調波가 Goniometer의 入力波이다.

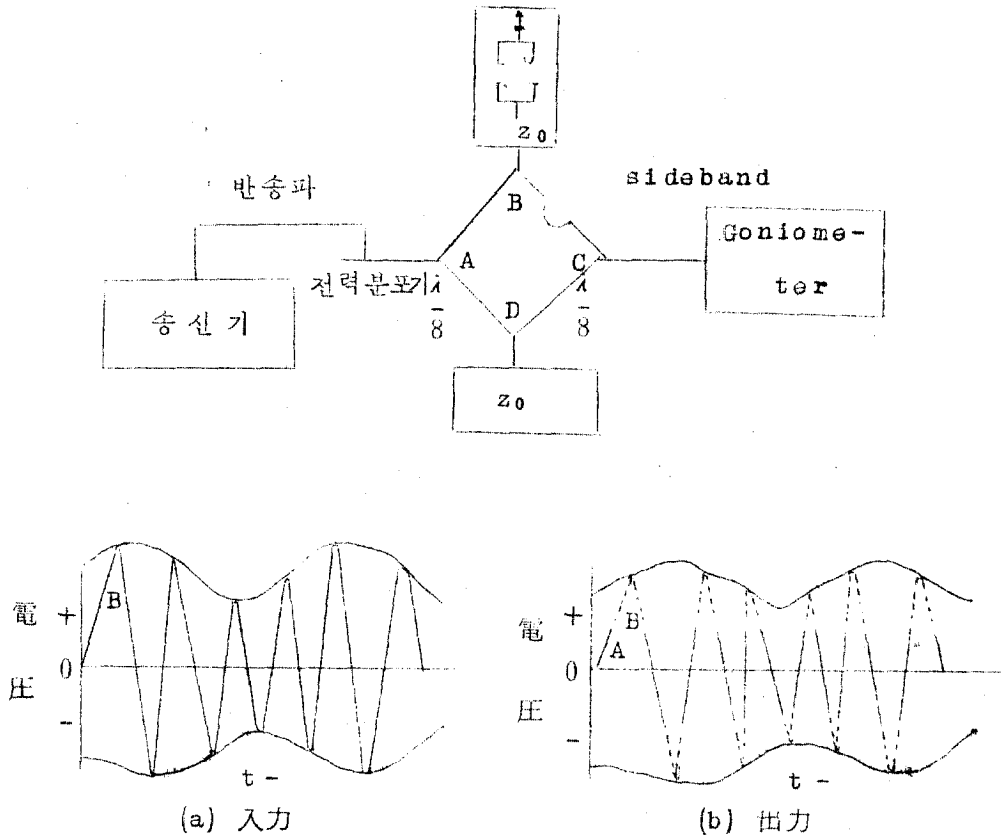


그림 9 變調除去裝置의 略圖 및 入力出力波形

3) 機上設備

機上用 受信裝置는 地上施設에서 發射한 VOR信號를 受信하여, 이를 適切히 處理한 후 指示器에 表示함으로써, VOR地上局에 대한 航空機의 方位 및 警報信號 등을 操縦士에 알려주는 것을

目的으로 하는 航法用 無線裝置이다.

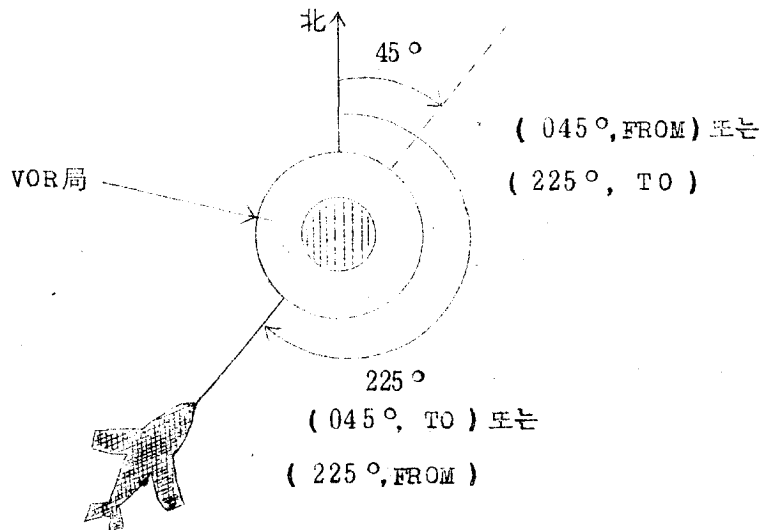


그림 10 . VOR 코 - 스 및 TO-FROM 지시

※ VOR 局을 通過함과 同時に TOFROM 指示器는 From 으로 變化한다.

가) 動作原理

機上에서는 2 개의 30HZ 信號, 즉 FM 된 微單位相信號와 AM 된 可變位相信號의 2 信號를 受信하여 位相差를 検出한 코 - 스를 直讀하면서 操縦士가 所望의 코 - 스를 選擇할 수 있도록 機上裝置는 設計되어 있다.

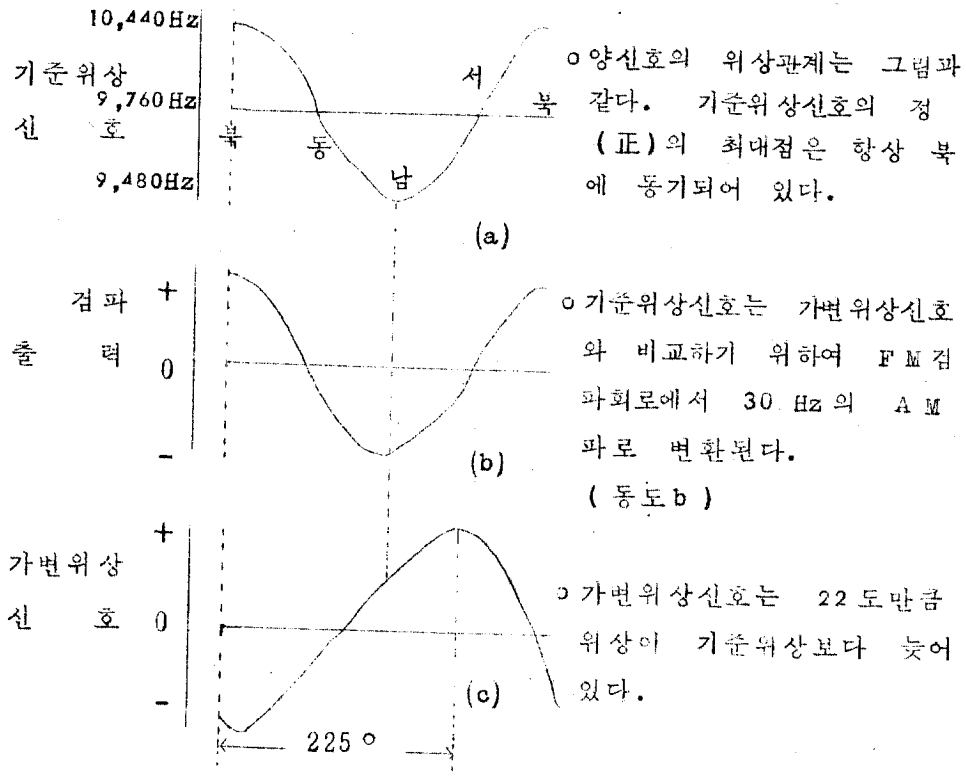
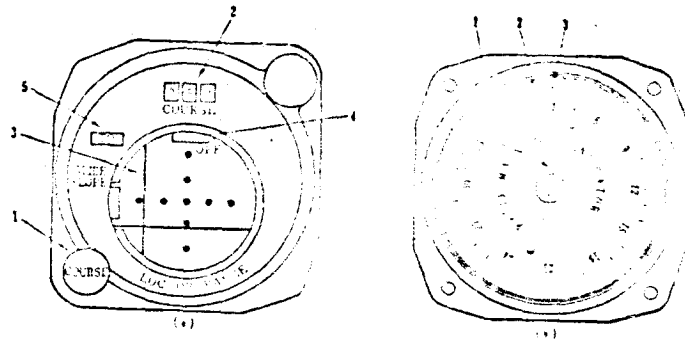


그림 11. VOR 信号의 位相比較

나) 構 成

機上装置의 構成은 空中線, 受信部, 計測部, 指示部 및 制御器로 되어 있다. 즉 受信部는 空中線으로 부터 V H F 信号를 選別 受信하여 增幅변波한 信号를 計測部에 供給하며 計測部는 受信部の 信号를 指示機에 供給하여 位相比較回路에 의하여 兩信号의 位相差를 코-스指示機와 RMI에 나타낸다. (그림 12 參照)



(a) 코-스指示器(Course Indicator)

1. 코-스設定用 Knab
2. 設定코-스窓
3. 垂直指針
4. 警報信号 Flag
5. To-From 表示

(b) 無線磁氣方位指示器(RMI)

1. Pointer
2. 方位目盛盤
3. 機首方向指示器

(a) 코-스指示器 (Course Indicator)

1. 코-스設定用 Knab
2. 設定코-스窓
3. 垂直指針
4. 警報信号 Flag
5. To-From 表示

(b) 無線磁氣方位指示器 (RMI)

1. Pointer
2. 方位目盛盤
3. 機首方向指示器

그림 12

다) 位相比較回路

VOR 位相比較回路는 그림 13 와 같다. 入力信号는 30Hz 의 基準位相信号 및 可變位相信号이므로 그림처럼 兩信号의 和 및

차를 만들어 그 振幅을 比較하고 있다. 基準位相信號 및 可變位相信號를 R, V이라 하면, 各各 다음과 같은 式으로 주워진다.

$$R = A \sin (\omega t + \theta_1) \dots\dots\dots (11)$$

$$V = A \sin (\omega t + \theta_2) \dots\dots\dots (12)$$

따라서

$$R + V = A \sin (\omega t + \theta_1) + A \sin (\omega t + \theta_2) \dots\dots\dots (13)$$

$$R - V = A \sin (\omega t + \theta_1) - A \sin (\omega t + \theta_2) \dots\dots\dots (14)$$

整理하면

$$R + V = 2 A \cos \frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2) \sin \left(\omega t + \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) \dots\dots\dots (13')$$

$$R - V = 2 A \sin \frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2) \sin \left(\omega t + \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \right) \dots\dots\dots (14')$$

式 (13'), (14')의 振幅를 K_1, K_2 이라 하면,

$$K_1 = 2 A \cos \frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2) \dots\dots\dots (15)$$

$$K_2 = 2 A \sin \frac{1}{2} (\theta_1 - \theta_2) \dots\dots\dots (16)$$

式 (13) 및 (14)에서 $\theta_1 - \theta_2$ $90^\circ \pm 10^\circ$ 의 경우를 計算하면, 그림 13(b)와 같이 되며, 90° 일때 $K_1 - K_2$ 는 零이 된다. 즉 位相比較回路의 出力은 零이 되고, 位相差가 $\pm 10^\circ$ 의 範圍에서 出力電壓은 直線的으로 變化하고 있음을 알 수 있다.

따라서 上述한 바와 같이 兩信號差가 90° 일때 Motor는 停止한다. 이때의 Bearing-mechanism의 角位置가 곧 方位角이 되며, 그 情報은 코-스指示器에 供給됨과 同時에 나타난다.

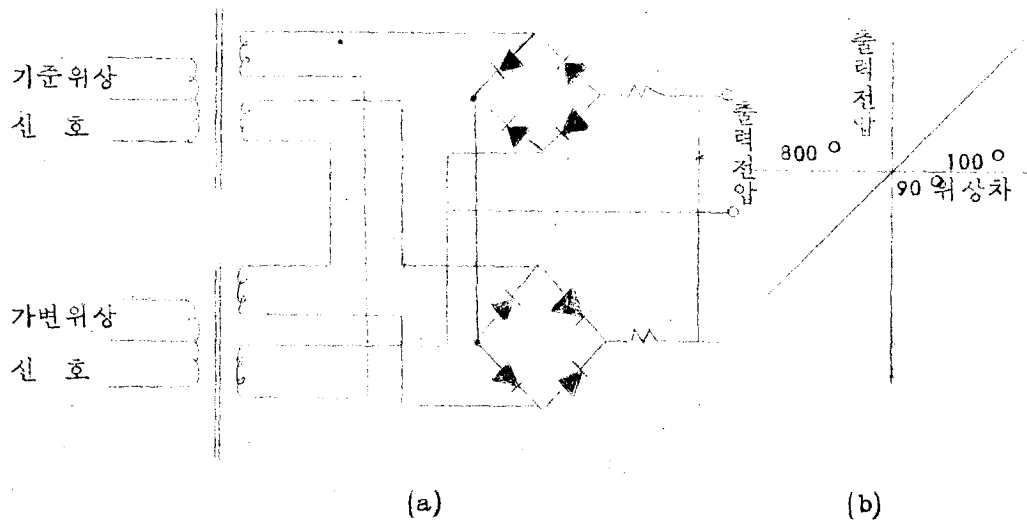


그림 13 . V O R 位相比較回路

4) V O R 의 種類

가) CVOR (Conventional vor)

나) DVOR (Doppler vor)

다) PVOR (Precision VOR)

라) TVOR (Terminal VOR)

마) HVOR (High altitude VOR)

다. D M E

1) 概 要

D M E란 Distance Measurement Equipment (距離測定裝置)의 약자이며 地上局에 設置되어 航空機에서 地上과의 距離를 확인하기 위하여 質問信號를 發射하면, 이를 地上局에서 受信하여 航空機에 応答하여 주는 2次 Radar方式으로써 距離測定은 Pulse信號가 2点間을 往復하는 時間을 測定하는 것이므로 航空機の 質問機(Interrogator)와 地上의 応答機(Transponder or Responder)에 의하여 행해지고 있다.

즉, 航空機에서 質問Pulse를 送信하면, 地上裝置는 이것을 受信, 復調하여 system 遲延回路($50\mu s$)를 거친후, 送信部를 作動시키면 応答Pulse가 發射된다. 따라서 航空機에서는 質問Pulse 送信으로부터 応答Pulse 受信까지의 時間을 測定해서, 이것을 距離로 變換하여 距離指示器에 나타낸다.

이상의 關係를 나타내면 그림(14)와 같다. 同圖(a)는 單一Pulse이나, 이 Pulse內容은 (b)처럼 쌍Pulse이다.

$$R(\text{哩}) = T(\mu\text{s}) / 12$$

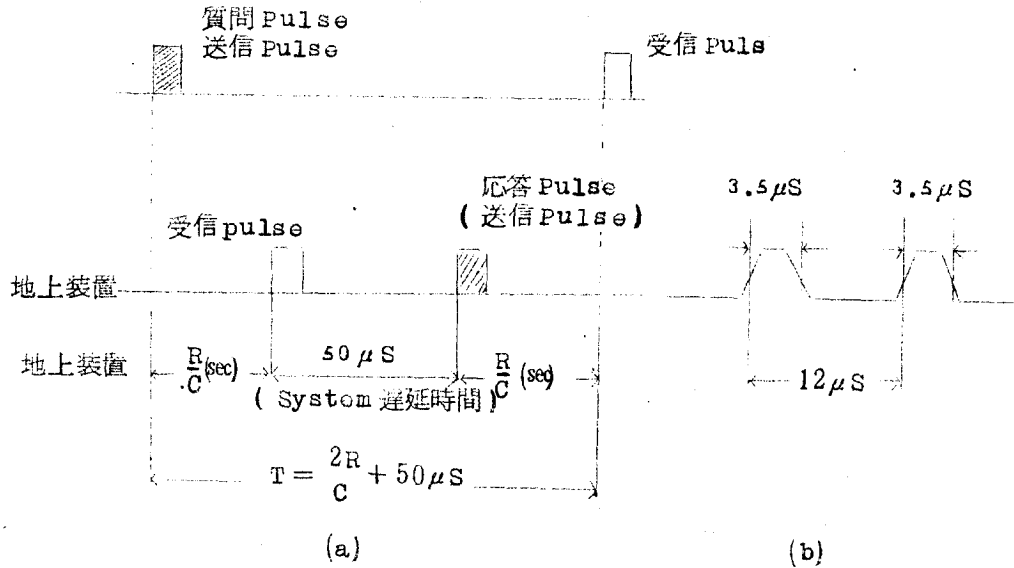


그림 14 質問, 応答パルスの 送受信の 時間的 関係図

T : 質問 Pulse 発射로부터 応答 Pulse 의 受信까지 要하는 時間 (μs) .

R : 航空機로부터 地上局까지의 距離 (mile)

C : 光速 1.86×10^5 (mile / sec) 라 하면 ,

$$T = 2 R / C + 50 (\mu\text{s})$$

2) 動作原理

距離質問信号가, 空中線을 通하여 受信되면 Control, Duplexer 部를 거쳐 受信部로 供給된다.

受信部는 質問 Pulse 를 Decode 해서 符号指示部に 応答 Pulse 를 보내고 또, 送信部の 正 Duty cycle 動作에 必要한 Random Pulse 를 発生시켜서 応答 Pulse 와 같이 出力에 加한다.

符号指示는 応答 Pulse 를 다시 소정의 応答遲延時間 ($50\mu s$) 를 주어서 送信 Pulse 를 符号化하여 送信部に 보낸다.

送信部는 通信부와 増幅変調부로 構成하여 符号 指示部の 出力을 高周波 信号로 바꾸어 空中線 切换器를 通하여 空中線으로 発射된다.

또, Monitor 装置가 設置되어 動作상황을 恒시 Monitor 하여 送信信号등에 이상이 発生할 경우에는 警報를 낸다.

(Monitor 部 参照)

3) 系統圖

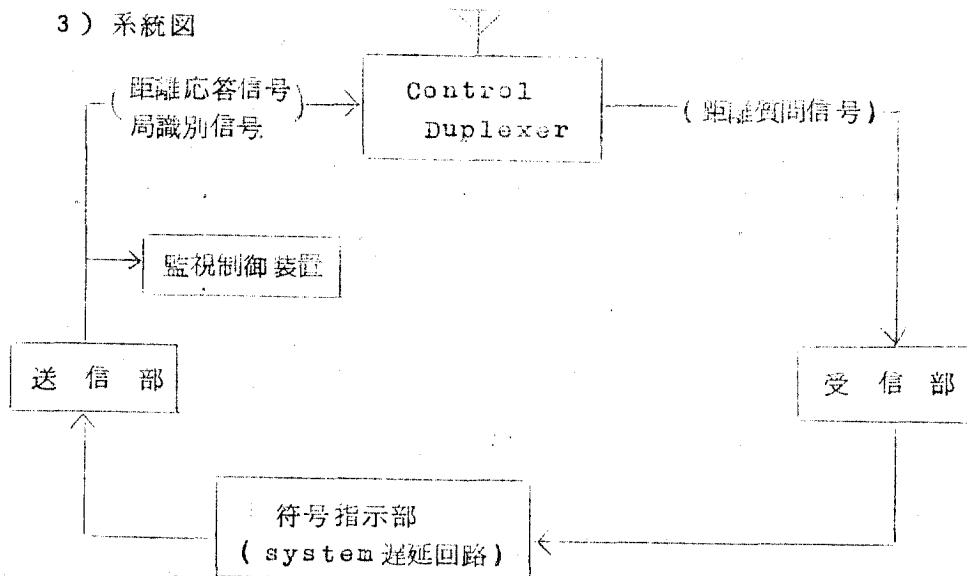


그림 15. DME 系統圖

가) Monitor

Monitor 는 DME 地上装置의 다음 6 가지의 機能을 恒時 監視하여 이상이 있을때는 Alarm 를 發生한다.

- ① 応答遅延時間
- ② Pulse 間隔
- ③ 出力周波數
- ④ 受信感度
- ⑤ 送信 Peak 出力
- ⑥ 局識別符號

이 Monitor 特徵의 하나는 ① 에서 ④ 까지의 機能을 digital 방식에 의하여 測定하고 있는 것으로 高度의 精度와 信賴度가 보증된다. (그림 17 參照)

Monitor 의 一部를 구성하는 RFSG 에 의하여 發生된 質問信號 (25pps) 는 空中線切換器에 있는 方向性 結合器를 通하여, 受信 level -90dB 程度의 信號로서 受信機에 들어오고 通常의 受信信號와 같이 處理되어 送信 Pulse 의 一部로서 空中線에 의해서 發射된다.

Monitor 空中線에서 發射된 送信電力의 一部는 Monitor 에서 檢波되어 Video Pulse 信號로 된다. 이 Pulse 列 中에서 質問 Pulse 에 同期하고 있는 Pulse 를 選出함에 따라서, DME 裝置를 一巡할때, system Monitor 信號가 얻어지고 ① 応答遅延時間 및 ③ 受信感度の Monitor 가 行하여 진다.

나머지 4 가지는 Video Pulse 를 使用하여 行해진다. 檢波器
出力 Video Pulse 는 우선 半振幅檢出器에 加해져 直線増幅됨과
동시에 Pulse 의 半辰幅点의 timing 을 判定하여, 이에 判定된
幅 약 $0.1\mu s$ 의 Pules 를 發生한다.

(以後 入力 Pulse), 이는 DME 에 있어서 時間測定의 規定이
전체 Pulse 의 前緣의 半振幅点을 基準으로 하기 위해 必要로
된다. (그림 16 參照)

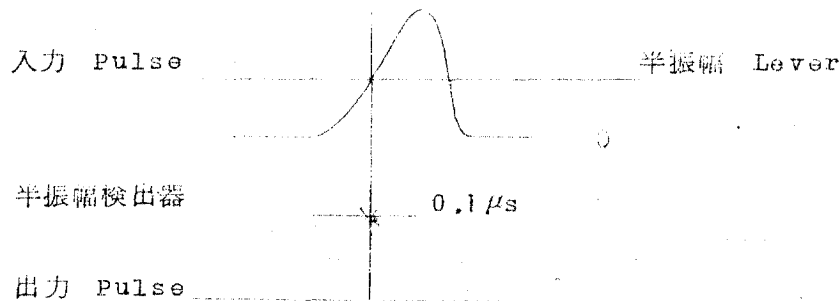


그림 16 . 半振幅檢出器의 動作

또한, RF 質問信號의 一部는 応答遲延時間 및 受信感度測定의
基準信號로서 使用하기 위해, 横波 및 半振幅檢波되어, 다시
Pair Pulse 의 제 2 Pulse 만을 꺼내게 된다.

応答遲延時間 및 Pulse 間隔 Monitor 는 高速度 Counter 및

論理回路 各 1組로서 構成되어 있으며, 兩方の 機能을 時分割方式에 의해 Monitor한다.

즉, 質問 Pulse가 加해진 때는 応答遲延時間을 그 이외의 時間은 Pulse間隔을 Monitor한다.

㉔ 質問 Pulse가 加하여 지면, Counter가 動作하여, 10MHZ Clock Pulse를 計數하여 system時間 Gate를 發生한다.

이 Gate는 $50 \pm 0.7 \mu s$ 로 set하여 있으므로 地上裝置의 動作이 正常이면은 大部分의 応答 Pulse가 通過하여, 応答遲延時間 alarm回路를 nomal 상태로 trigger한다.

応答遲延時間이 規格値를 벗어나면 이 Pulse가 없어져 alarm을 發生한다.

㉕ 質問信號가 없을때는 제 1 Pulse에 의하여 counter가 動作하여 $112 \mu s$ (X 채널의 경우)를 中心으로한 $\pm 0.7 \mu s$ 의 範圍를 카-바하는 幅 $1.4 \mu s$ 의 Pulse間隔 Gate를 發生한다.

入力 Pulse의 間隔이 正常이면 제 2 Pulse는 Pulse Gate를 通過하여, Pulse間隔回路를 nomal 狀態로 保持한다.

㉖ 受信感度 및 出力 Pulse數 Monitor는 Counter 2組와 論理回路 1組로서 構成되며 時分割方式으로 動作한다.

受信感度は 応答率 70%에 相當하는 地上裝置 入力 level로 規定된다.

RFSG에서는 最低 Trigger level ± 5 dB의 level에서 質問

하고 있으므로 応答率이 70 % 以下로 되면, 5 dB 以上の 感度低下가 있었던 것으로 된다.

따라서 受信感度の Monitor는 이 応答率을 測定함에 따라 達成된다.

2組가 있는 Countet 中 1組는 Gate 發生用이며, 質問 Pulse를 Counter하여 受信感度 Gate를 發生한다.

또한 応答 Pulse 中 質問信号에 同期한 Pulse만 檢出하고, 또 1組의 Counter에 加한다.

만약 応答率이 70 % 以上이면, 이 出力은 受信感度 Gate를 通하여 nomal 表示를 한다.

㉔ 出力 Pulse 数 Monitor는 地上裝置 出力 Pulse가 下限 700pps, 上限 2,700pps의 範圍에 있는 것을 Monitor하고 있다.

이 경우의 基準時間 Gate는 1,260Hz 信号를 計數하여 나타내고, 또 1組의 Counter에서 出力 Pulse 數를 counter하여 前記의 範圍에 있다면 nomal 表示를 한다.

㉕, ㉖의 機能切換을 1.5Hz Timing Gate에 의하여 행한다.

㉗ 送信電力 Monitor는 Peak lever Detector에 半振幅檢出器의 直線增幅器 出力을 加함에 따라 目的을 達成하고 있다.

㉘ 局符号 Monitor은 Video Pulse를 1,350Hz 選択増

幅器에 加하고 局符号를 構成하고 있는 1,350 Hz 信号를 検出하여 目的을 達成하고 있다.

以上 6 가지의 alarm 信号는 全部 論理積 (AND) 回路에 의하여 結合되어 한 가지 이라도 不良하게 되면 alarm 를 發生한다.

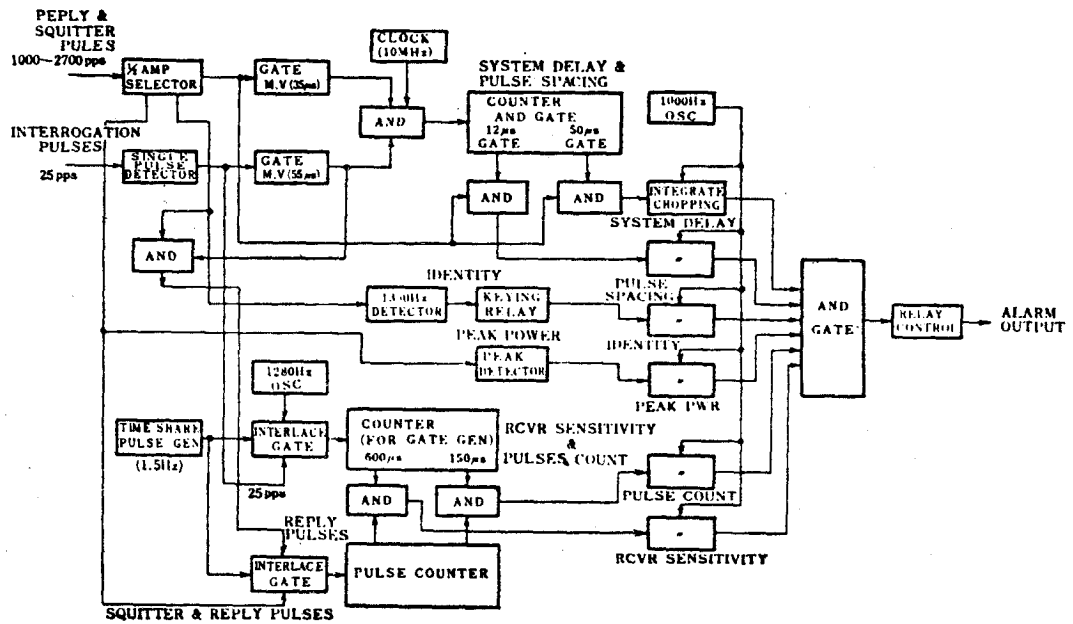


그림 17. Monitor 系統圖

나) Control 關係

Control 系統은 制御切換器와 空中線切換器로 構成되어 있다. 制御切換器의 機能은 다음과 같다.

- ① 電源制御
- ② 補助電源
- ③ 高圧過負荷計數
- ④ 切換 및 停止
- ⑤ alarm 및 Keying

또 併設해서 設置한 V O R 의 遠隔制御裝置에 의해서 遠隔制御가 可能하다.

空中線切換器는 制御切換器와 連動하여 協作하며, 常用 地上裝置를 空中線에 豫備 地上裝置를 Dummy load에 自動적으로 接統한다.

DME 地上裝置는 4 개의 「 STATUS (狀態) 」 즉, STATUS - 1 , 2 , 3 및 4 의 어느쪽인가에서 動作한다.

遠隔操作에 의한 自動制御의 경우, 現用 地上裝置가 主 地上裝置로서 選擇되고, 나머지는 豫備模로 한다.

표 2 에 各 STATUS 에 있어서 地上裝置와 Monitor 組合을 나타냈다.

표 2 各 STATUS에서의 地上装置와 Monitor의 組合

STATUS (状态)	現 用 地 上 装 置	制御 Monitor
1	選 択 된 主 地 上 装 置	1
2	最 初 的 豫 備 "	1
3	選 択 된 主 "	2
4	最 初 的 豫 備 "	2

4 개의 STATUS는 制御切換器 前面의 表示燈으로 나타낸다. 制御 Monitor는 6 가지의 監視項目의 어노것이든 規格을 벗어날때 또는 Monitor 자체가 故障날때 alarm을 發生하여 STATUS를 切換한다.

5. 器 機 性 能

가. V O R

1) 使用周波数: 108MHZ - 118MHZ

(통상 112MHZ - 118MHZ 使用)

2) 채널数: 180 個

3) 채널間隔: 50 KHZ

(통상 100KHZ 또는 200 KHZ 使用)

4) 周波数 許用편차: $\pm 0.005\%$

5) 有効距離: 100-200 mile (NM)

6) 出力: 200W (TVOR : 50W)

7) 채널放射: 수평편차

8) 方位情報의 精度: ± 2 度 以内

9) ANT 形式: 全方向回轉 Dipole Ant

나. D M E

1) 使用周波数 範圍

送信: 962-1,213MHZ

受信: 1,025-1,150MHZ

2) 채널 数: 252 個

3) 各 채널間隔: 1 MHZ

4) 応答能力：最高 100 極

5) 到達距離：370.4 Km

6) Pulse 대 특성

가) Pulse 幅： $3.5\mu s \pm 0.5\mu s$

나) Pulse 間隔

X 채널 $12 \pm 0.25\mu s$

Y 채널 $30 \pm 0.25\mu s$

7) system 遲延時間： $50\mu s$

8) 周波数安定度： $\pm 0.002\%$ 以内

9) 消費電力： $200V \pm 10\%$ 6 KVA

10) 送信機 出力：3 KW

11) 感度： $-95dB$

6. 國 內 外 技 術

가. VOR

구분 내용	일본 전파법규	ICAO 규	정	국내 기기 특징	비	고
1. 일반조	가. 기준위상신호 및 가변위상신호를 연속 으로 송신하는 것일 것.			가. 로터와 전방향 무선 표지시설 (VOR)은 항행기에 자북에서 시계방향으로 VOR 로터의 각도편이 (각위)를 계기상에 표시 되도록 조정설 치한다.		
전	나. 기준위상신호와 가 변위상신호의 위상은 VOR의 자북방향에 서 일치하여야 하고, 기타의 방향에서는 자북에서 항위각에 상당하는 위상차를 유지한다.			나. VOR은 2종으로 분리된 30 HZ 무선 반송주파수와 잡제 변조 복사되어야 한다. 그 변조의 하나의 위상이 판		
	다. "나"의 위상차에 의해서 부여된 항위 방향에서 항위정보의	0도와 40도	사이의			

구분 내용	일본 전파 규	ICAO 규 정	국내 기기 특성	비 고
2. 송신설비 조건 가. 주반송파 1) 변조방식 2) 변조신호	각의 오차가 2도 이내 내일것 다. 식별신호는 모리스부 호에 의해서 적어도 매 30 초마다 1 회 (송신속도는 1 분간 약 구분 7 어로 한다) 송신하는것	정도는 ± 2 도 이내 식별신호는 2 또는 3 문자와 국제적인 모리스부호로 되어 있다. 이 신호는 적어도 매 30 초에 1 회 (속도는 1 분간 에 7 단어의 속도) 송신하는것	측점의 방위가 독립적 (표준위상) 이어야 하 며, 또한나의 번조 (가 변위상) 는 그 위상이 다르게 되도록 되어야 한다. 다. 신호표지기는 2 개 또는 3 개문자로 구성 된 국제 " 모리스 " 부호 로 되어야 한다. (3 개 문자사용)	식별신호는 2 또는 3 문자로 구성되며 " 모리스부호 " 에 의하여 적어도 매 30 초에 1 회 (송신속도는 1 분 간 약 7 어로 송신하는 것
	변조신호에 의해서, 공 간에서 진폭변조되는것 가) 표준 VOR		진 폭 변 조	

	<p>a) 기준위상신호에 의해서 주파수 변조된 부반송파</p> <p>b) 가변위상신호</p> <p>나) Doppler VOR</p> <p>a) 기준위상신호</p> <p>b) 가변위상신호에 의해서 주파수 변조된 부반송파</p>	
3) 변조신호	<p>별도 제 15 호에 의한</p>	
4) 변조도	<p>의 주파수해열다.</p> <p>다음 제시한 양각구별</p> <p>에 따라 변조신호의</p> <p>항은 각 변조신호 별로</p> <p>각각 다음과 같다.</p> <p>1. 양각이 5 도이하 28% 이상 32% 이하</p> <p>2. 양각이 5 도를 초과 60 도이하</p>	<p>어떤각도에서 관측된 30HZ 또는 9960HZ 신호전송률 주파수변조도는 다음과 같다.</p> <p>1. 양각이 5 도이하 28% - 32%</p>

구분 내용	일반 전파 법 규	ICAO 규 정	국내 기 기록성	비 고
나. 부반송파	25% 이상 35% 이하			
1) 주파수	9960HZ (허용편차는 1%로 한다)	9960HZ \pm 1%	9960HZ 공간진폭 변조	
2) 변조방식	변조신호에 의하여 공 간에서 진폭변조되는 것			
3) 변조신호	표준 VOR에서는 기 준위상신호 Doppler VOR에서는 가변위상 신호	과 동	과 동	
4) 변조지수	16 \pm 1	과 동	과 동	
5) 잔류진폭 성분의 변 조도	표준 VOR에서는 5% 이하 Doppler VOR에서 는 공중선에서 300미 터 이상 거리에서 40%	과 동	과 동	

구분 내용	일 본 전 파 범 규	ICAO 규 정	국 내 기 기 특 성	비 고
6) 고조파 강도	이하 기본파의 강도를 0dB 로 하고 각각 다음에 의한다. 제 2 차 고조파 - 30dB 이하 제 3 차 고조파 - 50dB 이하 제 4 차 고조파 - 6 dB 이하	좌 동		
다. 기준위상 신호및 가변 위상신호 1) 주파수 2) 위상특성	30HZ (허용편차 1%) 별도 제 2 호에 의한다	좌 동	좌 동	

구분 내용	일본 전파 법규	ICAO 규 정	국내 기기 특성	비 고
라. 식별신호				
1) 변조주파수	1020HZ (허용편차는 50HZ로 한다)	1020HZ \pm 50 HZ	1020HZ	
2) 변조방식	진폭변조	30 % 이하	진폭변조	20 % 이하
3) 변조도	20 % 이하	30 % 이하	20 %	20 % 이하
4) 동화로의 음성주파수 특성		300HZ-300HZ Range에서 1000HZ보다 높은 주파수에 서는 3 dB이내		ICAO 규정채택
바. 발사전파의 편파면	수평	화동	좌동	
3. 감시장치	감시장치는 다음과 같은 상태 (당태상대)를 감시하는 부분이 교장 난상대를 포함)가 계속되는 경우에 그 상 태를 표시할 수 있을 것	가. 복사전계가 설치된 장치는 자동감시장치의 동작을 위하여 신호를 공급한다. 감시장치는 확정된 조건에서 다음과	V O R 설치장소에 적당한 자동감시장비가 설치되어야 하며 감시기는 확정된 상태 에서 다음의 편이가 하나 또는 결함있을 때에 반응파로부터	

구분 내용	일본 전파 법규	ICAO 규 정	국내기 기특성	비 고
4. 제어장치	가. 발파각이 당해장치 의 기준값보다 1도 를 초과하는 상태 나. 주반송파의 변조도 가 주반송파의 변조 신호의 항의 각변조 신호보다 각각 당해 장치의 기준값보다 15%이상 저하하는 상태다. 식별신호의 송신이 비정상상태 제어장치는 이 전항의 경우 (전항 "가" 나"에 관련된 것에 있어서는, 그 상태가 발생해서 부터 15초 이하의	같은 편이가 어느 하 나 또는 그이상이 되 었을때에 반송파로부터 의 항행구성요소나 식 별신호가 변화여 복사 장애의 원인이 될때엔 자동적으로 경고를 나 타내어야 한다. 1) VOR에서 송신된 방위정보가 모니터에 1도이상 초과하여 나 타날때 2) 주반송파 또는 진폭 변조신호 30HZ의 불충 파나 또는 불다 감시 장치의 무선주파수 신	보안성능과 표지기로 가 변하든지 또는 복사장애의 원인이 될 때엔 감시기에 자동적 으로 경고표시 되어야 한다. 가. VOR에서 발사된 전파의 위상각도가 1도이상 변화할것을 때와 주반송파나 30 HZ 진폭변조 신호중 하나 또는 둘다 무 선 신호 변조부분의 전위비율이 15%저하 되었을 때	

구분 내용	일반 전 파 범 규	ICAO 규 정	주 내 기 기 특 성	비 고
	<p>시간지속하는 경우로 하고, 전항 다 에 판 현된 것에 있어서는 그 상해가 발생해서 부터 30 초 이하 지속 하는 경우로 한다) 또 는 당해제어장치가 고 장난 경우에 있어서 전파의 발사 또는 변 조신호 및 식별신호의 송신을 정지할 수 있 을 것</p>	<p>포전압해설의 변조 성분이 15% 이하 저 하되었을 경우 나. 모니터 자책가 비정 상상태일때는 제어절과 다음중의 하나와 같은 경고를 보낸다.</p> <p>1) 식별신호와 반송파 의 항행성분 이동</p> <p>2) 방사중지 원인</p>	<p>나. 감시기 자책의 비 정상상태에는 경고를 표시하여야 하며, 반송 파에서는 보안성분과 표지기호를 제거하여 전파의 발사를 중지 하게 하여야 한다.</p>	

나. DME

구분 조건	일본무선설비규칙	ICAO 규 정	국내기기특성	비 고
가. 일반조 건	1. 항공기에 설치하는 항공용 (이하 "기상DME"라 한다) 그 항공기의 항행중에 통상의 상태에서 그 대응에 재기하는 조건에 적합할것	1. 항공용 (기상DME) 의 조건	1. 항공용 (기상DME) 의 조건	
	1) 질문을 위한 전파 (이하 "질 문신호"라 한다) 는 펄스대기 고 그 특성은 재기하는 조건 에 적합할 것 2) 육상에 설치된 항공용DME (이하 (지상DME)라 한다. 또는 육상에 설치된 항공용 TACAN (이하 (지상TACAN라 한다) 에서의 그 식별을 위	1) 펄스대특성은 별표 1 에 의한다.	1) 펄스대특성은 별 표 1에 의한다. 2) 항공기에 정착된 수신기는 식별용 전파를 수신하여 가청부호로 전환시 킨다.	

구별 조건	일 본 무 선 설 비 규 칙	ICAO 규 정	국 내 기 기 특 성	비 고
	<p>한 전파(이하(식별신호라 한다)를 수신하고 가청 주파수에 변환하는 것.</p> <p>3) 가시거리 370.4Km 이내에서 그 거리의 3% 또는 0.9 Km의 어느쪽에 높은치 이내오차(지상(DME) 또는(지상)TACAN)에 의한 허용오차를 포함)로 측정할수 있을것</p> <p>4) 할당주파수에 $\pm 250\text{Km}$까지의 주파수에 포함하는 고주파에너지는, 복시되는 전고주파에너지의 90%이상일것.</p> <p>5) 질문신호의 발사간격은 불규칙할 것.</p>	<p>3) 가시거리가 370.4 Km \pm 0.2 또는 Strobe 거리 0.25어느쪽이 크든 좋다.</p>	<p>3) 가시거리 범위는 200mile</p> <p>5) 질문신호의 발사간격은 불규칙할 것</p>	

구별 조건	일 본 무 선 설 비 규 칙	ICM (규 칙	국내기기특성	비 고
	6) 질문신호의 발사수는, 추적 (거리를 연속적으로 추정하는 상태를 말한다) 간격은 매초 20이내로 하고 수색 (질문신호를 송신하여 추적에 도달할때까지의 상태를 말한다) 의 간격은 매초 150을 초과하지 않을것.			
	7) 질문신호의 제 2 펄스 발사 후 $50\mu s$ (허용편차는 $1\mu s$ 로 한다) 를 경과한 시각을 기준으로 해서 거리를 측정할것.	7) 질문신호는 펄스발사 후 $50\mu s$ (허용편차는 $1\mu s$ 로 한다) 를 경과한 시각을 기준으로 거리를 측정할것	7) 무선표지에서 지연된 $50\mu s$ (허용편차는 $\pm 0.25\mu s$) 를 제외한 나머지 시간을 항공기에서 무선표지까지의 거리를 계산하여 측정한다.	
	8) 공중선은 그 발사하는 전파의 편파면이 수직일것	8) 공중선은 그 발사하는 전파의 편파면	8) 공중선은 그 발사하는 전파의 편파면	

구별 조건	일본 무선 설비 규칙	ICAO 규 정	국내 기기 특성	비 고
가. 일반조건	2. 지상DME는 다음 계기할 조건에 적합할 것 1) 응답을 위한 전파 (이하 (응답전파) 이라 한다) 및 식별신호를 펄스대일 것 2) 식별신호는 응답신호의 송신강에도 모프스부호에 의해 적어도 매 30초마다 1회 (송신속도는 1분간 약 7어로 한다) 송신되고, 또 1회 송신은 5초를 초과하지 않을 것 3) 응답신호 및 식별신호를 송신하지 않을 때	이 수직일 것 2. 지상DME조건 1) 응답을 위한 전파 및 식별신호는 펄스대일 것 2) 식별신호는 응답신호의 송신강에도 모프스부호에 적어도 매 30초마다 1회 (송신속도는 1분간 약 7어로 한다) 송신되고, 또 1회 송신은 5초를 초과하지 않을 것 3) 응답신호 및 식별신호를 송신하지 않을 때	이 수직 2. 지상DME조건 1) 응답을 위한 전파 및 식별신호는 펄스대이며. 2) 식별신호는 응답신호의 송신강에도 모프스부호에 의해 적어도 매 30초마다 1회 (송신속도는 1분간 약 7어로 한다) 송신되고 또 1회 송신은 7초를 초과하지 않는다. 3) Random는 질문 신호가 없을 시간에	

조건	구별	일본무선설비규칙	ICAO 규 정	국내기기특성	비 고
가. 일반조건	<p>4) 등가등방 복사전력은 할당 주파수에서 양쪽에 각각 500 KHZ까지의 주파수 대폭에서 각각 -7dB (1W를 0 dB로 한다) 이하로 하고, 할당주파수에서 양쪽에 각각 1750 KHZ내 2250KHZ까지의 주파수 대폭에서 각각 -27dB (1W를 0 dB로 한다) 이하 일것.</p>	<p>는 Random된스대의 전파를 송신할것</p>	<p>발사되며 볼스쌍으로 로 구성된다.</p>		

나. 송신장치의 조건

	별표 3에 의한다	별표 3에 의한다	별표 3에 의한다
펄스대의 특성			
펄스대 말수			
설정치	<p>1. 식별신호의 단위펄스에 의한 경우 매초 1350 (허용편차는 10로 한다) 한쌍의 펄스대에 의한 경우 매초 2700 (허용편차는 20로 한다)</p> <p>2. 응답신호 및 Random 펄스대의 합은 매초 700이상 되도록 하면 2700 (허용편차 90로 한다)</p>	<p>2. 응답신호 및 Random 펄스대의 합은 매초 2700 (허용편차는 90로 한다) 또 응답이 없을 때는 700이상</p>	<p>2. 전송신호가 없는 기간 잡음신호를 송신기에서 발신하는 물질을 말하며 수신기에서의 총 펄스수는 2700 ± 90이 된다.</p>
식별신호의 구성	별표 4에 의한다	별표 4에 의한다	별표 4에 의한다
응답 지연 시간	<p>질문신호의 제 2펄스를 수신해 서부터 당해 질문신호에 대한 응답신호의 제 2펄스를 발사할</p>	<p>질문신호의 펄스를 수신해 서부터 당해 질문신호에 대한 응답신호</p>	<p>지상표지국의 응답 지연 시간을 $50 \pm 0.25 \mu s$</p>

	때까지의 시간이 $50\mu s$ (허용편차는 $1\mu s$ 로 한다)	의 펄스를 발사할때까지의 시간이 $50\mu s$ (허용편차는 $1\mu s$ 로 한다)	이다.
원속파의강도	960MHz 내지 1215MHz 까지의 주파수대에서 펄스대 상호간 또는 펄스대 펄스상호간에서는 침투전력에 비해서 -50dB이하	960MHz 내지 1215MHz 까지의 주파수대에서 펄스대 상호간 또는 펄스대 펄스상호간에서는 침투전력에 비해서 -50dB이하	
다. 수신장치와 조건			
감도	매초 200 펄스대 이하의 질문 신호를 입력단자에 가할 경우에 있어서 응답률 (질문회수에 대한 응답회수의 100 분율로 한다. 이하 같다)이 70 %이하	트렌스폰다 감도는 트라기준 거래펄의 측면에서 측정할 수 있어야 하며, 이는 트렌스폰다가 적어도 70%의 효율로 응답할 수	국지별 신호 발사치 않는 상태 총신기의 동작시간 이 60%에 달할때는 기준 정상적으로 질문

통과대역폭	배의 당해질문신호의 침투전력이 -95dB (1mW를 0dB로 한 다) 이하	있는 수신기입력단에서 측정한 가장 약한 질 문신호의 편스전력으로 정한다.	신호가 -125dB/1w (수신기 입력단 측 정기)
	수신장치의 최대감도점에 비하여 3dB 높은 지의 질문신호를 입 력단자에 가할 경우에 응답율이 70%이상될때 폭이 당해 질문신 호에 관한 기상DME의 할당 주 파수에서 $\pm 100\text{KHz}$ 이상	수신기의 허가받은 최소 의 대역폭은 수신기의 총변동은 $\pm 100\text{Hz}$ 의 질문주파수 변동을 포함 한 경우 3dB이상 저 하되지 않아야 한다.	수신기의 대역폭은 입 력신호의 주파수 범위 인 $\pm 70\text{KHz}$ 에 합산 된 총합주파수 침투치 가 3dB이상까지 트 리게 배율은 소거되지 않는 범위
감쇠	기상DME의 할당주파수에서 \pm 900KHz 주파수의 질문신호를 입 력단자에 가할 경우에 응답율이 70%미만으로 될때 당해 질문 신호가 침투전력이 수신장치의 최대감도에 비해서 80dB이상		
스프리어스베 스폰스	1. 중간주파수 베스폰스는 80dB 이상	1. 중간주파수 신호는 최소 80dB 감소	1. 중간주파수 80dB 이상

하 나 의 신 호 선 택 도

2. 영상주파수레스폰스 및 960 MHz 내지 1215 MHz의 주파수 대 그외의 레스폰스는 75dB 이상	2. 960-1215 MHz이내 에 있는 신호나 모든 스프리어스 및 영상주파수는 최소 75dB이상 억압되어야 한다.	2. 960 MHz 내지 1215 MHz내에서 발 생되는 모든 스프리어스 신호는 75dB 까지는 억제
내 부잡음에 의해 발생되는 펄스대수	수신장치외 최대감도점의 -95 dB (1mV를 0 dB로 한다) 일때, 입 력신호를 가하지 않는 경우의 송신장치에서 발생되는 Random 펄스대수가 2700이하	질문신호의 발사가 없 을 시간에 발사되며 펄스쌍으로 구성된다. 펄스쌍의 수는 일정 치가 않으며 2700 펄스쌍의 총수를 유지 하는데 필요한 펄스 를 수신되는 질문 펄스 쌍수에 부족되는 펄스수를 이 잡음펄스로 충당케 된다.
Decoder	1. 입력단자에 질문신호 이외의 펄스를 가하여도 동작하지 않 을것	1. Decoding회로는 수동형이어야 하고 그 성능은 올바른

	<p>2. 입력단자에 질문신호를 가한 송신장치에서 응답신호를 송신하고 있는 상태하에서 적당한 펄스를 가한 경우에 당해 송신에 지장이 없는것.</p>	<p>간격을 가진 한쌍의 펄스의 전후 및 사이에 도착하는 신호에 의해서 영향을 받아서는 안된다.</p> <p>2. 트랜스폰더는 펄스대 특성과 같이 질문신호에 적합한 펄수주기와 펄스간격을 가진 수신 펄스의 펄스쌍에 의해서만 트리거될 수 있도록 Decoding 회로가 포함되어야 한다.</p>	
수신후지시시간	<p>1. 질문신호를 수신해서부터 응답신호의 제 2펄스를 발사할때 까지의 간격 및 당해응답신호의 제 2 펄스 발사후 60μs (이</p>	<p>1. 트랜스폰더 수신기는 각응답펄스를 송신한후 통상 60μs 를 초과하지 않는 시간동안 동작중</p>	<p>1. 정상적인 질문신호 펄스쌍의 들 제 펄스를 수신하여 Decode 시킨후 수신기는 40μs</p>

펄스대의 특성	별표 3 에 의한다 값에 의한 것이 적당하지 않을 경우는 150 μ s까지의 값으로 할수 있다. 제 2항도 이와 같음) 이내 2. Random 펄스대의 제 2 펄스 발사후 60 μ s 이내	별표 3 에 의한다 지 되어야 한다. 2. 트랜스폰더의 지정학적 위치 (Site) 가 불필요한 반사등의 분재를 야기하는 불수한 경우에는 메모리압축으로 보 다 큰 150 μ s 까지 시간을 허용할 수 있다.	별표 3 에 의한다 를 흡지하도록 되어 있으며 휴지시간의 조정은 20-65 μ s 범위를 가변할 수 있다.
발사하는 펄스대수제어를 위한 감도 역압	발신장치에서 발사수가 설정치의 90% 이하 일때 감도의 변동이 1 dB이내, 설정치의 90%를 초과할때 당해설정치를 초과하지 않을바에 감도가서 하한것 (이감도 이하의 최대값은 더 도록이면 50dB이상일것)	트랜스폰더 부하가 최대효율의 90%를 초과할 때는 수신기 이득을 최대상격제수를 초과하지 않도록 트랜스폰더 응답을 제한하기 위해 자동적으로 저하되어야 한다. (이득감소 가능범위는 최소한 50dB일것)	

필스대의 특성	별 표 3 에 의 한다	별 표 3 에 의 한다	별 표 3 에 의 한다
감도회복시간	송신장치의 최대감도 점에서 60dB 높은치까지의 질문신호를 입력 단자에 가한 경우에 억압된 감도가 수신장치의 최대감도점에 비하여 3dB 높은 치로 회복한때까지의 시간이 8 μ s 이내	필요한 신호에 대한 트랜스폰더의 최소트러저 레벨을 이 레벨보다 진폭이 0 dB내지 60dB 큰 모든 신호를 수신한 지 8 μ s 이내에 무신호시의 치의 3dB이내로 되어야 한다. 이 조건은 동작을 정지시킬수 있는 예외 억압회로로서 없어져야 한다.	

라. 공중선은 그 발사하는 전파의 편파면이 수직으로 한 다.

라. 공중선은 그 발사 하는 전파와 편파면이 수직으로 한다.

라. 공중선은 그 발 사하는 전파의 편 파면이 수직으로 한다.

7. 기 술 기 준 (안)

가. V O R

1. 일반조건

가. 기준위상신호 및 가변위상신호를 연속으로 송신하는 것 일것

나. 기준위상신호와 가변위상신호의 위상은 VOR의 자북방향에 일치하여야 하고, 기타의 방향에서는 자북에서 방위각에 상당하는 위상차를 유지 할것

다. "나"의 위상차에 의해서 부여된 방위각의 오차가 ± 2 도 이내 일것.

라. VOR일반적인 항행중 정상동작을 위하여 요구되는 방위각은 40도까지로 한다.

마. 식별신호는 2 또는 3문자로 구성되며 "모르스" 부호에 의하여 적어도 매 30 초에 1회 (송신속도는 1분간에 구문 7어로 한다) 송신하는것

2. 송신설비 조건

구 별		조 건
주 반 송 파	변 조 방 식	변조신호에 의해서 공간에서 진폭 변조되는것
	변 조 신 호	1. 표준 V O R 가. 기준위상신호에 의해서 주파수변조된 주반송파 나. 가변위상신호

구	별	조	전
		2. Doppler VOR 가. 기준위상신호 나. 가변위상신호에 의해서 주파수변조된 부 반송파	
	변조신호의 주파수 배열	별표 1 에 의한다.	
	변 조 도	다음 제시한 양각구별에 따라 변조도는 다음 과 같다. 1. 양각이 5도이하, 28%이상 32%이하 2. 양각이 5도를 초과 60도이하, 25%이상, 35%이하	
부 반 송 파	주 파 수	9960Hz (허용편차는 1%로 한다)	
	변 조 방 식	변조신호에 의해서 공간에서 진폭변조되는것	
	변 조 신 호	표준 VOR에서는 기준 위상신호 Doppler VOR에서는 가변위상신호	
	변 조 지 수	16 (허용편차는 1로한다.)	
	잔류진폭성분 의 변조도	표준VOR에서는 5%이하, Doppler VOR에서는 공중선에서 300미터이상 거리에서 40%이하	
	고조파 감도	기본파의 강도를 0dB로 하고 고조파의 강도는 각각 다음에 의한다.	

- 가. 방위각이 당해 장치의 기준값보다 1도를 초과하여 나타날때
- 나. 부반송파나 30Hz 진폭변조 신호중 하나 이상이 당해장치의 기준값보다 15%이상 저하할때
- 다. 식별신호의 송신이 비정상 상태일때

나. DMB

1. 항공용 DME는 다음 각호의 조건에 적합하는 것이어야 한다.

가. 질문을 위한 전파 (이하 "질문신호"라 한다)는 펄스दै이고 그 특성은 별표 3에 의한다.

나. 육상에 설치된 항공용 DME (이하 "지상 DME"라 한다) 또는 육상에 설치된 항공용 TACAN (이하 "지상 TACAN"라 한다)에서의 그 식별을 위한 전파를 수신하고 가청 주파수에 변환하는 것

다. 가시거리가 370.4Km 이내에서 그 거리의 3% 또는 0.9 Km의 어느쪽에 높은치 이내오차 (지상 "DME" 또는 지상

TACAN # 에 의한 허용오차를 포함)로 측정할 수 있을것
 라. 할당주파수에서 $\pm 250\text{KHz}$ 까지의 주파수에 포함하는 고주파
 에너지는 복사된 전 고주파에너지의 90% 이상일것
 마. 질문신호의 발사간격은 불규칙할것
 바. 질문신호의 발사수는, 추적(거리를 연속적으로 측정하는 상
 태를 말한다)간격은 매초 평균 30 이내로 하고 수색(질문신
 호를 송신하여 추적에 도달할때의 까지의 상태를 말한다)의
 간격은 매초 150을 초과하지 않을것
 사. 질문신호의 제 2 펄스 발사후 50 마이크로초(허용편차는 1
 마이크로초로 한다)를 경과한 시각을 기준으로서 거리를 측
 정한다.

아. 공중선은 그 발사하는 전파의 편파면이 수직일것

2. 지상 DME는 다음 계기한 조건에 적합할것

가. 일반조건

- (1) 응답을 위한 전파(이하 응답전파라 한다) 및 식별신호는 펄스대일것
- (2) 식별신호는 응답신호의 송신중에도 도르스 부호에 의해 적어도 매초 30 초마다 1 회(송신속도는 1 분간 약 구분 7 어로 한다) 송신되고 1 회 송신은 5 초를 초과하지 않을것.
- (3) 응답신호 및 식별신호를 송신하지 않을 때는 Random 펄

스대의 전파를 송신할것

- (4) 등가등방 복사전력은 할당주파수의 양측에서 각각 550KHz 내지 1050KHz 까지의 주파수 대역에서 각각 -7 데시벨 (1 와트를 0 데시벨로 한다) 이하로 하고, 할당주파수에서 양측에 각각 1750KHz 내지 2250KHz 의 주파수 대역에서 각각 -27 데시벨 (1 와트를 0 데시벨로 한다) 이하 일것.

나. 송신장치의 조건

구 별	조 건
펄스대의 특성	별표 3 에 의한다.
펄스대 발사수 설정치	1. 식별신호는 단일펄스에 의한 경우 매초 1350 (허용편차는 10 으로 한다) 한쌍의 펄스대에 의 한 경우 매초 2700 (허용편차는 20 으로 한다) 2. 응답신호 및 Random 펄스대의 합은 매초 700 이 상, 가능한한 2700 (허용편차는 90 으로 한다) 이 하
식별신호의 구성	별표 4 에 의한다.
응답지연시간	질문신호의 펄스를 수신해서부터 당해질문신호에 대한 응답신호의 펄스를 발사할때까지의 시간이 50 마이크로 초 (허용편차는 1 마이크로초로 한다)

연속파의 강도	960MHz 내지 1215MHz 의 주파수대에서, 펄스대 상호간 또는 펄스대 펄스상호간에서는 절두전력에 비해서 -50 데시벨이하
수신휴지시간	<p>1. 질문신호를 수신해서부터, 응답신호의 제 2펄스를 발사할때까지의 간격 및 당해 응답신호의 제 2펄스 발사후 60 마이크로초 (이 값에 의한 것이 적당하지 않을 경우는 150 마이크로초 까지의 값으로 할수 있다. 제 2항도 이와 같음) 이내</p> <p>2. Random 펄스대의 제 2 펄스 발사후 60 마이크로초 이내</p>
발사하는 펄스대 수 제어를 위한 감도억압	송신장치에서 발사수가 설정치의 90% 이하일때 감도의 변동이 1 데시벨이내, 설정치의 90%를 초과할때 당해 설정치를 초과하지 않을바에 감도가 저하하는 것. (감도저하의 최대값은 가능한한 50 데시벨이상일것)
감도회복시간	송신장치의 최대감도점에서 60 데시벨 높은치까지의 질문신호를 입력단자에 가할 경우에 억압된 감도가 수신장치의 최대 감도점에 비하여 3 데시벨 높은치로 회복할때까지의 시간이 8 마이크로초 이내

다. 수신장치의 조건

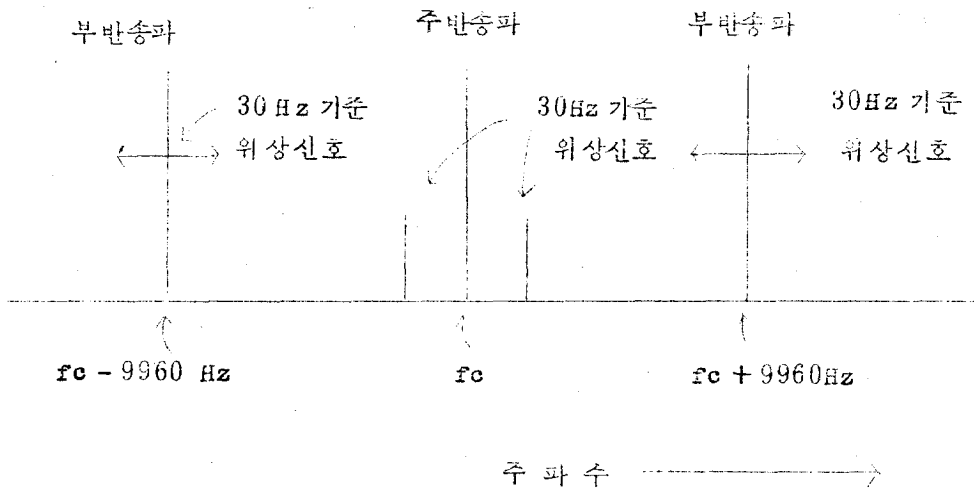
구	별	조	건
감	도		<p>배조 200 펄스내 이하의 질문신호를 입력단자에 가할 경우에 있어서, 응답률 (질문회수에 대한 응답회수의 100 분율로 한다. 이하 같다) 이 70 % 될때의 방해 질문신호의 침투전력이 -95 데시벨 (1 마이크로볼트 0 데시벨로 한다) 이하</p>
하 나 의 신 호 선 택 도	통과대역폭		<p>수신장치의 최대감도점에 비하여 3 데시벨 높은치의 질문신호를 입력단자에 가할 경우에 응답률이 70 % 이상될때 폭이 방해 질문신호에 관한 가장 DME의 할당주파수에서 ± 100 KHZ 이상.</p>
	감쇠량		<p>가장 DME의 할당주파수에서 ± 900 KHZ 주파수의 질문신호를 입력단자에 가할 경우에 응답률이 70 % 미만으로 될때 방해 질문신호가 침투전력이 수신장치의 최대감도점에 비해서 80 데시벨 이상</p>
스프리어스 레스 폰스			<p>1. 중간주파수의 레스폰스는 80 데시벨 이상 2. 영상주파수 레스폰스 및 960 MHz 내지</p>

구 별	조 건
	1215MHz의 주파수대, 그외의 레스폰스는 75 데시벨 이상
내부잡음에 의해 발사되는 Random 펄스대수	수신장치의 최대감도점이 -95 데시벨 (1 마이크로와트 를 0 데시벨로한다) 일때 입력신호를 가하지 않는 경우 송신장치에서 발사되는 Random 펄 스대수가 매초 평균 2700 이하
Decoder 특성	1. 입력단자에 질문신호 이외의 펄스를 가하 여도 동작하지 않을것. 2. 입력단자에 질문신호를 가한 송신장치에서 응답신호를 송신하고 있는 상태에서 적당 한 펄스를 가한 경우에 당해 송신에 지장 이 없을것.

라. 공중선은 발사하는 전파의 편파면이 수직으로 한다.

별표 제 1 호

1. 표준 VOR

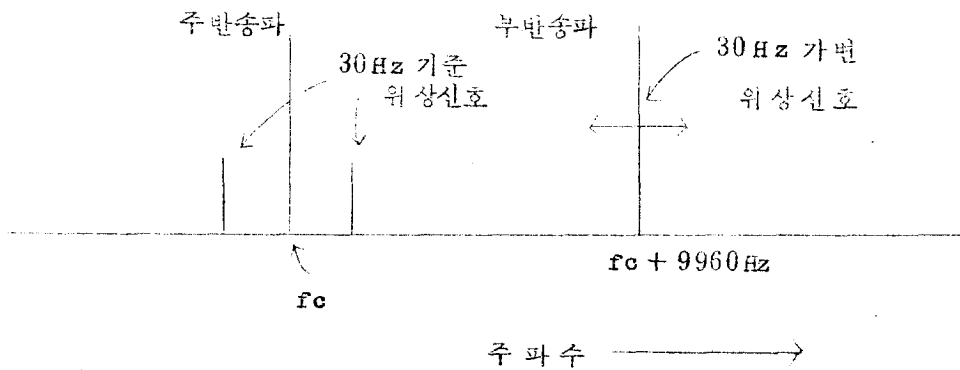


주 1. 공간에서 변조신호의 주파수 매입되는 것으로 한다.

“이하 같다”

2. (f_c) 는 주 반송파의 주파수를 표시 “이하 같다”

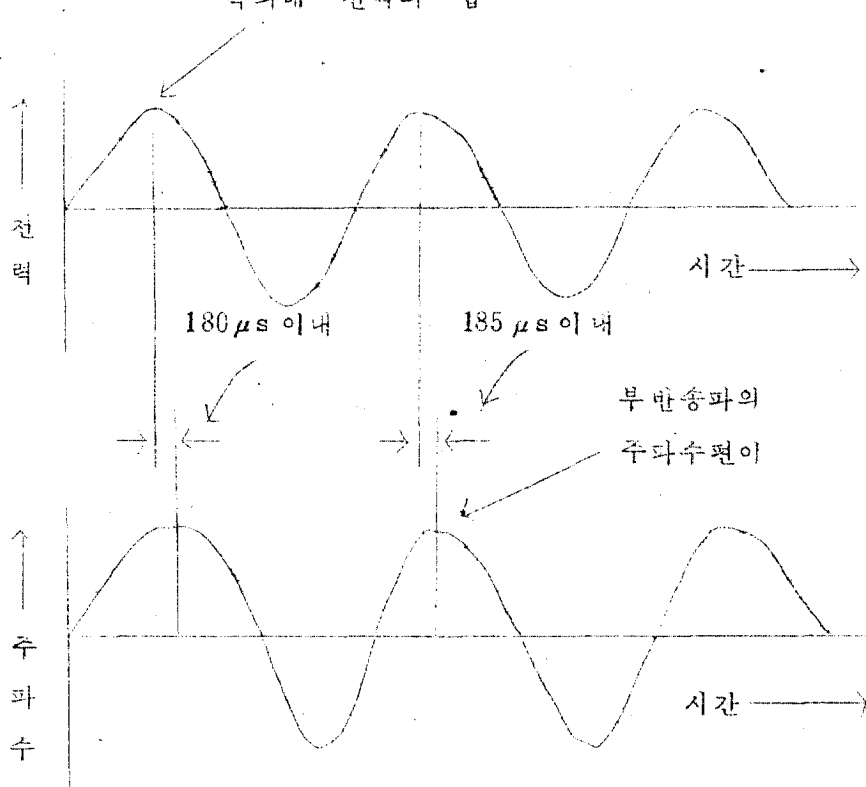
2. Doppler VOR



별표 제 2 호

기준위상 신호 및 가변위상신호의 위상특성

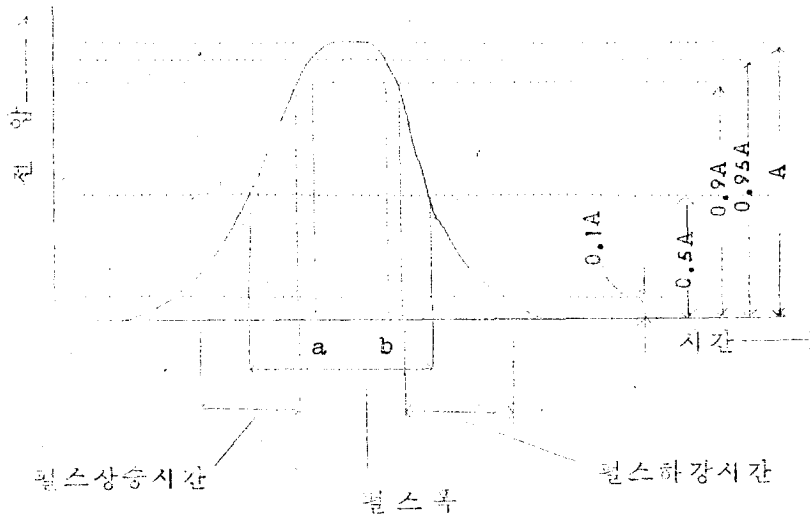
주반송파의 전력과 30Hz 진폭변조 성분의
측파대 전력의 합



주. 자북방향에 있어서 주반송파의 전력과 30Hz의 진폭 변조
성분의 측파대 전력의 합이 최대가 되는 시각과 부반송파의
주파수 편차가 최대가 되는 시각이 185 μ s 이내의 차로 합
치하는 것.

별표 3 펄스파의 특성

1. 펄스파형



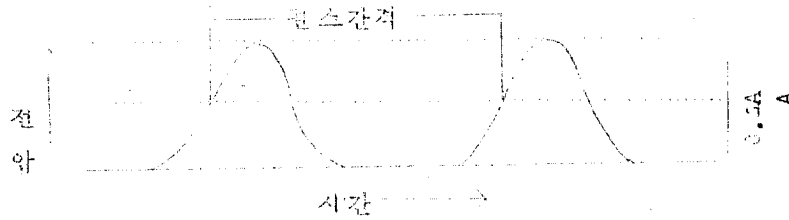
주 1. 펄스폭, 펄스 상승시간 및 펄스 하강시간은 다음과 같을것

구	별	기	상	DME	지	상	DME
펄	스	폭		$3.5 \pm 0.5 \mu s$			$3.5 \pm 0.5 \mu s$
펄	스	상승	시간	$2.5 \mu s$ 이상 $3 \mu s$ 이내			$2.5 \mu s$ 이상 $3 \mu s$ 이내
펄	스	하강	시간	$2.5 \mu s$ 이상 $3 \mu s$ 이내			$2.5 \mu s$ 이상 $3 \mu s$ 이내

2. 펄스전압 a에서 b까지 시간에 있어서 0.95A 이상일것.

3. (A)는 펄스의 최대전압을 표시. "이하 같다"

2. 펄스 간격

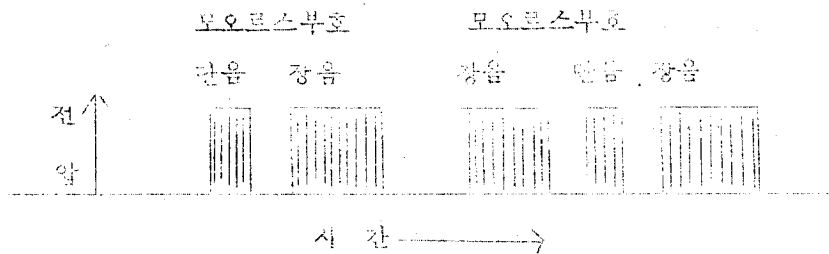


주 1. 펄스의 간격은 다음과 같을것.

채널	기상 DME	저상 DME
X채널	$12 \pm 0.5 \mu s$	$12 \pm 0.25 \mu s$
Y채널	$36 \pm 0.5 \mu s$	$36 \pm 0.25 \mu s$

2. 각각 펄스전압의 차는 1dB 이내일것.

별표 4 식별신호의 구성

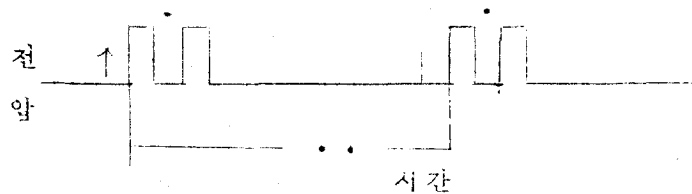


주 1. 모오트스 부호의 단음 및 장음 간격은 다음과 같다.

단 음	0.1 초 이상 0.125 초 이하
장 음	0.3 초 이상 0.375 초 이하
1 부호 동작시 장음 또는 단음의 간격	1 점과 같은치 (허용편차 10퍼센트이다)
2 부호의 간격	3 점과 같은치 이상

2. 단음 또는 장음의 정밀은 다음과 같다.

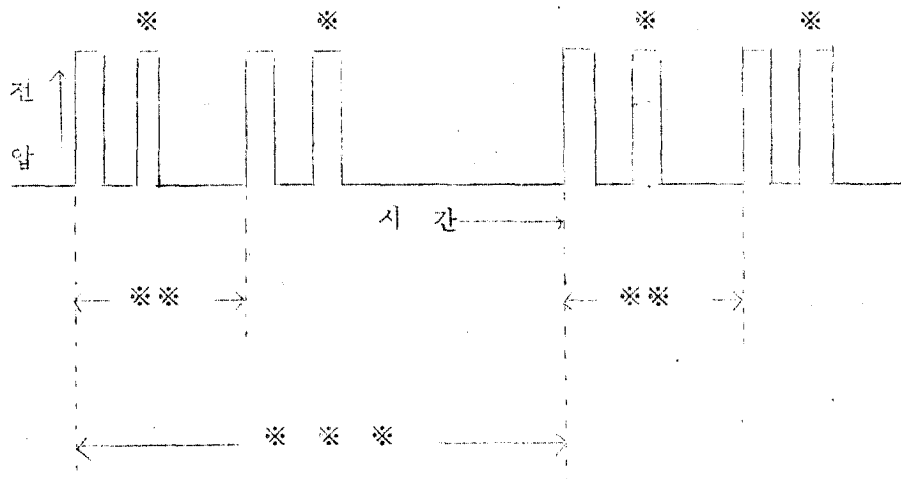
(1) 한쌍의 펄스대에 의한 경우



⦿ : 펄스대 (별도 제 3 호 표시한 펄스파형 및 펄스간격이어야 한다.

⦿+⦿ : 1/1350 초 (최대치는 1/1340 초, 최소치는 1/1360 초로 한다)

(2) 한쌍의 펄스대에 의한 경우



※ 펄스대

※※ $100 \pm \mu s$

※※※ $1/1,350$ 초 (최대치는 $1/1340$ 초, 최소치는 $1/1360$ 초 한다)

8. 結 言

이상과 같은 航空運航에 使用되는 短距離 航行保安施設인 超短波 全方向航空 無線標示裝置(V O R)와 距離測定裝置(DME)에 대한 그 施設의 概要와 特長에 對하여 檢討한 바를 手録하였습니다.

현재 航空運航에 관한 航法 system에 對해 技術的인 規定을 設定함에는 國際民間航空機關(ICAO)에서 定한 關係 規定을 根據로하여 各國에서 母國의 規定을 制定하여 施行하고 있으며, 日本이나 美國等도 例外는 아님을 알 수 있습니다.

따라서, 本 研究(案)은 國內關係規定과 國內에 設置運用되고 있는 裝備特性을 調査研究 및 試驗分析하였으나, 國內裝備가 外國 技術庫에 依하여 制作設置되고, 本 施設에 高度의 專門知識을 갖춘 技術者가 國內에 없을 뿐 아니라 裝備特性測定時에도, 運用裝備를 長時間 試驗하기에 苦衷이 있어 部分特長調査에 對한 未滿한點이 있습니다.

따라서 本 研究(案)은 全般的인 面에서 다소 未洽한 點이 內包되어 있으리라 思料되오나, 앞으로 航法system에 對한 關係資料를 系統確保하여 本 技術基準 研究(案)보다 完備한 研究가 되도록 努力하겠으며, 또한 既制定화된 기타 技術基準도 繼續補定發展시켜 新技術 開發에 先驅者的 立場에서 努力코져 합니다.

끝으로 本 研究에 協조하여 주신 交通部 航空局 安養 航空無
線標示所와 航空大學校 관계직원 여러분께 깊은 謝意를 포함니다.

参 考 文 献

- ① 日本 電波法令集
- ② 日本 航空電子装置 (改訂版)
- ③ 日本 電子通信ハンドブック
- ④ 日本 電子工学ポケトブック
- ⑤ 日本 無線工学演習
- ⑥ 航法電子装置 (韓国航空大学出版部)
- ⑦ ICAO 規定, ANNEXIO 第一巻 第一部
- ⑧ Electronics Engineers Handbook
- ⑨ 国内外 航空法
- ⑩ VOR 器機説明書 (交通部航空局)
- ⑪ TACAN 器機説明書 (交通部航空局)
- ⑫ 日本 電波新聞