

주파수 표준치 확대 연구

[illegible]

1. 서 언	167
2. Cesium 원소에 대한 고찰	168
3. 최근 의 원자표준	177
4. 2 차원기와 단파표준전파 수신에 의한 비교측정	186
가. 측정법	186
나. 측정장치의 구성	187
다. JY time tick	187
라. 측정자료	188
마. 분 석	190
바. 결 론	191
5. Cesium Beam 1 차원기와 VLF 표준전파 수신에 의한 상호비교측정	
가. VLF 표준전파의 의의	191
나. 장파대의 잡음강도	192
다. 주파수 측정정도에 미치는 잡음의영향	194
라. VLF 전파 위상지연	194
마. 우리나라에서 수신가능한 VLF 표준전파 송신국	195
6. VLF 수신기의 기계적특성에 관한 고찰	196
가. VLF 수신기의 특성	196
나. VLF 수신장치의 구성	197
다. 선택회로	200
라. 위상검파기	201
7. 외국 VLF 표준전파 수신에	202
가. GBR 의 수신에	203
8. 결 론	205
9. LORAN. C. 전파와 그 수신장치에 관한 고찰	206
10. PANORAMIC PANADAPTOR 에 관한 연구	210
11. 단파표준전파 의 각국 발사형식	221

통 신 기 정 성 이 윤

통 신 기 좌 김 신 호

전 송 기 사 보 김 인 하

1. 서 언

길이에는 길이의 표준이있고 질량에는 질량의 표준이있는 바와 같이 전파에도 전파의 표준이있어 그리하여 능률적인 이용을 확보하기 위해 주파수의 표준이 필요합니다. 전파는 그 주파수에 의해 분류하고 이용자에게 분배시키기 때문입니다. 주파수의 표준은 자연현상을 해명하기 위해 시간의 척도를 만들기 위해서도 대단히 중요한 의의를 갖은 것이다. 시간과 주파수는 상호관련이 있다. 주파수는 1초간에서의 파의 수로서 표시한다. 1초간에 1회 진동하는 파 다시말하자면 그 파의 1회 반복하기에 필요한 시간이 바로 1초일때 그 주파수를 1 HZ 라고 말합니다.

주파수의 표준은 원자·분자의 진동주파수를 갖고있어서 정합니다. 원자·분자에 고유의 주파수를 빼내도록한 장치를 원자주파수 표준원기라고 합니다. 이 주파수를 전자회로를 사용해서 1초 1회의 주파수로 변화시킬때 그 신호를 중첩하면 실제로 원자시계를 새기는 시계를 만들 수가 있습니다. 이와같은 시계를 원자시계라고 말한다.

원자주파수표준기는 주파수의 표준원기임과 동시에 시간의 단위 곧 극히 정확한 1초간의 길이를 제공하는 시간의 표준원기인 것이다.

1초의 국제적인 정의로서 세슘원자의 진동 9192631770 주기의 시간으로 정하고 있다.

또 표준전파의 통보하는 시각이 지구자전시(세계시)와 0.7초 이상 떨어지지 않도록 하기 위해 세계적으로 협의하고 필요가 있으면 1초의 조정을 1월1일, 7월1일의 9시직전에 행하도록 되어 있다. 또 지구자전시의 이용자를 위해 매분 그 보정치를 부호로

로 알고 있다. 표준전파는 단순히 주파수의 표준을 얻은것 뿐이 아니고 시각, 시간의 기준을 주어 국제적으로 거의 일치한 Time Scale 을 항상 이용자에게 직접 제공하는 유일한 전파로서 또 표준의 국제교환의 수단으로서 일반생활은 물론 학술연구 및 산업활동에 대해 중요한 공헌을 하고 있는바 이러한 세계 추세에 맞추어 나아가기 위해 당연구소에서는 공칭확도 $\pm 1 \times 10^{-11}$ 인 Cesium, Beam 1대를 보유하고 있으며 그 확도를 유지하기 위해 VLF의국표준전파를 수신하여 상호비교측정에 의하여 자료분석 및 교정에 노력하고 있으며 규정확도를 유지하기 위한 관리방안을 모색하고 있다.

한편 TYPE. 107 BR 고안정수정발전기로서 분해능이 양호한 T-1123 A Digital Synchronometer을 사용하여 국제표준전파이며 가장근거리인 JJy. 15 MHz를 수신하여 정밀비교측정 및 고안정수정발전기의 교정과 변화 양상을 연구하였으며 금후로는 국내시통일 및 주파수의 기준은 물론 각종 정밀측정기에 많은 기여가 될것을 확신하는 바입니다.

2. Cesium 원소에 대한 고찰

Cesium은 Li, Na, K, Rb, Fr 의 6 원소 즉 Ia 알칼리금속중의 하나로서 이러한 알칼리금속족은 모든 비금속과 신속하고 안정하게 반응하기 때문에 자연에서 결코 원소상태로 유지 못한다. 즉, 모든 원소중에서 가장 양성성이 강하고 이온화량이 가장 큰 원소이다.

가. Cesium 원소의 성질

원소기호 : Cs

원자번호 : 55

원자량 : 132,905

원자가 : +1

이온화 energy : Kcal / mole I_1 . 89. 78

I_2 . 579

원자반지름 A : 2,35

녹은점 °K : 302

끓은점 °K : 958

$\Delta H_{sub} . KCal : 18.7$

이온반지름 M^+ . A : 1,67

$\Delta H_{hyd} . KCal : 62$

$\Sigma^\circ (M^+ . M) Volt : -2,99$

$D(M_2) Cal : 10,4$

Flame . Reaction (불꽃반응) : 불꽃색 . 청자색

궤도수	Shell	주 준위	부 준위	전자수
n = 1	K	1	S	2
n = 2	L	2	S	2
			P	6
n = 3	M	3	S	2
			P	6
			d	10
n = 4	N	4	S	2
			P	6
			d	10
n = 5	O	5	S	2
			P	6
n = 6	P	6	S	1

전자배치 : $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^6 3d^{10} 4S^2 4P^6 4d^{10} 5S^2 5P^6 6S^1$

나. 원 자

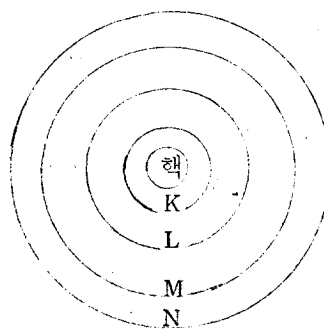
1) 원자의 전자배열

전자각 : 전자는 핵의 둘레를 몇개의 층으로 배치되어 있다. 이 층을 전자각 또는 전자껍질이라 한다. 이러한 전자각은 핵으로 부터 가장 가까운 차례로 K.L.M.O.P.Q라고 한다.

원자는 중심 부에 양전기 (+)를 띤 한개의 원자핵과 그 주위를 음전기를 띤 수개의 전자가 돌고 있다. 이러한 원자의 핵은 양자와 중성자로 구성되어 있다.

궤도수	n = 1	n = 2	n = 3
각 (Shell)	K	L	M
존재가능한 전자의 최대수	2개	8개	18개

n = n 번째의 전자각에 들어갈수 있는 전자수 $2 \cdot n^2$ 이다



전자궤도의 모형도

다. 전자 궤도의 전자배치법

들어갈수 있는 전자의 총수는 핵의 원자수와 같다. 1개의 궤도에는 Spin이 서로 반대되는 2개의 전자만이 들어간다. 들어가는 전자는 최저에너지 궤도에 들어간다. 같은 에너지 궤도에 있을때는 전자가 없는 궤도로 들어가고 이미전자가 1개들어간쪽으로는 들어가지 않는다.

라. 전자에너지의 준위

1) 전자에너지 준위

원자내에서 전자가 가지는 위치에너지의 단계를 전자에너지 준위라 한다.

2) 준위와 에너지의 대소관계

a. 주준위 (주각) : K각 : 제 1 준위 L각 : 제 2 주준위.

M각 : 제 3 주준위

원자내에서 전자가 갖이는 위치에너지는 핵으로 부터의 거리가 멀수록 크다.

b. 부준위 (부각)

같은 전자각내에서도 전자가 갖이는 위치에너지는 다르다. 이 같은 각내에서의 에너지의 단계를 부준위라 한다.

제 1 부준위 = S (2 개)

제 2 부준위 = P (6 개)

제 3 부준위 = d (10 개)

제 4 부준위 = F (14 개)

C. 전자 궤도의 에너지

같은 전자각중에서 S 궤도가 에너지가 가장 낮고 P, d, f 의 순으로 높아진다.

따라서 안쪽각의 f 궤도의 전자에너지가 그바깥쪽 각각의 S 궤도의 전자에너지보다 높을 수 있다.

D. Spectrum

방전관 arc Spark 등을 써서 각원소에서 나오는 빛을 Slit 를 통과시키면 Prismgrating 을 써서 입사광선을 분사시키면 연속 Spectrum 속에 각원소에 특유한 강도가 센 line .

Spectrum을 볼 수 있다.

이것들은 Slit 상으로써 각원자가 기인된 특유한 파장으로

이것을 atomic Spectrum이라 한다. 분자를 구성하고 있는 atom들의 진동이나 분자운동에 기인된 선을 밀집하여 band를 이룬다. 이것을 분자 Spectrum이라 한다.

특히 흥미를 끄는 것은 알칼리 atom. Spectrum 구조의 유사성이고 이들의 Spectrum과 수소 Spectrum은 그 구조가 간단하여 역사적으로나 이론적으로 대단히 중요하다.

$$\lambda = B \frac{n^2}{n^2 - 4} \quad n : 3.4.5.6 \dots\dots\dots$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{B_1} \frac{n^2 - 4}{n^2} = \frac{1}{B} \left(1 - \frac{4}{n^2} \right) = \frac{4}{B} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\bar{\nu} = RH \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\bar{\nu} = RH \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$n_1 = 1$ Lumen 자외선

$n_1 = 2$ Balmer 가시광선

$n_1 = 3$ Paschen

$n_1 = 4$ Brackett) 적외선

$n_1 = 5$ Pfund

내
2
함

E. Cesium 자력계

미소자장측정 자력계는 자성 재료에 현저한 자기특성을 이용해서

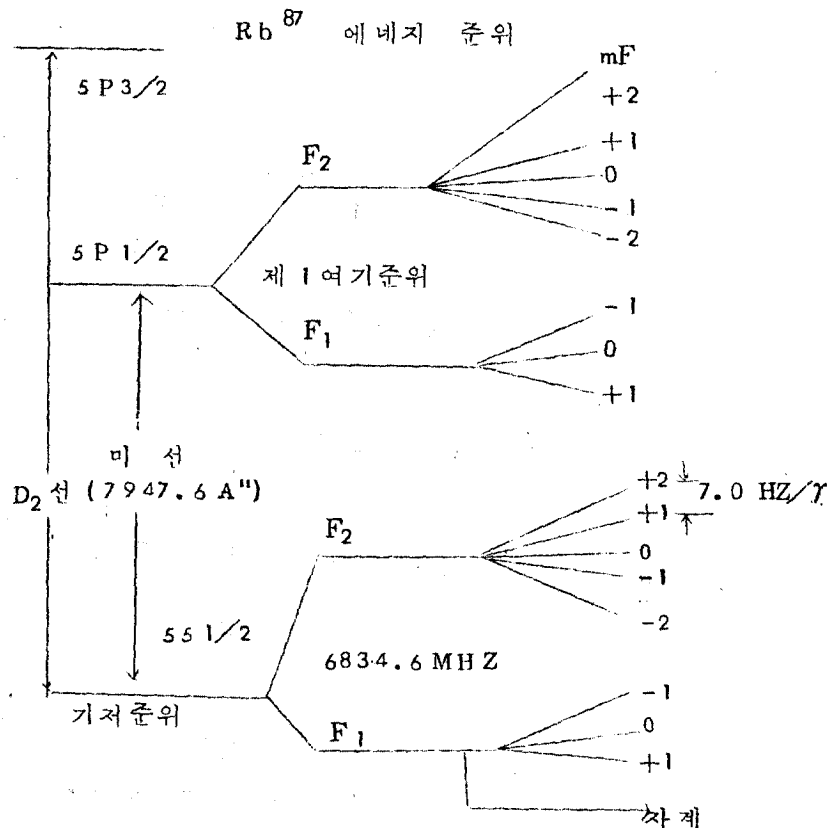
倍高調 磁力計 . 자장 내에 있어서 수소원자핵의 자유세차운동의 각 주파수를 자량의 절대치에 비례한 것을 이용한 프로톤자력계 광흡수를 이용한 루비듐자력계 Cesium 자력계등이 있다 .

Rubidium 자력계는 감도 $3 \times 10^{-3} \gamma$ ($1 \gamma = 1 \times 10^{-5} \text{ gauss}$) 이것을 $\langle \gamma \rangle = 1 \times 10^{-5} \langle G \rangle$ 로서 표시할 수 있다 . 응답속도 $3 \sim 5 \langle ms \rangle$ 알 수 있는 정도 $1 \langle \gamma \rangle$ 로써 연속측정이 독취가능 등 이점을 가지고 있다 . 그러나 취급이 매우 곤란하다 .

F . Rubidium 자력계의 원리

가) 여기단위

그림은 Rb^{87} 의 여기 준위를 표시한 것이다 .



여기 단위는 원자핵자기능률과 가전자의 자기능률과의 상호작용에 관해서 분리하고 그 각각의 전자운동량의 치를 대신하고 있다.

전각운동량 F 는 전자계의 각운동량 J 와 원자핵각운동량 I 의 Vector화이다. J 은 궤도각운동량 L 와 Spin각운동량 S 의 Vector화 R_b^{87} 의 기저준위와 제 1 여기준위의 I 는 $\frac{3}{2}$ 이다. J 은 $I - \frac{1}{2}$ 로 되고 전각운동량 $F = J + I$ 보다 $F = 2$ 와 $F = 1$ 의 양자로 분리할 수 있다. 자제 II를 가하면 전각운동량과 외부자계의 상호작용에 관해서 자기적 Sublevel m_F 로 분열한다. 이 자기적 Sublevel을 m_F 로 표시한다. 원자핵의 자기능률을 μI 가전자의 자기능률을 μJ 로 표시하면 준위에너지 W 은 제 1 식의 Breit - Rabi 공식으로서 주어진다.

$$W(F, m_F) = - \frac{\Delta W_0}{2(2I+1)} - \frac{\mu I}{I} H m_F + \frac{\Delta W_0}{2} \sqrt{1 + \frac{4m_F}{2I+1} X + X^2} \quad \text{①}$$

$$\text{단 } X = - \left(\frac{\mu J}{J} + \frac{\mu I}{I} \right) H / \Delta W_0$$

$$\Delta W_0 = \left[W \left(F = I + \frac{1}{2}, m_F \right) - W \left(F = I - \frac{1}{2}, m_F \right) \right]$$

$$H = 0, \quad J = \frac{1}{2} \text{ 라고 한다.}$$

Bohr의 진동수조건에서 여기에 에너지차 ΔW 은 프랑크 정수를 h 진동수를 ν 라 하면 제 2 식과 같이 표시할 수 있다.

$$\Delta W = h \nu \quad \text{②}$$

또 정 자계중에 설치하는 자기 쌍극자는 제 3 식에 표시한 W로
서 라모어의 세차운동 (歲差運動) 을 행하고 단 γ 은 gyromag-
netic 이다. H는 정 자계의 크기 [G]

$$W = 2 \pi \nu = \gamma H \dots\dots\dots (3)$$

$$\therefore \nu = \frac{\gamma}{2 \pi} H$$

자계가 적을때는 $\mu I \ll \mu J, X \ll 1$ 로 되며 Rb^{87} 의 기저준
위의 $mF = +2$ $mF = +1$ 와의 에너지를 차에 상당한 진동수 ν 은
①식과 ②식에서 구할 수 있다,

①과 ②식에 의해서

$$\Delta W = W (F=2, mF=+2) - W (F=2, mF=+1) = h \nu$$

$$\begin{aligned} &= -\frac{\mu I}{I} H + \frac{\Delta W_0}{2} \left\{ \left[\sqrt{1 + \frac{4}{2I+1} \cdot 2X + X^2} - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \sqrt{1 + \frac{4}{2I+1} X + X^2} \right] \right\} \\ &= -\frac{\mu I}{I} H + \frac{\Delta W_0}{2I+1} X \dots\dots\dots (4) \\ &\quad \left(\sqrt{1 + \frac{4 \times 2}{2I+1} X + X^2} - \sqrt{1 + \frac{4}{2I+1} X + X^2} \right) \doteq \\ &\quad \frac{2}{2I+1} X \end{aligned}$$

④식에 의해서

$$\nu \doteq -\frac{\mu I}{I h} H + \frac{\nu_0}{2I+1} X \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{또 } X = - \left(\frac{\mu J}{J} + \frac{\mu I}{I} \right) H / \Delta W_0 = \mathcal{V} F \cdot \mu_0 H / \Delta W_0$$

$$= \left(2K \times \frac{\mu I}{\mu_0 I} \right) \mu_0 H / \Delta W_0 = \left(2K + \frac{\mu I}{\mu_0 I} \right) \mu_0$$

$$H / \Delta W_0 \dots\dots\dots \textcircled{6}$$

$\mathcal{V} F$: \mathcal{V} 인자

μ_0 : Bohr 자자 (磁子) $0.92732 \times 10^{-20} \text{ erg/G}$

K : 흡수율 1.0012

\mathcal{V}_0 : $H=0$ 때의 진동수 $6.8347 \times 10^{-6} \text{ Hz}$

h : 프랑크정수 $6.625 \times 10^{-27} \text{ ergs}$

⑤⑥식에 의해서

$$\mathcal{V} \approx - \frac{\mu I}{I h} H + \frac{1}{2I+1} \cdot \left(\frac{\mu I}{\mu_0 I} + 2K \right) \mu_0 H / h$$

$$\frac{\mu I}{I h} \ll 1 \quad I = \frac{3}{2}$$

$$\mathcal{V} \approx \frac{1}{2I+1} \cdot 2K \mu_0 H / h = 0.700 \times 10^6 \cdot H (\text{HZ})$$

즉 자계 $I (\gamma)$ 에 해당하는 진동수는 7 HZ/r 로 되며 진동수 (자기 공진주파수) 를 나누면 그때 자계의 크기 H 를 구할 수가 있다.

나) 光 PUMP

기체가 열평형상태일때는 Bohr의 법칙이 성립하고 대부분의 원자는 각각의 자기적 Sub.level.mF에 거의 균등히 분포하고 있다. 이와같은 시의 기저준위와 제1여기준위의 에베지차에 상당한다. 7948 Å 의 파장은 낮은 광속 D_1 선을 맞추면 원자는 광에너지를 흡수해서 제1여기준위에 천이한다. 이때 선택측은

직선편광하면 $\Delta m_F = 0$ 우원편광하면 $\Delta m_F = +1$ 좌원편광하면 $\Delta m_F = -1$ 로 된다.

즉 광이 우원편광하면 기저준위의 원자는 제 1여기준위의 $\Delta m_F = +1$ 의 m_F 에 천이하고 약 10^{-8} 이후에 자연방출하지만 $m_F = +2$ 의 원자는 제 1여기준위에 $m_F = +2$ 이상이 아니기 때문에 천이할 수 없기 때문이며 기저준위 $F = 2$ 인 원자는 이러한 이유로 $m_F = +2$ 에 모인다. 이와같은 상태일때 제 7식에 의해 구할 수 있는 외부자계에 상당한 고주파자계를 가하면 $m_F = +2$ 인 원자는 $m_F = +1$ 로 유도천이하고 제차광의 에너지를 흡수해서 제 1여기준위에 천이하고 전술한 것을 반복한다.

광의 진행방향과 자계의 방향으로된 각을 X 라고 하면 흡수에 의해서 생기는 광의 변화는 $\cos X$ 에 비례한다. 또 자계 H 에 상당한 고주파자계에서 光은 강도변조되지만 그 변조율은 $\sin X$ 에 비례한다.

3. 최근의 원자표준

물질의 에너지상태간의 천이와 전자파와의 공진을 이용한 장치중에서 최근발달하고 있는 것은 마이크로파 광영역에 대응하는 에너지 준위간의 이용이다. 주파수 표준에 적합한 성질을 갖은 원소에는 Cesium - 133(Cs^{133}) Rubidium - 87(Rb^{87}) 다리움 - 205(Tl^{205}) 및 수소를 들수있다. 이것들은 어느것이나 안정한 수정발전기를 폐회로 속에 넣고 총매한 공진스펙트로서 항상 위상을 동기하고 그 중심주파수의 안정도를 수정발전기로 대치한 1개의 수동적인 공진기로서 이용되고 있다. 수소 maser은 능동장치로서

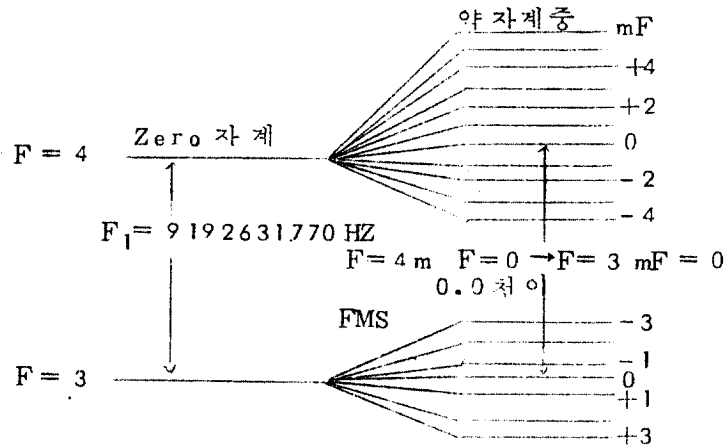
하이크로파에너지의 유도방출에 의해서 발진출력을 빼내고 있다.

이상의 3 장치외에도 주파수 표준으로서 흥미가 있는 장치가 있다. Rubidium . Beam . 암모니아 . maser ($N^{14}H_3$ $N^{15}H_3$) . Rubidium (Rb^{87}) Gas . Cell 등이 이것에 해당하고 각각의 특징을 갖고 있다. 암모니아 . maser는 발진출력이 비교적 큰 스펙트럼순도가 매우 높고 electronic 잡음의 영향이 적으며 단시간 안정도가 높고, 고도의 스펙트럼분석기로서 사용되고 있지만 넓은 주파수 표준으로서 이용하고 있는 단계에 도달하지 못하였다. Rubidium . maser은 특히 최근 Davidovits 등에 의해서 개발되고 있지만 지금까지 원자표준보다 스펙트럼순도가 높고 단시간 안정도가 훌륭하며 소형화로 할 수 있으므로 크게 기대 된다. 여기서는 최근 잘 사용되고 있는 원자주파수 표준의 원리, 특징, 구성 및 이용 이외의 정세에 관해서 줄하고자 한다.

가. Cesium . Beam 주파수표준

이장치는 Cs^{133} 원자의 핵자기 (核磁氣) 에 의한 코미세구조 기저 상태간의 천이를 이용하고 있다. 제 1 도는 Cesium의 에너지준위를 표시하고있지만 주파수표준으로 사용에 적합하고 있는 것은 ($F=4$. $mF=0$) \rightarrow ($F=3$. $mF=0$) 간의 천이로서 전자 Spin 과 핵 Spin 의 상호작용에서 나온 준위중에서 자기적인 효과가 최대적인 선이다. 주파수도 약 10 GHZ 로서 현재로서 취급이 쉬운대역이다.

제 2 도는 Cs^{133} Beam 관의 내부구조와 원자 Beam 이 통과중에 받은 동작을 원리적으로 표시한 것이며 Cs^{133} 은 약 70 °C로 가열시키면 가늘한 Collimator 을 통해서 원자선



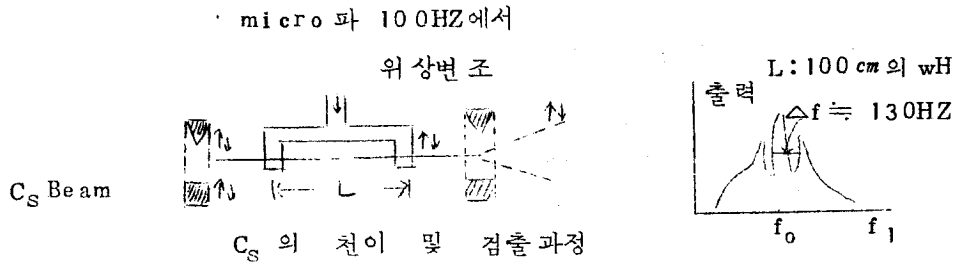
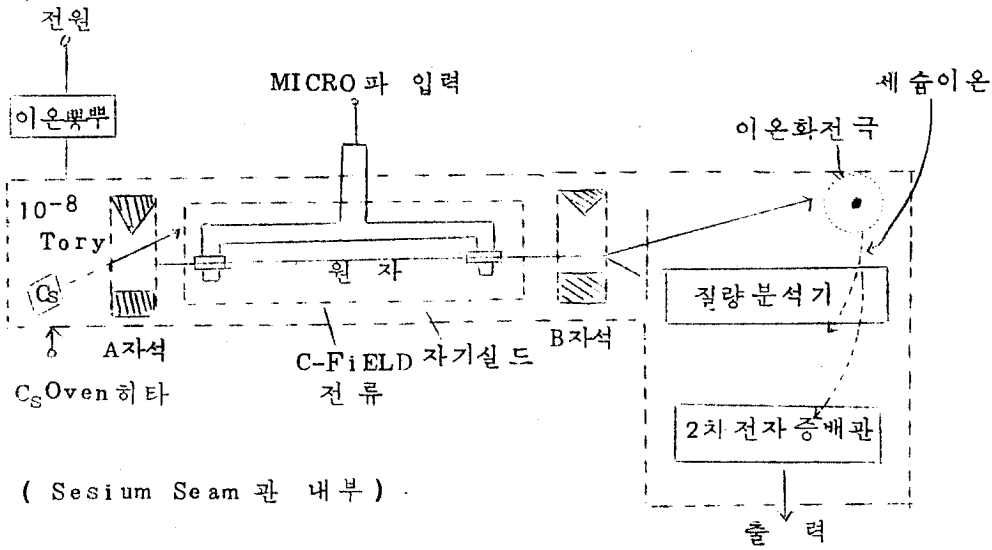
자기적 Sublevel 간 천이주파수 $f_{Ms} = 350 \text{ H(KHZ)}$

$0 \leftrightarrow 0$ 천이주파수의 자기적 효과 $f_{0,0} = f_1 + 427 \text{ H}^2 \text{ (HZ)}$

$H : f_1$: 영 자계 천이주파수

제 1도 : Cs^{133} 의 기저준위 자기적 Sub level

으로 된다. 원자선중의 $F=4$ $F=3$ 준위원자는 도중에 설치하고 있는 불균일자계 (A자석) 으로 들어가고 강력한 자계 때문에 자기적 Sub level로 나뉘어지지만 ($F=4$, $mF=0$) 원자와 ($F=3$, $mF=0$) 원자에서는 전자 Spin에 의한 자기 Vector의 역방향이어서 서로 역편향을 받는다. 이것을 이용해서 단위간의 선별을 시킨 원자중에서 낮은 준위의 원자는 실선방향으로 나아가며 일정한 낮은 자계 (C자석) 속에 설치한 공동공진기속으로 유도한다. 공동공진기는 위상이 일치한 2개의 Q의 높은 공진기로 되어 있고 2개는 필요에 응해서 적당한 거리 L를 설치한다. 이와같은



2도 : Cesium Beam 관의 내부구조와 천이 상태 설명도

배치로서 밖에서 micro 파를 공급하면 원자와 micro 파 자체는 소위 Ramsey Pattern 을 일으키고 한개의 공동울 사용해도 급준한 공진을 행하도록 된 제 2 도에 표시한 공진곡선을 얻는다. 이 경우 Spectre 선폭 Δf 와 공동공진기 간격 (L) 과의 사이에는

$$\Delta f = 0.64 \pi / L = 0.64 \pi / \gamma A$$

△ : 원자의 평균속도로서 약 $2.3 \times 10^2 \text{ m/초}$

乙 A : 상호작용에 행한시간

의 관계가 있고 $L = 1 \text{ m}$ 의 경우 선폭은 약 125 HZ로 된다.
이와같은 기구로서 천이된 Cs원자는 B자석으로서 A의 경우와 같은 힘을 받어서 천이한 원자만을 목적의 검출기로 넣을 수가 있다. 이 장치로서는 중성원자를 이온화하고 질량분석기로서 S/N을 올리고 최후로 증폭한 전자류로서 검출하는 방법을 택한다. 제 2도와 같이 세습의 장치는 외부자계의 효과를 감소시키기 위해 자기 Shield로서 하고 agauss 정도의 자계중에서도 영향이 없도록 되어 있다.

($F = 4, mF = 0$) \rightarrow ($F = 3, mF = 0$)

천이의 자계의 존성은

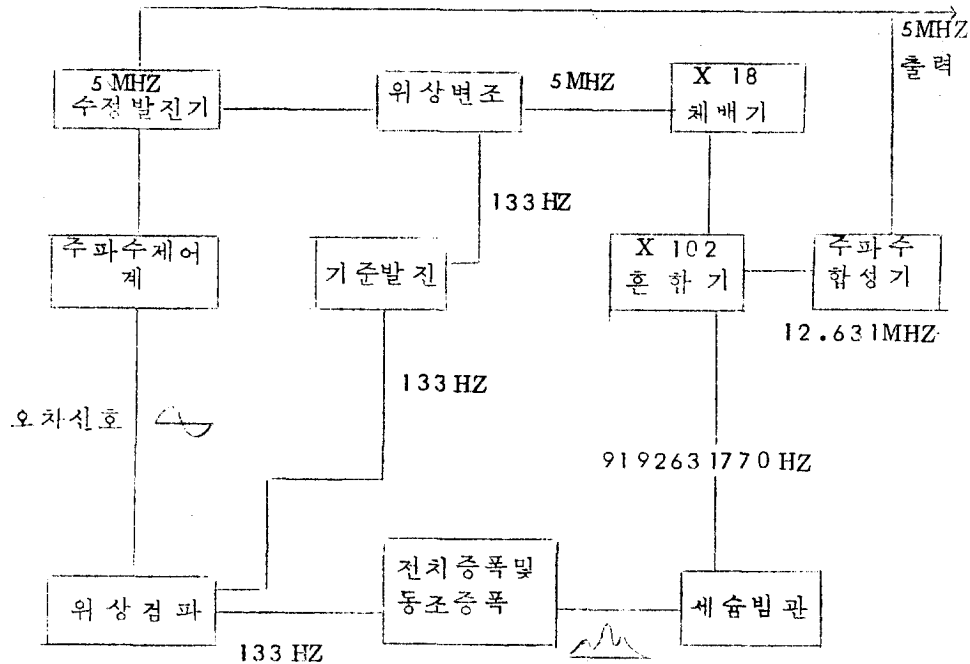
$$\Delta f_H = 427 H^2 \text{ (HZ)}$$

Δf_H = 자계에 의한 중심주파수의 차이

H = 자계의 강도로서 표시되고 주파수편이의 원인으로 되지만 최대 1×10^{-11} 정도로서 이것보다 충분히 경감할 수 있다.

(10^{-11} 이하) 제 3도는 전자회로와 조합시켜서 동기분주하고 공칭치 5 MHz의 원자주파수 제어발전기로서 사용하고 안정도, 재현도 모두 $\pm 1 \times 10^{-11}$ 정도이다.

세습. 빔관의 공동공진기 간격 L가 4 m ~ 2 m인 거대한 장치로서 반치폭을 25 ~ 100 HZ 좁게해서 정도를 올리고 국제표준의 기본으로 되고 있다. 이와같은 장치로서 결정한 Cs¹³³ ($F = 4, F = 3$) 간의 자유공간. Zero 자계에서의 천이주파수는 9 192 631 770 HZ 이다.



제 3 도 세슘 . 빔 주파수표준의 전자회로

나 . 수소 maser

수소 maser 도 그원리에서 타의 표준과 비교할 수 없는 주파수의 결정이 가능하며 1차표준으로서도 될 수 있다 .

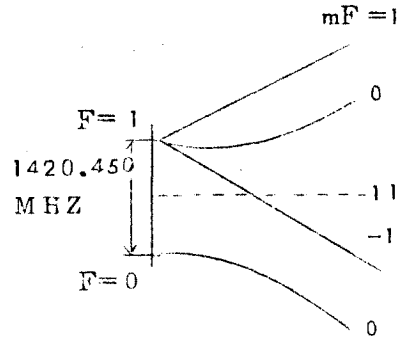
Spectral 은 현재실용성 있는 표준기중 최대순도가 높고 . 반치폭 1 HZ . Q로서 10^9 이상이다 .

수소의 기저 상태초미세구조 ($F=1$, $F=0$) 은 자체중에서 제 4도와 같이 분리한다 .

이중에서 주파수표준으로서 적합한 ($F=1$, $mF=0$) \rightarrow ($F=0$, $mF=0$) 준위간을 부온도상태로 하기위해 제 5도와 같은

원리를 이용한다.

수소방전관속에서 고주파 방전에 의해서 분해되고, 원자로된 수소는 매우 좁은 유리관속에서 만들어진 Collimator를 통해서 Beam으로 되고, 6극자석에서 만들어진 큰 자기적 비직선인 자계를 통과한다.

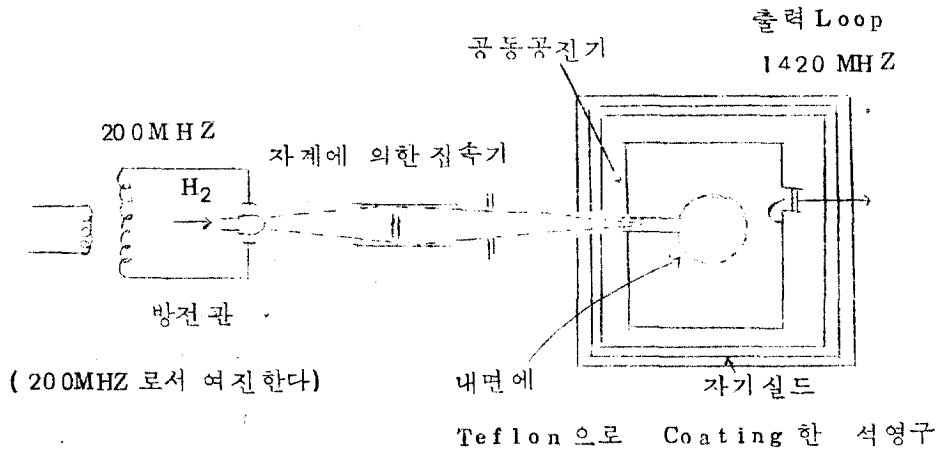


먼저의 재흡의 경우 설명된 효과

와 같은 동작에 의해서 $F \cdot m_F$

(1.1 및 1.0)와 $F \cdot m_F$ (1.-1 및 0.0)을 분리하고 높은 에베지준위 원자.빔을 집속한다. 집속된 높은 에베지 원자는

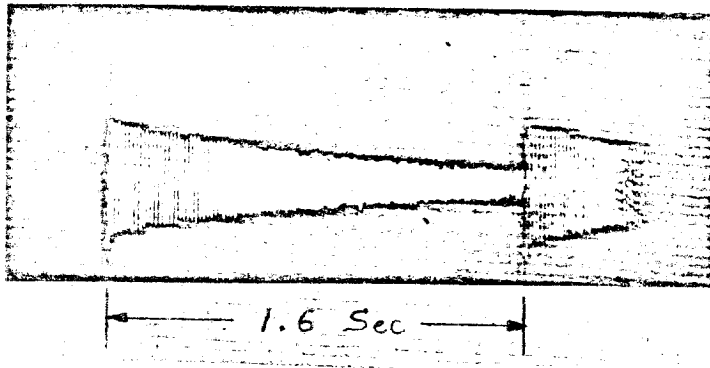
제 4도 : 수소원 자기저 상태의 초미세 구조



제 5도 수소 maser의 원리

일종의 보호막을 갖은 석영 Shell의 속으로 들어 간다. 보호막에는 수소원자가 흡착하기도 하고 energy 전이를 일으키지 않은 재료 Teflon이 이용되고 있다. bulb중의 원자는 벽에 충돌을

반복하여서 입의 운동을 계속하고 다시금 입구의 가늘한 구멍에서 빠져나아가고 (이시간을 *Escape.time*라 한다) 이 사이에 마이크로파 자체와 유효한 상호작용을 행한다. 원자가 갖은 *energy*를 공동으로 주어진다. 상호작용이 길면 수소원자의 Coherent한 유도방출이 단속적인 것으로 되어 발진한다. 발진에 도달하였는가는 공동에 -50 dBm 정도의 천이주파수로서의 마이크로파 신호를 Pulse 상으로 공급하고 마이크로파 Pulse에 의한 유도방출의 시간적 감쇄를 관측하는 것에 의해서 판정할 수 있다. 제 6도는 이 관측법으로서 촬영된 파형을 표시한다.



제 6 도 : 마이크로파 유도방출의 감쇄파형

여진 간격 : 1.6초 Pulse 폭 8 ms 발진직전의 것을 표시한다.

발진에 필요한 원자수는, 적어도 10^{13} 개/초이며 석영구 - (원자를 모으는 것으로서 *Storage.bulb*라고 말한다) 의 *Escape.time* 편향자석의 능률, 원자와 분자, 원자끼리의 충돌을 고려하면 *Colli.mater*을 통해 $F=1$ $mF=0$ 원자수는 10^{16} 개/초 이상으로 할 필요가 있다. 충돌에 의한 전이를 피하기 위해서는 공동공진기 축의

진공도는 10^{-7} Torr 이상 방전관 및 자석부분의 진공도는 수소도
입전 10^{-9} Torr도 입시 $10^{-6} \sim 10^{-5}$ Torr 정도로 할 필요가 있다.

수소 maser 은 1960년 Ramsey 에 의해서 발견된 이래 계속
연구가 계속되고 있다.

(1) 공동공진기의 주파수

수소원자압력의 효과를 무시하면 주파수 변화는 다음식으로서 표
시된다.

$$f - f_H = \frac{Q_c}{Q_L} (f_c - f_H)$$

여기서 f : 출력주파수

f_H : 수소의 초미세구조 주파수

f_c : 공동주파수

Q_c : 공동의 Q

Q_L : 초미세구조의 스펙트럼 Q

따라서 공동의 공진주파수는 될 수 있는한 f_H 에 동조하는 것이
필요하며 $\frac{Q_c}{Q_L} = 10^{-4}$ 로 하면 발진주파수를 10^{-12} 이상의 정도로 보
유하기 위해서는 $[f_c - f_H]$ 을 100 HZ 이하까지 동조할 필요가 있
다.

(2) 자계 (磁界) 의 영향

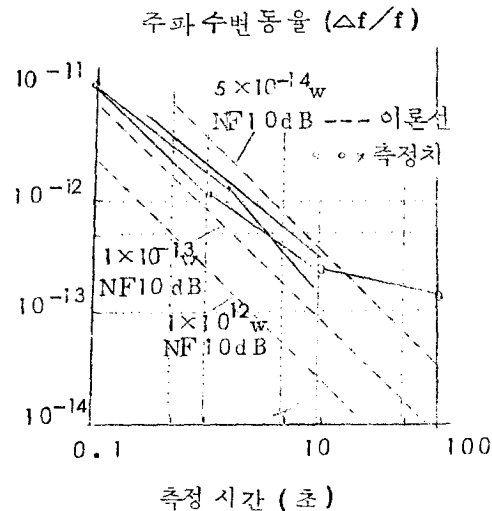
$(F=1, m_F=0) \rightarrow (F=0, m_F=0)$ 전이는 자계에 의해서도
영향을 받는다. 이 효과에 의한 주파수의 편이는

$\Delta F = 2750 H^2$ HZ ($H: \infty$) 로서 표시된다. 식에 의하면 자계의
2승에 의존하여서 충분 차폐하고 일정한 약자계중에서 발진하면
주파수편이도 적게 되고 절대치를 영자계의 수점도 용이하게 된다.
이 자계의 한계는 자계의 불균일치에 의해서 결정한다. 불균일 자계

가 있으면 0-0 천이와 타의 전기적 Sub level 간에서 천이를 일으키고 수명시간을 짧게 하는 결과로 되기 때문이다.

2 대의 maser 을 사용해서 그 Beat 의 단시간 안정도를 측정할 결과은 다음도와 같다.

활시간 안정도의 매우 우수한 것을 얻었지만 발진출력이 약하기 때문에 엘렉트록널부가 잡음이 일어나고 거의 그정향에 합하여져고 만다. 그러기 발진 강도의 개선과 출력의 증폭을 채용하면 0.1 초의 평균시간에서도 10^{-12} 이하의 안정도가 있다.



4. 2 차원기와 단파표준전파 수신에 의한 비교측정

가) 측정법

측정법은 Digital Synchronometer 에 의한 측정법으로 국제 단파표준전파이며 가장 근거리인 J. J. y 15M HZ 와 확도 $\pm 1 \times 10^{-10}$ 인 107 BR 고안정 수정발진기와의 일정한 시간에 상대적인 시각비교측정으로 원기의 주파수확도를 유지하고 있는 것입니다.

한편 단파인 J. J. y 표준전파를 수신사용하므로 Fading 및 잡음혼신에 심하여 통달거리에 의하여 단파와의 상호비교측정을 계속하여 2 차원기의 규정확도를 유지하고 있으며 단파와의 새로운 고도한 비교방식도 연구중에 있습니다.

J. J. y 단파표준전파의 세원

송신점 : 일본 . 동경 . 소금정 35 ° 42' N

139 ° 31' E

대원 거리 : 1136 Km

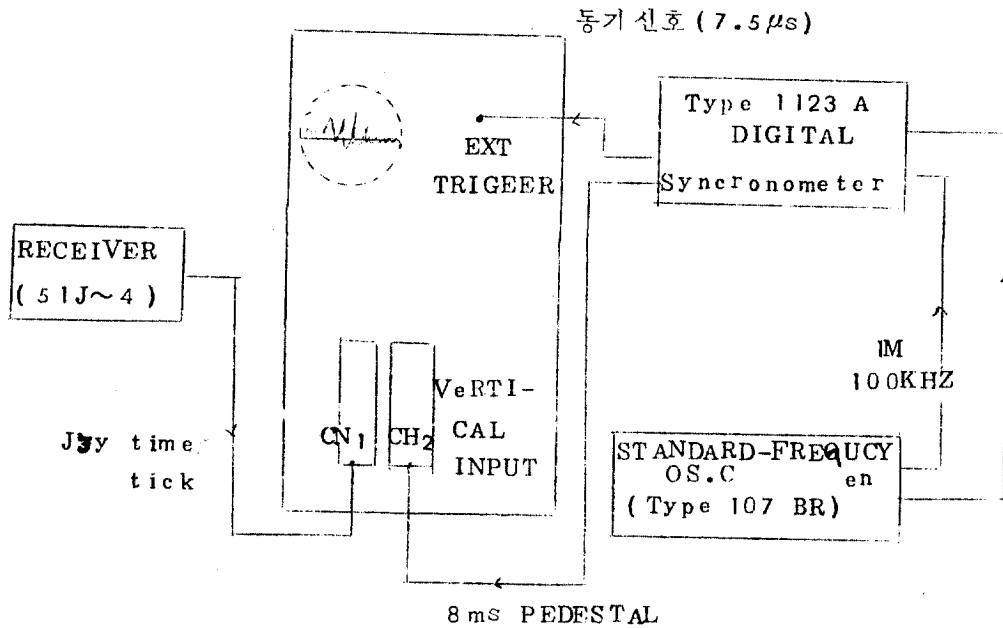
반송파출력 : 2 Kw

발사시간 : 24 시간

변 조 파 : 1000 HZ . 600 HZ . 1600 HZ

안 정 도 : $\pm 0.5 \times 10^{-10}$ 정도로서 발사하고 있다 .

나) 측정 장치의 구성



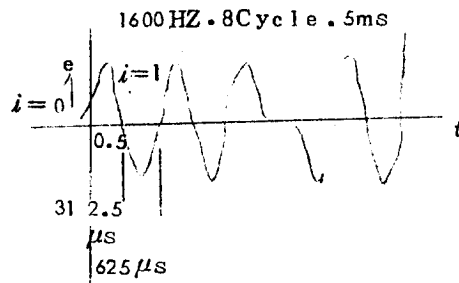
51 J - 4 단파수신기로 국제표준전파인 15 MHz 의 time . tick 을 수신하여 고안정수정발진기의 출력주파수인 100 KHZ . 1M HZ 에 의해 동작하는 Digital . Synchronometer 의 1Sec . tick 와의 상대적인 시각차를 비교측정하였던 것입니다 .

다) J . J . y time . tick

J . J . y . time . tick 는 그림과 같이 1600 HZ . 8 HZ 의 초신호

와 5 ms . Pulse 로 되어있으며 Peck와 Peck의 간격은 625 μ s
 입니다 . 초신호의 비교는 최초 Peck의 정상에서 행하며 이것을
 $\frac{625}{4} = 156 \mu$ s만큼 앞쪽으로 보정하면 정초의 위치에 해당되나
 실제 측정점은 독취정도가 불량한 첫번째 HZ의 시작점 그림의
 $i = 0$ 인 점보다 반 Cycle 후인 312 μ s 지연점 $i = 0.5$ 점을 택하
 여 Digital . Synchrono . meter의 time . Delay 을 조정 8 ms
 Pedestal 상에 0.5 점이

오도록 조정하여 그때가
 time.Delay 이며 이치로
 서 $\frac{\Delta F}{F}$ 및 ageing .
 rate 등을 구하였으나 측
 정시 BPV 혼신 Fading 이
 심함과 주기성 잡음 . 전리 층



외 불안전 상태등으로 비교정도가 불량한 요소가 다분히 포함하고
 있으나 조금이나마 피하고자 매일 일정한 시각에 일정한 주파수를
 수신하여 비교 측정 하였으며 한편 오실로스코프로써 측정하므로 독취
 불량으로 정확한 치의 측정은 곤란한 점이 있었던 것입니다 .

라) 측정 자료

상기 측정기기로서 측정한 대표적인 자료는 다음과 같다 .

다음자료로서 2차원기의 주파수차 및 ageing.rate 등을 구하였
 던 것입니다 .

월 일 73 년	시 간	TIME DELAY (μS)	ΔT (μS)	T ($10^9 \mu S$)	$\Delta T/T$ ($10^{-9} \mu S$)	비 고
7 月 5 日	09.10	551100				
6	"	550900	-200	86.4×2	1.157	
7	"	550800	-100	86.4	1.157	
8	"	일	요	일		
9	"	550600	-200	86.4×2	1.157	
10	"	550500	-100	86.4	1.157	
11	"	550400	-100	86.4	1.157	
12	"	550400	0			
13	"	550700	+300	86.4×2	1.736	
14	"	550600	-100	86.4	1.157	
15	"	일	요	일		
16	"	550400	-200	86.4×2	1.157	
17	"	제	현	절		
18	"	549700	-700	86.4×2	8.101	
19	"	549700	0			
20	"	549500	-200	86.4×2	1.157	
21	"	549400	-100	86.4	1.157	
22	"	일	요	일		
23	"	549100	-300	86.4×2	1.736	
24	"	549100	0			
25	"	548900	-200	86.4×2	1.157	
26	"	548800	-100	86.4	1.157	

월 일 73 년	시 간	TIME DELAY (μS)	ΔT (μS)	T ($10^9 \mu S$)	$\Delta T/T$ ($10^{-9} \mu S$)	비 고
7月27日	09.10	548600	-200	86.4	2.314	
28		548600	0			
29		일		요	일	
30		548300	-300	86.4×3	1.157	
31		548300	0			
8月1日		548100	-200	86.4×2	1.157	
2		547940	-160	86.4	1.851	
3		547800	-140	86.4	1.620	
4		547700	-100	86.4	1.157	
5		일		요	일	
6		547500	-200	86.4×2	1.157	
7		547410	-90	86.4	1.041	

마) 분 석

이 자료로서 일일마다의 time.Delay 치는 Δt 값이 약 $200 \mu S \sim 150 \mu S$ 전후하여 동기되고 있으므로 원기의 발진주파수는 5 M HZ 에 대하여 약 $-0.0115 \text{ HZ} \sim 0.005 \text{ HZ}$ 낮은 상태에서 발진하고 있음을 알수있었습니다. 한편 상기자료만으로서 최소자승법칙을 적용하여 평균고화율(ageing.rate)은 $-1.247 \times 10^{-9} / \text{day}$ 이며 2차 원기를 상기오차이내로 유지하기 위한 교정주기는 90 일만에 조정하여 규정확도를 유지하였던 것입니다.

바) 결 론

(1) 고안정수정 발진주파수는 5 MHz 보다 약 0.0115 ~ 0.005 Hz 낮은 상태에서 발진하고 있음을 알 수 있으며 평균고화율은 $-1.247 \times 10^{-9} / \text{day}$ 이며 원기의 교정 주기는 90 일임을 알 수 있었다.

(2) 그간의 불규칙한 변동은 Fading, 주기성 잡음, 혼신, 전리층영향, 독취정도 불량 등으로 인한 결과라고 생각된다.

(3) 다시금 계절, 전리층상황, 전파전파상황, 수신시각, 잡음발생상황, 송수신간의 거리등을 파악하여 이용하게 되면 고도의 비교도 가능하다고 볼 수 있습니다.

5. Cesium Beam 1 차원기와 VLF 표준전파 수신에 의한 상호비교측정

가) 장파표준전파의 의의

발진기의 주파수를 정밀하게 측정하기 위해서 단파표준전파인 J. J. y 가 이용되었던 것입니다. 이 표준전파의 주파수는 극히 고정도로 유지되고 있어서 그 주파수는 전혀 오차없이 발사되고 있다고는 볼 수 없지만 실제 이것을 멀리 떨어진 곳에서 이용하는 것은 전파의 전파도상에서 일어난 $10^{-8} \sim 10^{-7}$ 의 주파수 변동은 어쩔 수 없습니다. 이것은 단파의 전파특성상 변동이 심한 전리층내부 깊숙히 침투해서 수신측으로 반사해 오기 때문이며 전파의 통로거리가 비교적 빠른 변동으로 인하여 저기에 상당한 Doppler effect 에 의해 주파수 변동이 일어난 것입니다. 전자공학의 급격한 진보에 수반하여 이것에 응한 것이 장파표준전파인 것입니다.

장파가 단파와 똑같은 원거리점에서 우수한 것외에 전리층전파가

상층에 비해서 훨씬 안정한 전리층의 하부에서 반사되고 그 전파 전파 상황이 매우 안정하며 주파수 변동도 약간 미치고 있는 것입니다.

그럼 장파의 특징은 장파에도 단파와 같이 지상파전파와 전리층 전파를 생각할 수 있지만 각각 전파특성이 단파의 경우와 양상이 다르며 전체로서본 경우 현저한 특징을 알 수 있습니다.

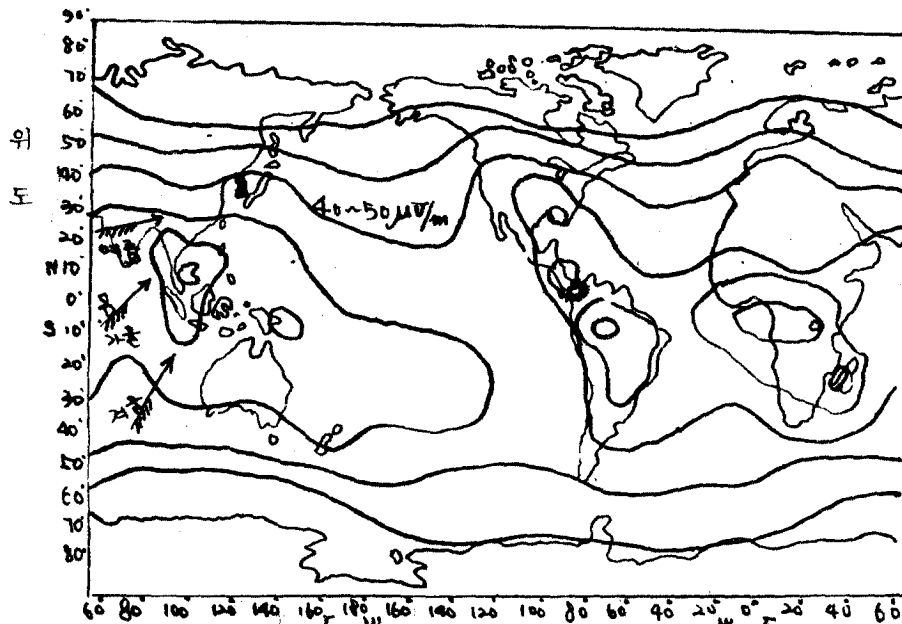
지상파에 관해서는 지표면에서의 손실이 적으며 통달거리가 꽤 큰 것이 특징이며 전리층 전파에 관해서는 전파중에 있어서 감쇄가 적으며 전파를 주로 D층의 하부에서 반사하기 때문에 그 전파는 시간적으로 매우 안정하며 또 전리층의 정기산란의 영향도 적고 Fading도 완만하다. 또한 위상안정도가 좋은 것이 그 특징인 것입니다.

그럼장파의 결점은 먼저 장파대에서 잡음레벨이 꽤 높은 것을 지적할 수 있으며 큰 송신출력을 필요로 하며 파장의 길이가 길어짐에 따라 송신시설비가 비싸지며 잡음전력을 가능한 적게하기 위해 수신주파수 대폭을 제한하게 되며 한편 공중선의 Band 폭을 지나치게 취할 수 없는 것등 입니다.

나) 장파대의 잡음강도

송수신간의 전파전파도를 포함한 장파 위상비교의 측정제에 분포하는 잡음은 송수신제통에 함유된 잡음과 우주잡음, 대기잡음, 인공잡음으로 대별할 수 있지만 장파대에서 최근 문제로된 잡음은 기상적으로 발생하는 공전잡음인 것입니다.

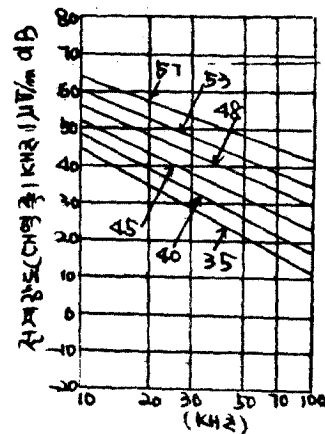
다음도는 공전잡음의 세제적 강도분포를 참고로 표시한 예인것입니다. 또 우리나라에 도래하는 공전잡음의 방향도 표시하고 있으며 봄철의 공전잡음 전제강도치가 10 ~ 20 K HZ 에서는 $40 \sim 50 \mu V/m$



북극의 (세계적) 잠음 강도 분포도) 경도

주파수 20 KHZ 에서의 1KHZ 복의치 dB(μV/m)

임을 알 수가 있습니다.
도에서 알 수 있는 바와
같이 뇌우가 심히 발생하
는 열대지방이 강력한 잠
음 발생원으로 되어있음을
알 수가 있다.



북극의 잠음강도와 주파수분포

4) 주파수 측정정도에 미치는 잡음의 영향

일반으로 신호파의 위상은 잡음에 의해서 동요를 받는다. 지금 잡음의 통계적 성질이 정상과정이라고 가정하고 반송파 및 잡음파의 Peak 치를 각각 C, n 로서 표시하면 반송파의 위상변동량의

$$\text{표준편차는 } \sigma(\theta) \approx \frac{C(n)}{C} = \frac{n_{rms}}{C} \dots\dots\dots ①$$

$$\text{단 } \frac{n}{C} < 1$$

주파수 측정의 시간간격을 T 라고 하면

$$\begin{aligned} \frac{\sigma(\Delta f)}{f} &= \frac{\sigma(\theta_2) - \sigma(\theta_1)}{2\pi FT} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi FT} \left(\frac{n_{rms}}{C} \right) = \frac{1}{2\pi FT} \\ &\quad \left(\frac{n_{rms}}{C_{rms}} \right) \dots\dots\dots ② \end{aligned}$$

측정 장치의 BAND 폭을 B HZ 라고 하면

$$\frac{\sigma(\Delta f)}{f} \approx \frac{\sqrt{\frac{B}{1000}}}{2\pi FT} \left(\frac{N}{S} \right) \dots\dots\dots ③$$

$$\text{단 } N = n_{rms} \quad S = C_{rms}$$

잡음치는 1 K HZ BAND 폭치를 표시한다. ③식에 의해서 잡음에 의한 위상비교정도의 한계를 평가할 수가 있다.

라) VLF 위상지연

전리층과 대지 간의 전파에 대한 여러가지 Model로서 계산되고 있다. 문제는 대지의 성질과 시간적으로 변화하는 전리층의 성질 다시금 그것들이 다른 전파 Model (이것들의 Model이 수신신호에 기여한다)에 주는 영향을 어떻게 적절히 표현하는가에 있다.

하바드대학의 Pierce 은 Coherent 한 2 주파수 사용해서 일주변동에 비교적 순감한 * 복합위상 * (Composite Phase) 을 만들도록 할것 . 또 다른 Weighting.Parameter . K 을 사용해서 SID 에도 순감하도록 한것을 표시하였다 .

이 생각법을 다시금 발전시키면 * 暗箱 * (Blac - Box . approach) 에 도달한다 . 특히 우리들은 순시의 (momentary) 실효위상속도가 거리 , 주파수와 약간의 여진 Parameter K_1 K_2 등의 관수라고 생각할 수 있다 .

곧
$$\psi = \psi (F, D, K_1, K_2, \dots)$$

또 수학적 Model 을 얻고 ψ 의 관수형이 저음과 함께 경험적으로도 알 수가 있다고 하면 우리들은 주파수, F_i, F_k 등의 위상차에서

$$\psi_i - \psi_k = \psi_i (F_i, D, K_1, \dots) - \psi_k (F_k, D, K_1, \dots)$$
 을 측정하는 것이 가능하다 .

Pierce 은 한종류의 위상변화 (일주 또는 SID) 에 대해서는 1 개의 Parameter 로서 충분하다 . 이것을 표시한 Omega 로서는 최대한 4 개의 위상차를 측정할 수 있으며 2 또는 3 Parameter.Model 를 어렵게 만들 수 있지요 . 또 이것이 가능하면 meicon 을 사용하는 경우 표보다도 실용적인 뿐이 아니고 Parameter 은 충분히 더욱 정확히 구할수가 있다 .

분산은 10 ~ 36 KHZ 에서는 그다지 문제는 없다 .

마) 우리나라에서 수신가능한 V.L.F 표준전파송신국

1950 년 10^{-9} 정도로 주파수 안정화된 60 KHZ 의 실험용 전파가 영국에서 발사한 이래 장파의 특징이 점차 인식되었고 현재 당연구소에서 수신되고 있으며 이용되는 V.L.F 표준전파 송신국으로서 $\pm 0.5 \times 10^{-10}$ 정도로 주파수 안정화 되어서 발사하고 있으며 그 전파는 각

방면에 널리 이용되고 있는 것입니다.

국 부 호	소재지 및 소속	주 파 수	출력 KW	주파수정 도 $\times 10^{-10}$	발 사 시 간	수신감도 dB	대 원 거 리
G.B.R	Rugby England United kingdom	16KHZ	60	± 1.01	22	31	8845
N.A.A	Cuttler mains. U.S.Navy	17.8KHZ	1000	± 0.5	24	21	10782
N.L.K	Jim creek wash- ington U.S.A.Navy	18.6KHZ	250	± 0.5	24	28	7806
N.W.C	North.west Cape Australia US Navy	22.3KHZ	1000	± 0.5	24	52	5634
N.D.T	yosami JAPAN	17.4KHZ	50	-	-	45	1136

6. VLF수신기의 기계적 특성에 관한 고찰

VLF 표준전파를 이용하기 위한 수신방식으로는 구성상, 직접비교방식, 위상추미방식, 발전기 제어방식의 3종류가 있으나 당연구소에 있는 VLF수신기는 위상추미방식에 의한 주파수 및 시교정. 목적으로 매우 안정된 VLF수신기로서 단파에 의한 비교 측정보다 일반적으로 양호한 단기 및 장기 확도를 얻을 수 있으며 30분 정도의 짧은 시간에 1×10^{-9} 24시간 측정에는 1×10^{11} 의 확도를 얻을 수 있는 특수한 수신기인 것입니다.

가) VLF수신기의 특성

주파수 : 8 ~ 29.9 KHZ

시각 차기록 장치 : 9999.9 μ S 까지

반공파와 상대적인 시각차를 집적할 수 있으며 $0.1 \mu S$ 적은 위상변화도 명확히 구별할 수 있습니다.

대역폭 : RF 대역폭 (500 HZ)

IF (50 HZ)

Servo 대역폭 : 0.002 HZ ~ 0.06 HZ

수신 감도 : $0.01 \mu V$ (599 - 600 루프안테나로 20 K HZ 을 수신할때

$0.3 \mu V/m$ 의 전계강도와 일치한 값)

S/N : - 50 dB (Servo 시정 수를 5 Osec 에 놓고 1 K HZ 의 대역폭

에서 측정한 Gaussian 잡음)

공칭 : $\pm 1 \times 10^{-11}$ / 24 시간 .

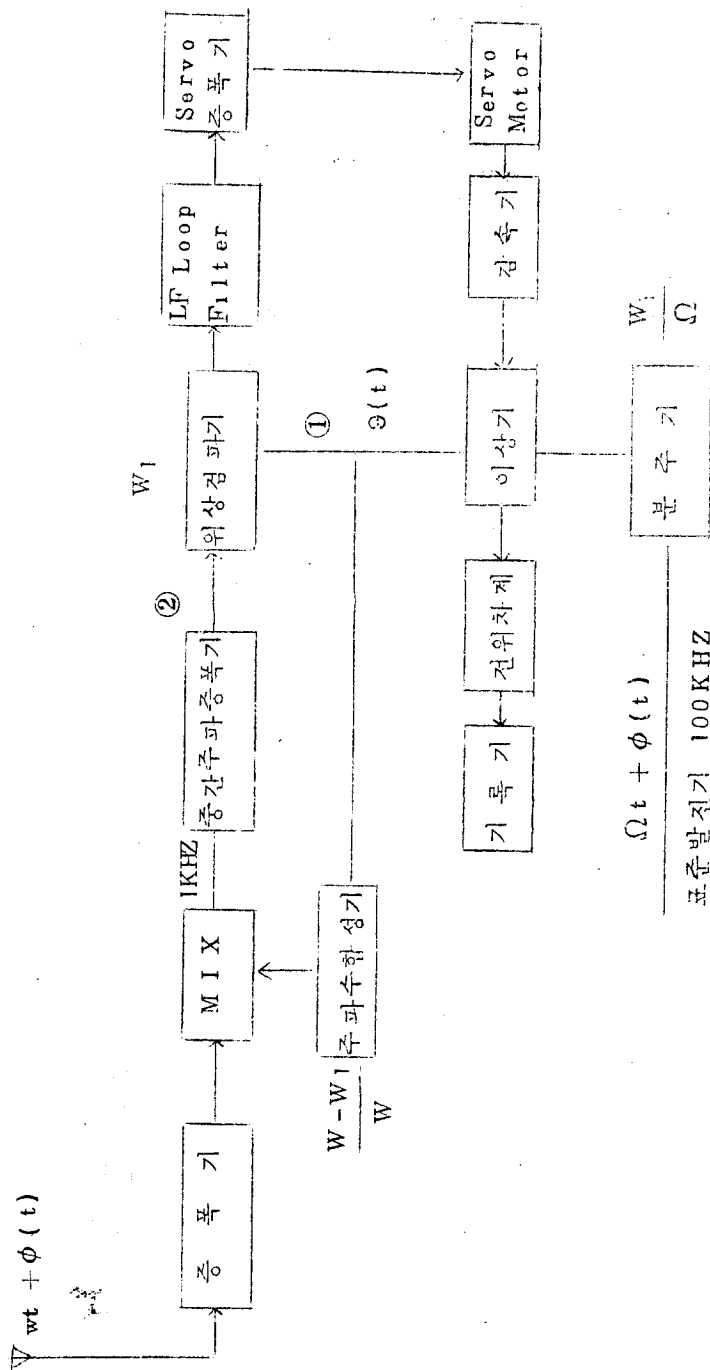
기록장치 출력 : 시간당 1 인치이며 반송파와 상대적인 위상차를 기록하여 기록의 위상감도를 $10 \mu S$, $100 \mu S$ 임의 선택할 수 있다 .

입력주파수 : 표준주발진기로 부터 100 K HZ . 1 M HZ 가 필요하다 .

잡음억제 : Blanking 라는 회로로서 인공잡음 . 충격잡음 . 대기잡음등을 감소시키고 있다 .

나) 다음도는 VLF 수신장치의 대표적 구성을 표시하였다 .

도래하는 VLF 표준전파의 신호는 안테나에서 증폭기에인가 되고 MIX에서 주파수합성기에서 만들어진 국부발진주파수와 혼합한후 중간주파수 1 K HZ 로서 증폭기에 들어간다 . 한편 표준주발진기에서 연속파는 분주기를 경유해서 Servo 모터의 회전축에 감속기를 경유해서 연결하고 있는 이상기로 보내어 진다 . 이렇게 해서 중간주파증폭기의 출력과 이상기의 출력은 위상검파기로 투입되어 비교된다 . 한편 양신호의 위상차가 90° 일때는 위상 검파기의 출력은 Zero 90° 이외의 때는 오차전압이 Loop 필타를 통해 Servo 모터 한편



이상기는 회전해서 ①의 위상을 수정한다. 결국 Servo 모터의 회전은 ①과 ②의 위상차가 90° 로 되어 정지한다. 이것이 Loop의 평행상태인 것입니다. 좀더 자세하게 말하자면 지금 도래파 및 비교발진기의 $t = t$ 에서 위상을 도에 표시한 바와같이 $Wt + \phi(t)$ 및 $\Omega t + \phi(t)$ 라고 하면 도①에서 주파수는 W_1 위상은

$$\frac{[\Omega t + \phi(t)] W_1}{\Omega + Q(t)}$$

②점에서의 주파수는 같은 W_1 위상은

$$\frac{Wt + \phi(t)}{\left[\frac{[\Omega t + \phi(t)] W_1}{\Omega + Q(t)} \right] \frac{W - W_1}{W_1}}$$

이 양자를 같게 하면 Loop의 평행조건이 된다.

$$\text{곧 } \frac{Q(t)}{W} = \frac{Q(t)}{W} - \frac{\phi(t)}{\Omega} + \frac{\pi}{2W}$$

일반으로 F (HZ)의 주파수원에서 시계를 구성하면 이 시계 1초간에 이주파수원의 위상은 $2\pi F$ 라디안 만큼 앞선다. 지금 $\Delta\phi$ 라디안만큼이 위상이 앞서차가 있다면 시계면에서의 시각차이는

$$\frac{\Delta\phi}{2\pi F} \text{ 초} \quad \text{결국} \quad \frac{\Delta\phi}{W} \text{ 초} \text{ 입니다}$$

이 의미에서 상식의 우변 제1항은 VLF도래파를 시계와 비교한시의 상대적 시각 제2항은 비교하는 표준시계의 상대적시각 제3항은 일정치이다.

따라서 우변은 위상을 라디안으로 표시 할때 도래 VLF파와 표준시계

와의 상대적시각치를 초로서 표시한 것으로 된다.

한편 $Q(t)$ 은 이상기와 회전각도이며 동시에 전기적위상 각도와 같다. 이 $Q(t)$ 의 1주 2π 라디안을 평행조건에서는 $\frac{1}{F_1}$ 초에 해당한다. 결국 도래 VLF파와 표준주발진기간의 상대적시각차는 1회전이 $\frac{1}{F}$ 초에 해당하는 이상기의 회전각도로서 표시된다. 이대로서는 불편하여 이상기측에 전위차제를 직결하고 이상기 회전운동을 직접 직류전압으로 변환해서 이것을 기록상에 연속기록하고 있는 것이다.

예를들면 10 KHZ 로 선정하면 기록기상의 전폭이 $100\mu S$ 에 해당되는 것입니다.

다) 선택회로

장파표준전파 전용수신기는 전파가 변조되고 있는 경우에도 일반적으로 반송파만을 이용하고 있어서 수신기의 중합주파수대폭을 좁게 하여 S/N 비를 개선할 수가 있으나 일반수신기와 달라서 회로의 위상안정도라 하는 것이 중요하며 고주파·중간주파의 Band 폭은 너무 좁게해서는 안됩니다. Band 폭이 좁은 경우 필타의 위상특성은 급준하여지며 따라서 온도변화등에 의한 영향이 커서 VLF 표준전파의 수신장치에서는 고주파 중간주파의 Band 폭은 넓게 하고 위상점파의 뒤에서 충분히 Cut - Off 하는 Low. Pass. Filter 을 이용해서 혼신잡음을 제지하고 있는 것입니다.

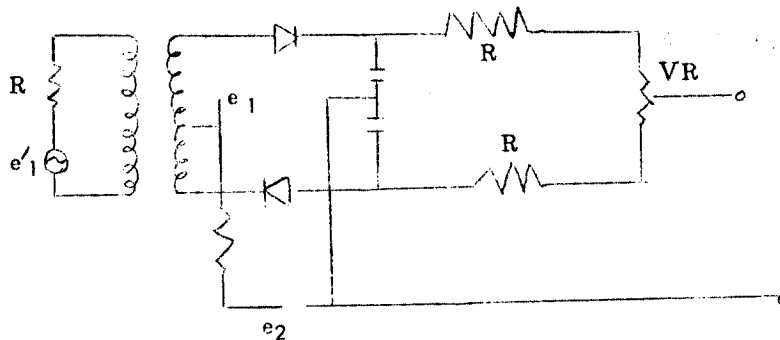
따라서 점파기이전에서 수신기의 Band 폭을 제한하고 잡음강도를 증폭기 포화레벨이하로 하기위해 입력동조부에 필타를 사용하고 있는 것입니다. 한편 일반수신기에서는 통과대역의 특성을 되도록이면 평탄하게 하지만 표준전파의 수신장치에서는 그럴필요가 없으며 식한 쌍봉특성의 회로는 중앙부에서 위상변화가 적은 것을 이용하

는 것입니다.

VLF 수신기의 특기 할만한 성능으로서 주파수선택회로에 Blacking이라는 잡음감소장치가 있어서 공전형상과 충격잡음의 영향을 감소시키고 있습니다.

라) 위상점파기

VLF 표준전파 수신장치에서는 수신신호와 자국신호와의 위상비교해서 위상차의 시간변화에 의해 주파수차를 구하지만 위상비교기에 의해 직접위상차를 얻을 수는 없는 것입니다. 이것은 일반적으로 S/N 비가 나쁘기 때문이며 광범하게 위상차에 비례한 출력을 얻은것은 인난하기 때문입니다. 위상점파기로서 이용된 대표적도를 표시하였습니다.



$e_1 + e_2$ 를 2개의 Diode로서 정류해서 그차를 출력으로서 매내는 것입니다. 양신호가 90° 위상일때는 화와 치는 상호갈으며 출력은 Zero로 됩니다. 이 상태에서 위상차 거의 정현에 비례한 출력신호를 얻을수가 있는 것입니다. 이 회로에서 양신호의 전원임피던스에 비해 R을 충분히 크게 하면 감도가 좋지만 한편 신호에 우수차의

찌그러짐이 있을때는 정부 Peck치가 변화하고 바란스가 변화하며
라이오드특성변화 영향도 받기쉽습니다 .

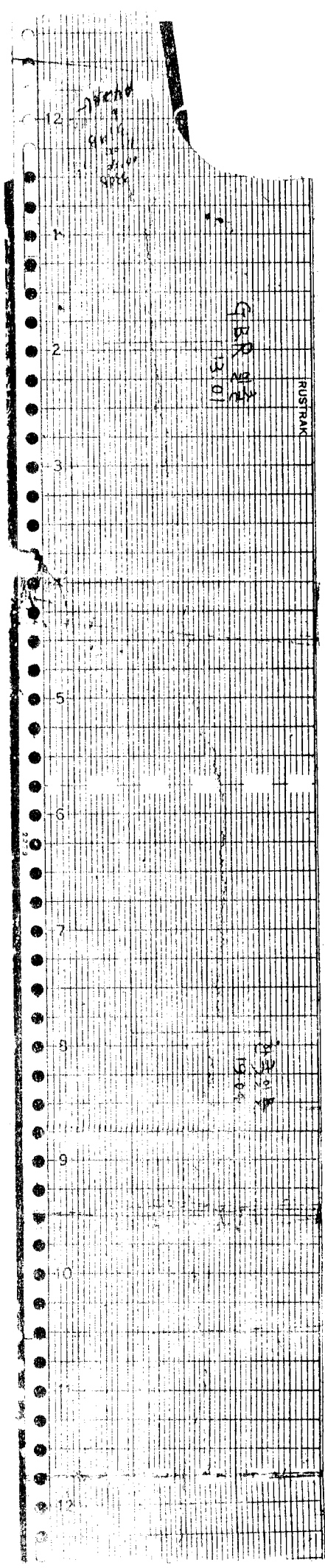
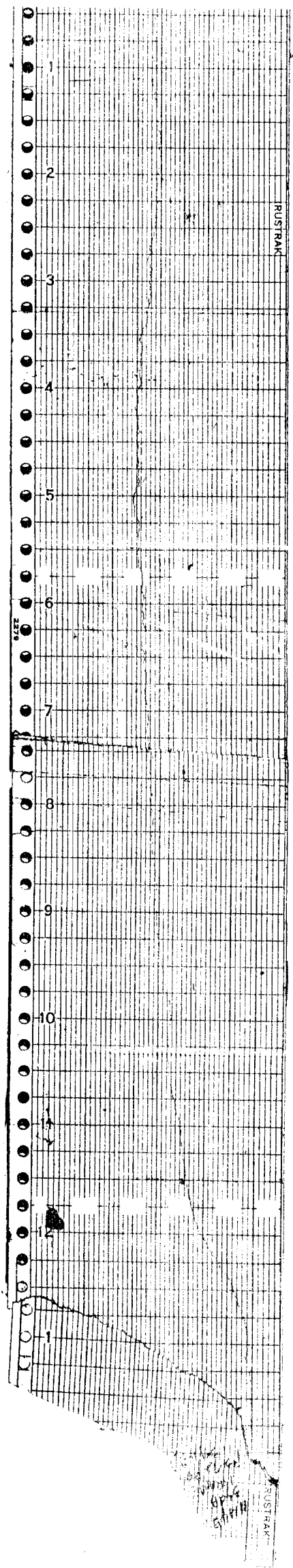
7. 외국 VLF표준전파 수신예

VLF표준전파에 의한 발진기의 주파수를 측정하는 경우에는 Beat
방식 . 위상사진기록방식 . Servo를 이용한 위상펜기록 방식등이 있지
만 당연구소에서는 정밀한 측정을 행할 수 있는 위상펜기록 방식
에 의해서 발진기의 출력과 도래파 표준전파의 위상추이를 연속적
으로 기록하고 이 결과로서 분석하였던 것입니다 . VLF전파는 단
파의 경우에 비해서 극히 안정하지만 근거리에서 수신하지 않는한
기록중에는 역시 전리층의 변동에 의한 일주적인 변화가 있어서 이
경우 이것을 어떻게 처리하는가 큰 문제인 것입니다 .

자) G.B.R의 수신예

다음도는 당연구소에서 수신된 VLF표준전파 G.B.R의 수신기
록예이다 .

< 도 면 참 조 >



표준전파 16 KHZ . 출력 60 KW로서 발사지점인 England . Rugby 와 당연구소간의 대원거리 . 8845 Km 인 원거리 전파소에 걸쳐 송수신계통에 포함된 공전잡음이 수신기에 미치는 영향이 크므로 수신기의 micro . Second . Servo . time . Const and 을 15 위치에 놓고 비교측정에 임하였던 것입니다 . 수신전계강도는 주간 31 dB . 야간 20 dB로서 수신되었으며 주야간의 차는 약 10 dB임을 알 수 있었다 .

송신점이 원거리임으로 한국이 주간인 동안 GBR 의 표준전파지점이 야간으로 되는 등 주야간구별하여 비교측정을 얻기에 곤란하여 한국과 발사지점이 낮 동안인 (GBR 일출 13.01 한국일몰 19.04) 즉 낮시간인 6 시간 동안에 $3 \mu S$ 의 위상변동을 읽어 비교정도는 -1.388×10^{-10} 을 얻었고 24 시간 측정에는 $5 \mu S$ 의 위상변동기록을 읽어 비교정도 -0.578×10^{-10} 을 얻었던 것입니다 . 24 시간 동안의 상대적인 시각차는 $46.6 \mu S$ 을 읽어 -5.393×10^{-10} 을 얻었습니다 .

8 . 결 론

(1) VLF 대는 특히 주야간에 있어 극히 안정한 특성을 갖고 있으나 일출몰시에는 가장 큰 위상변화가 일어나며 야간에는 이보다 적은 위상변화를 일으킴을 알 수가 있었습니다 .

(2) 짧은 시간에 걸쳐 확도가 높은 비교측정을 할 수 있었으며 단파에 의한 비교측정보다 일반적으로 단기 혹은 장기확도를 얻을 수 있었습니다 .

(3) 그간 기록용지난으로 인하여 계절적인 변화양상의 결과를 얻지 못함을 아쉽게 생각하며 외부기록기로서 사용할 수 있는 방안

을 연구중에 있습니다.

9. LORAN.C. 전파와 그의 수신비교

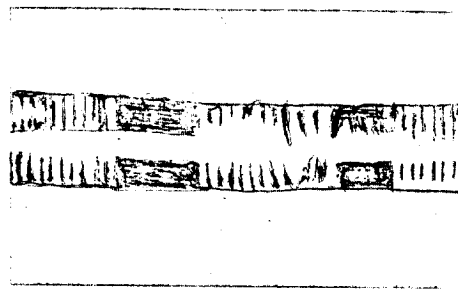
장치에 관한 고찰

LORAN.C은 쌍곡선 전파방법의 일종으로서 사용주파수는 100 KHZ 세습원자 발진기에서 매년 안정한 것이다. 100 KHZ의 해상전파는 매우 안정하고 위치측정에는 포락선정합외에 위상정합을 겸용해서 고정도의 위치결정을 가능하게 하고 있다. 이와같이 우수한 항법방식으로서의 이용도외에 이 신호는 현재의 표준전파가 국제적으로 채용하고 있는 협정세계시(UTC)에도 동기관계를 갖고 있다. 따라서 이 신호는 현재의 고정도 시각의 국제비교에 중요하게 이용되고 있다.

이 LORAN.C의 고정도 유효영역은 주로해상이다. 100 KHZ 신호의 구브러 질범위에도 한계가 있다. 현재 전세계에 걸쳐 각 해역에 8개의 망이 있다. 어느것이나 주국 1에 종국 3~4개를 갖고 있다. 이중 일본해역을 포함하고 있는것은 북서태평양망이라 부르고 있으며 이주국 및 종국의 위치.전력은 다음표와 같다. 주국은 硫黄島에 있다.

국	전 력	Cord 지 연 시 간
硫 黄 島	4 MW	0
마 - 카 스 도	4 MW	15283.3 μ S
북 해 도	250 ~ 400 K W	36685.2 "
沖 繩	250 ~ 400 K W	59463.0 "
가 - 루 도	4 MW	80746.5 "

표준 Cord 지연 시간이라고 하는 것은 주국의 전파발사에서 중국에서는 각각 일정시간씩 늦게 전파를 발사하고 각국의 신호가 적당한 간격으로 되도록 한 것이다. 사진은 이 전파의 수신에이며 마더의 톱니바퀴상이 몇 개 인가 볼 수 있다. 각군과 마더의 톱니바퀴상의 수는 8 개로서 간격은 1ms 이다. 좌에서 2 번째의 많은 진폭의 군이 주국의 신호 이군에는 8 개의 마더의 톱니바퀴뒤에 2 ms 늦고 또 한개의 마더의 이가 있다.



이것은 주국신호의 표적이다. 硫黄島の 신호군에 계속해서 순차적으로 마-카스.북해도.冲繩.가-뿌도의 신호이다. 이 일련의 Cycle 이 이망에 있어서는 99.7 ms 마다 반복되고 있다. 그리고 이밖에 주국만 으로서는 매초신호가 발사되고 있다. 그리고 이밖에 주국만 으로서는 매초신호가 발사되고 있다. 이 초 신호는 99.7ms 의 1000 주기 결국 16 분 37 초마다 주국에서 나오는 마더의 이 신호의 선단과 합치한다.

그러나 99.7 ms 반복신호를 표준시계의 매초신호와 비교해서도 10 micro 초이하 숫자는 매우 움직이지 않는다. 이것에서 상위단위숫자는 LORA.N.C의 초신호에 의해서 확인하면 좋다.

항시 비교에는 반복속도가 99.7 ms 주기신호를 이용하는 편이 좋다.

다음도는 LORAN.C 전파수신장치의 구성도이다.

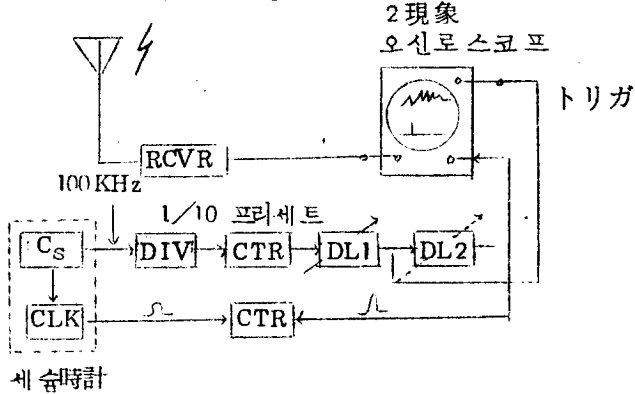


圖 15 LORAN.C 電波受信装置の構成

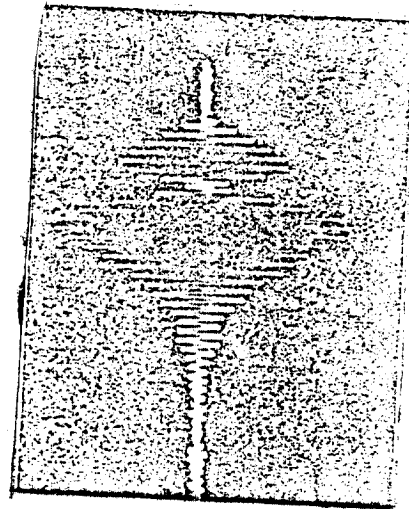
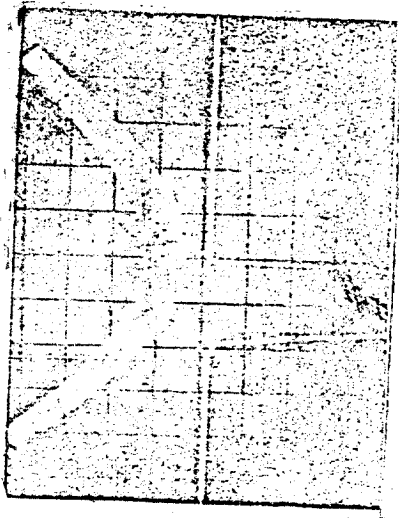
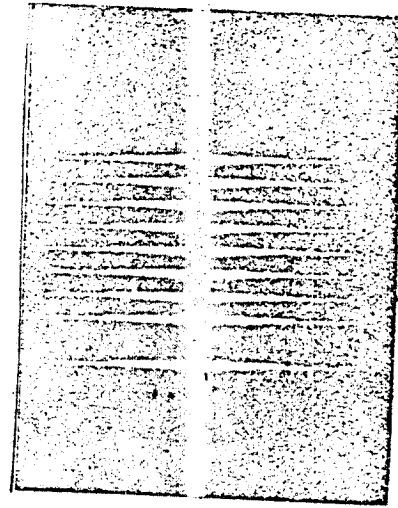
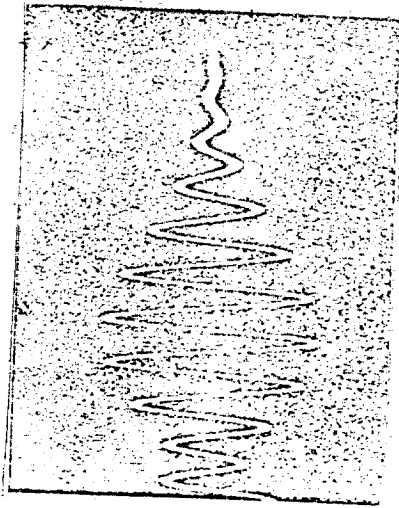
방송 발진기의 100 KHZ 신호를 분주기 (DIV) 에 넣고 10 KHZ 로 분주해서 이것을 프리센트. 카운타 (CTR) 에 유도하고 이 프리센트. 카운타는 LORAN.C 전파의 반복주기 99.7 ms 를 만들어 빼내는 것이다.

이 출력 Pulse 을 제 1 지연 회로 (DL1) 에서 적당히 지연 시키고 오실로스코프의 한쪽 현상측에 수신파형이 나타나도록 트리거 시각을 조정한다.

제 2 지연 회로 (DL2) 은 또 1 개의 현상측에 비교 Pulse 을 비추고 이것을 수신파형을 정한 위치로 합치시킬 필요가 있다.

이와같은 파형합침이 끝나면 표준시계의 초신호와 DL2 출력 Pulse 간격은 시간 간격측정용 카운타 (CTR) 로서 측정하면 좋다. 다음사진은 주파수신호를 ①②③④의 순으로 확대촬영한 것이다.

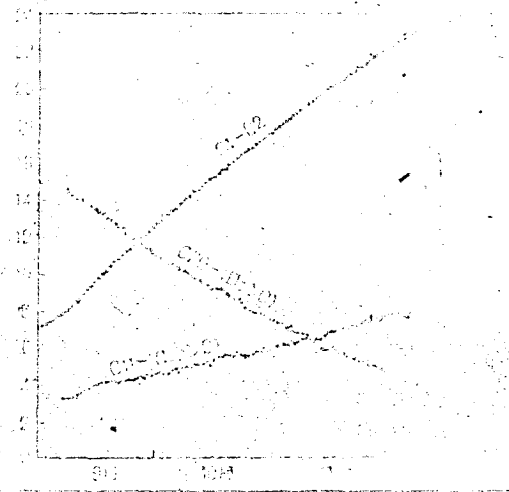
②의 사진은 ①의 사진을 최초 마디의 이를 확대한 도이다. 도 중 가운데가 가늘한 것은 이 부근에서 뒤의 부분이 지상파와 반사파와의 간섭에 의해서 산란되고 있는 것을 표시하고 있다.



가늘한 파의 주파수는 100 KHZ이다 ③의 사진은 ②을 다시금 선단부의 확대촬영을 표시하고 전리층 반사파의 방해로 피해서 정밀한 비교를 행하는데는 이파형 최초의 2~3번재의 모양을 1분간에 걸쳐 중첩촬영한 것이며 위쪽의 Pulse 파형은 비교신호이며

그의 위점을 수신파형의 정상에 합치고 있다. 시간눈금이 $0.5 \mu s$ 이다. 이장치에 의한 CS 원자시계와 LORAN.C의 수신 Pulse 와 실제의 비교결과를 도에 표시하였다.

C_1, C_2 은 C_S 발진기 제 1 호, 제 2 호의 약호이고 도의 가운데 C_1-C_2 의 상호비교결과는 1MHZ 에서의 연속위상기록장치 읽음을 Flot 하고 있다. 이것을 그 바로밑의 C_{22}



(LORAN.C) 또는 C_{11}

(LORAN.C)의 비교결과와 비교해서 보면 후자의 $C_1 - C_2$ 의 결과 그것과 그다지 차이는 없는 것을 알 수 있다.

여기에서 C_{11}, C_{22} 은 각각 C_1 및 C_2 로서 구성된 세슘 원자시계의 수신호를 의미한다. LORAN.C 신호의 수신 비교의 정도는 표준편차로서 $\pm 0.2 \mu s$ 이다.

10. PANORAMIC.PANADAPTOR에 관한 연구

가) 목 적

본기기 본래의 제특성을 이탈 않은 범위내에서 조정 및 회로 변경 부가 회로등을 사용하여 본래의 특성이상으로 발휘하게끔 그 개선방안의 검토연구하는데 목적이 있었던 것입니다.

나) 연구조사내용 및 착안점

본보기의 연구에 착수하기전에 기기설명서를 숙독한후 다음

사항을 중점적으로 조사 연구하기로 하였던 것입니다.

- ① 수신기의 중간주파수가 500 KHZ 인 수신기에만 사용케된 PANORAMIC. PANADAPTOR를 이외의 중간주파수를 갖인 수신기에 연결하여 사용가능여부
- ② 동조된 신호 (Screen 상의 O Point) 이 외의 Screen 상의 신호주파수직독 가능여부
- ③ 대역폭확대가능 여부
- ④ Screen 상의 주파수 특성 (Level) 개선여부
- ⑤ 리조드된 신호 Pulse 의 입자상태의 개선점을 중점으로 연구조사하였던 것입니다.

다) 개 요

본기기는 주어진 주파수대내에서 수신기에 동조된 신호를 중심으로 양측에 나타난 신호가 그림과 같이 나타나게 되어있는 것입니다.

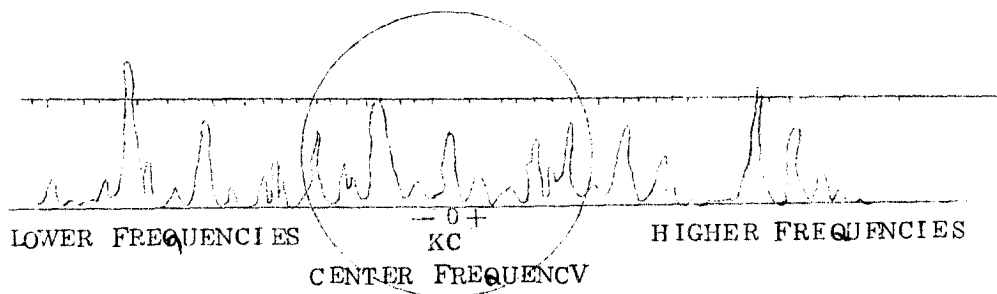
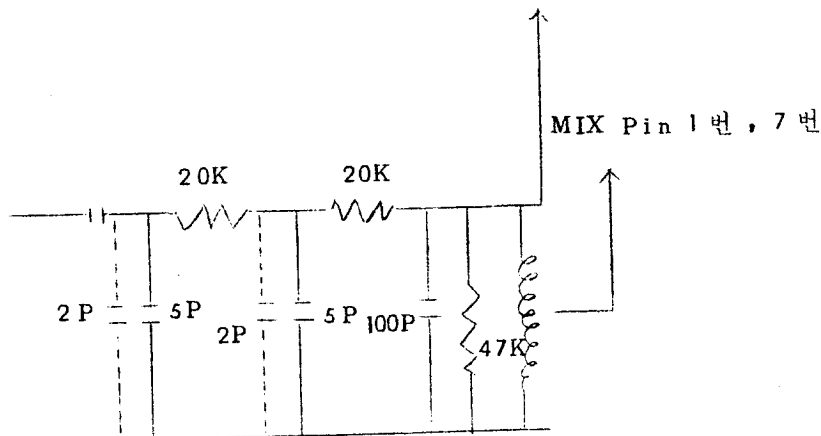


Figure I-1. Presentation of Radio Frequency Spectrum

특히 공항이나 통신소를 비롯하여 이와 유사한 곳에서 전송된 신호를 감시하는데 적합하고 또한 HF 대 기기에 있어서 큰 주파수변화를 일으키는 회로 정수의 물리적 및 전기적인 변화와 관련된 발진기의 성능시험을 비롯하여 부하변동, 부분품의 변화, 충격 및 온습도의 변화에 대한 주파수 안정도 등 큰 변화를 조사하는데 유용한 기기로써 사용할 수 있으며 이상열거한 사항등이 시간적으로 표시되어 Screen 상에 나타나게 되어 있으므로 동조된 신호는 청각을 이용한 수단과 시각을 이용한 수단으로서도 판별이 가능한 특징을 갖고 있다.

라) 연구과정

- ① 중간주파수를 455 KHZ로 사용하기 위해 회로 변경없이 IFT의 T 101 및 T 102 와 V4의 각 회로부분을 조정해 본 결과 만족한 특성을 얻지 못하였던 것입니다.



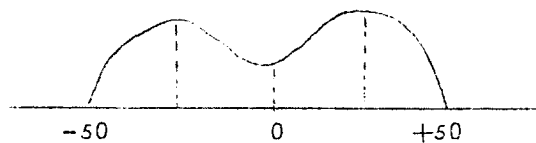
(국부발진주파수 726 KHZ인것을 681 KHZ로 변경시킨

회로 (점선콘덴사 2p 삽입)

- ② 다음 V4의 국부발진회로에 C을 병렬로 추가접속하여 국부발진주파수인 726 KHZ를 681 KHZ로 개조한후 T101 및 T102만을 조정한 결과 1차페의 특성보다는 다소향상되었으나 역시 만족할만한 특성을 얻지 못하였던 것입니다.
- ③ 다음에는 Screen 상의 주파수를 직독하기 위하여 marker를 신호와 같이 주입시킨 결과 기본신호가 약 2 - 6 dB 감소되고 marker의 입력도 상당히 높은 level를 인가하니 Screen 상의 각 Pulse는 직독할 수 있으나 수신기의 Dial 눈금주파수에다 가감하여야 한다는 결점이 있었다.
- 즉 수신기의 IF 주파수 ± 50 KHZ를 초과한 marker는 Screen 상에 나타나지 않으며 Screen에 나타나는 상은 항상 수신기의 IF ± 50 KHZ 이내만을 나타나기 때문에 수신기가 2 MHz 또는 3 MHz 이상인 것은 직독되지 않기 때문에 이는 불가함을 알았던 것입니다. 다만 이는 수신기의 IF 주파수가 Screen 상의 중심인 O Point에 오도록 Center Frequency 조정을 하면 눈금하나가 10 KHZ로 읽을 수 있으니까 정밀하지는 않지만 수신기 Dial 눈금주파수와 합하면 대략치의 주파수를 확인할 수 있으므로 이 시험은 상당히일만 소요하고 중지하기로 하였던 것입니다.
- ④ 대역폭확대 가능여부에 대해서는 VI 8의 Sweep Width회로 변경등 여러가지의 작업을 해본결과 266 KHZ의 IFT의 주파수대폭이 한정되어 있기때문에 도저히 만족할만한 특성을 얻을 수 없으며 이 시험시에도 상당히일만 소요하고 만족할만한 결과를 얻지 못하여 원 상태로 복구시켰음.

- ⑤ Screen상의 주파수 특성개선은 T101 및 T102로 조정
 한 결과 상당히 개선되었으며 또한 Dumping 저항을
 T101 및 T102에 삽입한 결과 만족한 특성은 나타났으나
 감도가 약 30~60 dB 정도 저하되었다.

IFT를 교체한 결과 비교적 양호하였으나 역시 Screen
 상의 주파수 특성을 Flat로 하기 위해서는 감도저하를
 수반하였기 때문에 이를 다시 검토한 결과 Screen 상의
 Zero Point 근처의 지시가 낮고 $+50$ KHZ 쪽에 갈수록
 상당히 상승하고 있었다. 그것은 수신기에서 동조된 중심
 주파수는 이득이 높기 때문에 Screen 상의 중심부에 오면
 지장이 없이 표시되나 $+50$ KHZ 쪽으로 갈수록 수신기의
 특성상 감도는 감소되니까 약한 신호일지라도 수신기로서는
 청취할 수 없으나 Screen 상에는 당해 신호의 파형이 나타
 나기 때문에 전파감지하는데는 오히려 좋은 결과이므로 이
 는 평탄한 특성이 되도록 하지 아니하고 하기도와 같이



특성이 나타나도록 고정시켰음. 본 시험시 가장
 많은 부품과 장시일이 소요되었던 것입니다.

- ⑥ 2차시험으로서는 국부발진 주파수를 681 KHZ로 하고
 IFT T101 및 T102를 시중에서 판매하는 일반상용
 IFT로 교체한 결과 만족한 특성이 나오지 않아

Hammarlund 수신기용 IFT로 대체한 후의 각 결선을 바꾸어본 결과 비교적 평탄한 특성을 얻을 수 있었으나 입력레벨이 약 10~20 dB 높아야 한다는 결점이 있었음 따라서 입력 level를 낮추기 위하여서는 위의 ⑤항에 기술한 특성이 나오도록 한다면 어느 정도 만족한 입력이 되는것을 알았음.

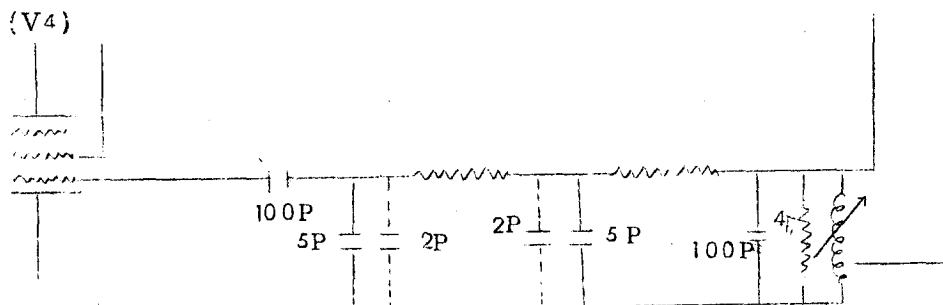
- ⑦ 다음은 입력측의 차단관 V_1 이 6 BE 6 이므로 이를 MIX 관으로 이용하기 위하여 G_1 에 국부발진주파수를 G_3 에 신호주파수를 인가 하였다. 이때의 IF는 종전과 같이 500 KHZ로 두고 이 국부발진주파수와 신호주파수의 차이가 500 KHZ가 되도록 조정한 결과 이외의 수신주파수에도 사용가능함을 알았다. 즉 국부발진주파수 F_0 와 수신기의 IF주파수 F_1 를 500 KHZ가 되도록 즉
- $$F_0 \pm F_1 = 500 \text{ KHZ}$$
- 되도록 하면 가능하게 되었음. 이러한 실험을 하기 위해서는 표준신호 발생기 2대를 이용하여 1대의 출력은 $500 \text{ KHZ} \pm F_1 = F_0$ 가 되도록 하여 V_1 의 G_1 에 인가하고 다른 1대의 출력은 $500 \text{ KHZ} \pm F_0 = F_1$ 가 되도록 하여 V_1 의 G_3 에 인가한 결과 양호한 특성을 얻을 수 있었다. 그러나 V_1 에도 V_3 와 마찬가지로 G_1 과 케소드에 자려발진회로를 삽입한 결과 국부발진의 이득이 약해서 전체감도가 4~6 dB 저하함으로 V_1 에는 적합한 국부발진회로를 별도로 만들어서 삽입하되 특히 이득이 큰것으로 설계되어야 할것이다.

참고로 국부발진회로를 별첨도면과 같은 회로에다 $500 \text{ KHZ} \pm F_1 = F_0$ 를 계산한 X-tal를 삽입하면

어떠한 수신기에도 동작이 가능하나 IF가 500 KHZ \pm 50 KHZ의 주파수 근처일 경우에는 같은 신호가 Screen 상에 2 개가 나타남으로 주의하여야 할것이다. 이 시험은 수신기의 IF 주파수가 다른것이 없어서 표준신호 발생기로서 시험하였음.

- ⑧ 다음은 detuning 된 신호 Pulse 의 입감 level에 대한 확도를 높이기 위하여 측정한 결과 그 신호의 level을 정확히 측정할 수 없기때문에 신호발생기 2대의 출력을 동시에 인가한 결과 변동이 생기게 되고 또 Screen의 양쪽 끝부분에 갈수록 level이 높아야만 약한 신호를 볼 수있기 때문에 입력신호와 같은 강도로서는 큰 효과가 없으므로 여러가지로 시험하였으나 이것 역시 만족한 특성이 나오지 아니하고 수신기로 부터 detuning 된 신호의 level을 정확히 파악하기 곤란한 점등으로 인하여 상당한 시일만 소요하고 아무 성과는 없었다.

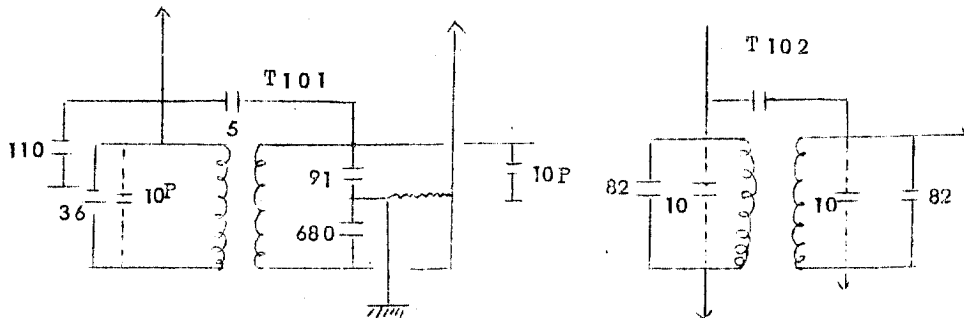
1) OSC의 변경



입력 500 KHZ 를 445 KHZ 로 교체하기 위해 Reactance.

Tube 부의 CSC 를 2 P 콘덴사를 병렬로 2 개의 콘덴사를 삽입하여 726 KHZ 인것을 681 KHZ 로 교체하였음.

- 2) OSC 를 교체 하였으나 현용 IFT로서는 좋지않아 T101 와 T102 의 양단에 10P 콘덴사를 삽입하여 Panadaptor 의 파형과 거의 일치하였다.



(500 KHZ 의 IFT 를 455 KHZ 로 함에 의해서 콘덴사를 삽입 하여 본 회로)

마) 운 용

① Sync . Amp

스위프 동기 신호의 진폭은 음극선관의빔 스위프동기를 취하기 위하여 조정되며 최대진폭은 최대시계 방향으로 얻을수 있다.

② Sweep . width

스펙트럼폭은 이조정 손잡이로서 이루어진다. 시계 방향으로 완전히 돌렸을때 최대 스펙트럼폭이 스크린에 나타나며 반시계 방향으로 완전히 돌려졌을때 대폭은 더욱 좁게 보인다. 이조정 손잡이는 Resolution 손잡이와 관련되며 각각의 신호가 근접된 2 개 또는 여러개의 신호편향을 분리하는데 사용된다.

③ Vidio . Filter

여 스위치는 잡음인 점찬널간의 열로 인한 스푸리어스 및 함등의 불요파를 억압하기 위한 것이다. 여파기 In 위치에 있을때 신호원은 통합되어서 점차 옮겨지며 OUT 위치에서는 신호가 공급된다.

④ Resolution

분해능. 즉각 각신호를 분리하는 능력은 주파수 조사율 및 대폭의 2 가지 요소로 구분된다. 가장 적합한 분해능은 양자간의 한정된 관계를 필요로 하는데 분해침예도는 주파수주사율과 IF대역폭양자에 의해서 감소된다. Resolution 손잡이는 통상 IF대폭이 좁은데서 사용되며 반시계방향으로 회전하면 제 2 IF단을 감소시킨다.

⑤ Center . Frequency

특정 주파수에 FM국부발진기를 복귀시키거나 유지하는데 사용되며 입력중심 주파수에서 신호와 관련된 편향을 스크린의 중심에 오도록 한다.

⑥ Cal . Sync . Sel

Cal 위치에서는 60 HZ를 수신편향판에 주입할 때 따라서 Sweep rate를 교정하는데 사용되고 Lin 위치에서는 Sweep가 전력선 주파수로 동기되며 EXT 위치에서는 뒷면에 있는 외부 Jack (EXT.Sync)에 인가된 신호로서 Sweep가 동기된다.

⑦ Amplitude . Scale

Log 위치에서는 40 dB의 진폭을 갖는 신호를 스크린에서 볼 수 있다.

교정범위는 - 20 dB로 부터 + 20 dB이며 매단마다 5 dB이다. Lin 위치에서는 20 dB의 진폭을 갖는 신호를 스크린에서 볼 수 있다. 이 위치에서 수평 교정용 line이 사용되는데 직선 Scale은 10 division에서 교정된다.

EXT위치에서는 Pip (신호의 근원) 의 높이가 대개 4:1 의 범위로 신호전압의 자승에 따라서 변한다 . 지정 시계수 때문에 Log 의 모양은 협대역 Pluse로서는 적당한 기능을 발휘할 수 없다 .

⑧ 활 용 방 안

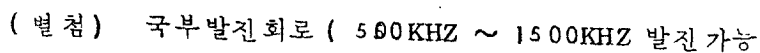
본 Panaramic . Adaptor 는 단독으로 사용할 수 없는 것으로서 부가 수신기로 부터 신호를 공급받아서 그 수신기의 동조주파수 근처에 인접되어있는 주파수성분 혼신등을 시작적으로 분석하기 위한 것이다 . 따라서 가장 유용하게 사용할 수 있는 분야는 공항이나 일반통신소등으로 부터 특정한 전송주파수에 대하여 감시하는 경우나 그외에도 회로소자의 변화 . 발진기의 성능시험 고주파의료설비 유도가열 설비 및 공업용 고주파 장치로 부터 발사된 전파의 큰 변동의 특성등을 Resolution . Sweep . Width 등을 조정여 파형을 확대 또는 축소시켜 자기가 원하는 위치에 놓고 분석하는데 가장 유용하게 사용할 수 있다 .

다만 본기기를 활용함에 있어 미약한 신호에 대한 적절한 조치가 이루어지지 않는다면 소기의 목적을 달성할 수 없으니 사용자는 이점에 유의하여야 할것이다 .

바) 결 론

본기기의 연구 착수전에 검토착안한 몇가지를 토대로 시험한 결과 연구과정에서 기술한 바와같이 본기기의 근본설계면에서 그 이상의 성능발휘는 무리한 듯하며 다만 입력측 수신기의 중간주파수는 $V_1 (6 BE 6)$ 을 이용하여 다음과 같이 함으로 수신기의 중간

즉 V_1 (6 BE 6) 은 입력신호증폭관으로 사용하고 있는바 여기의 G_2 에는 입력신호를 인가하고 G_1 에는 별도로 $x - talosc$ (회로 참조) 을 만들어 부 착한 후 발진주파수를 임의로 변경시킬 수 있다면

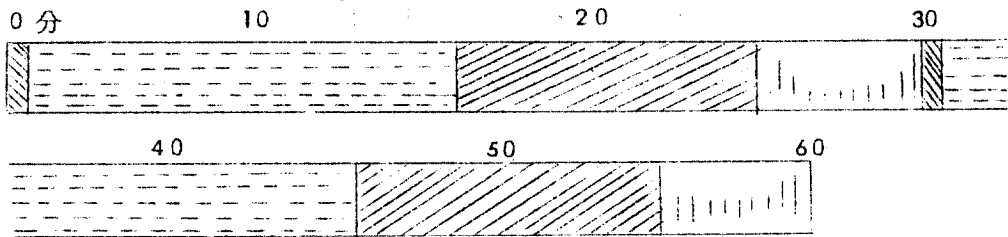


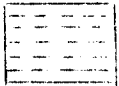
그리고 본기기의 개요에도 명시한 바와같이 인접신호의 발생한
수신기에 동조된 신호 이외에도 $\pm 50 \text{ KHZ}$ 내의 각 신호를

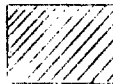
볼 수 있는 이외는 다른 응용방법은 큰 효과를 볼 수 없고 전
 밀 감시에는 다른 방법을 이용하여야 하며 이기기근본 목적인 인접
 신호를 시각적으로 넓은 범위 ($\pm 50 \text{ KHZ}$)에서 발생하는 신호를
 포착할 수 있는점을 감안 각 감시국에서 적절히 활용함으로서 소
 기의 목적을 달성할 수 있다고 믿은 바입니다 .

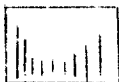
11 . 단파표준전파 발사형식


① BPV의 1시간 발사 Scale



 分秒信号만에
의한 変調

分秒信号과 1000HZ에
의한 変調 

 停波

認識符号에 의한 변조
BPV 14회 反復 

(BPV의 발사 형식)

매 시 : 0 ~ 1분까지 인식부호에 의한 변조 코사인 BPV 모르스부
 호 14회반복 송신 .

" : 1분 ~ 10분까지 : 무변조 초신호 10ms 폭 . 분신호 Pulse

" : 10분 ~ 15분까지 : " " 100ms 폭 . " 약 250ms 폭
 1000HZ 변조

" : 15분 ~ 25분까지 : 1000HZ 변조 초신호 50ms 폭 변조끊고 . 정초
 분신호 . 단속 Pulse .

시 : 25 분 ~ 30 분 까지 : 정파

" : 30 분 ~ 31 분 까지 : 인식부호에 의한 변조 . Col sine . BPV 보르
스 14 회 반복 송신

" : 31 분 ~ 40 분 까지 : 무변조 초신호 10ms 폭 분신호 단속펄스

" : 40 분 ~ 45 분 까지 : " " 100ms 폭 " 약 250ms 폭
1000 HZ 변조

" : 45 분 ~ 55 분 까지 : 1000HZ 변조 초신호 50ms 폭 변조단
분신호 단속펄스

(2) WWVH

송신주파수 : 2.5 MHz . 5 MHz 10 MHz . 15 MHz . 20 MHz .

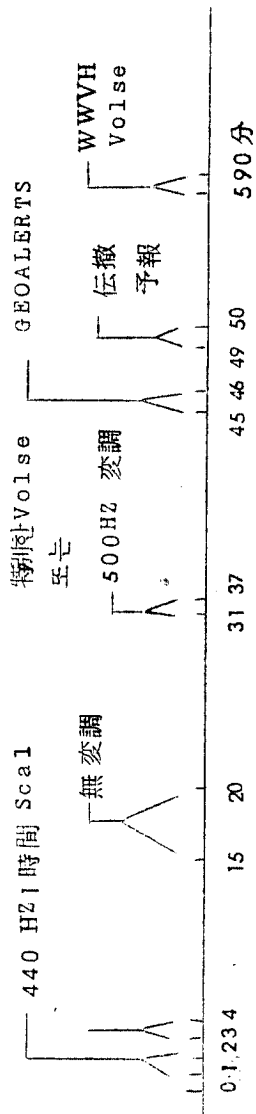
송신소 : Kauai Hawai USA

21° 59' 31'' N

159° 46' 04 W

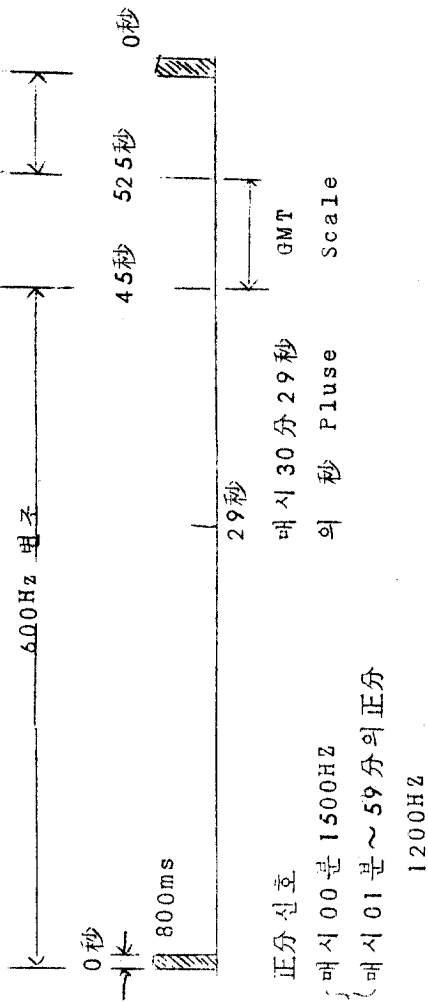
송신전력 : 10 KW

1 시간의 송신 Scale .



1000HZ
5ms 幅

◎ 1 分間 送信 Scale



③ JJY와 BPV의 전파파형 (수신시)

