

주파수 표준치 확도 연구

목 차

1. 서 언	289
2. Cesium Beam 1차주파수원기의 계통도	291
가. Beam판의 내부구조	293
나. Nickel, Cadmium Battery 유지 보수	295
다. Cesium 원자발진기의 구성	297
3. VLF 표준전파 교란에 관한 고찰	300
4. VLF 표준전파 위상일변화	303
가. 18.6KHz 표준전파 위상일변화	303
나. 22.3KHz 표준전파 위상일 변화	304
다. 16KHz 표준전파 위상일변화	305
5. 위 상일변화에 대한 고찰	307
6. 원 거리에서의 VLF전파의 전계강도 변화	310
7. 전계강도측정기 교정에 관한 연구	315
8. 결 론	329

통 신 기 정

이 현 갑

통 신 기 좌

김 신 호

전 송 기 사 보

김 인 하

전 송 기 원

최 중 복

1. 서 언

주파수표준이 천문시(시각)를 기초로한 유도단위인 것에 대해서 원자주파수 표준인 1차표준으로서 주파수 및 시간간격의 절대량을 취급하게 되고 한층 최근의 원자 주파수에 의한 초의 정의로 되고 있다. 우주 과학의 분야 정밀항법, 공학 및 물리의 제정·제측면에 있어서 고정도 고안정주파수 시간 간격의 이용이 극히 성행되고 있는바 주파수 단위는 시간 측 초를 기본단위로 해서 유도된 것이고 필요할때에 곧바로 계현할 수 있는 원자주파수 표준을 각국은 주파수 표준 및 표준전파의 기초로서 실용되는 것입니다.

물리적인 시간 척도를 위해 시적으로 사용된 주파수의 원자 표준으로서 외계의 영향을 받지 않은 Cesium 133²S의 초미세준위 $F=4, m=0$ 및 $F=3, m=0$ 간의 전이를 이용 한다.

이천이 주파수에 대해서 9192631770 Hz라고 하는 치가 주어진다.

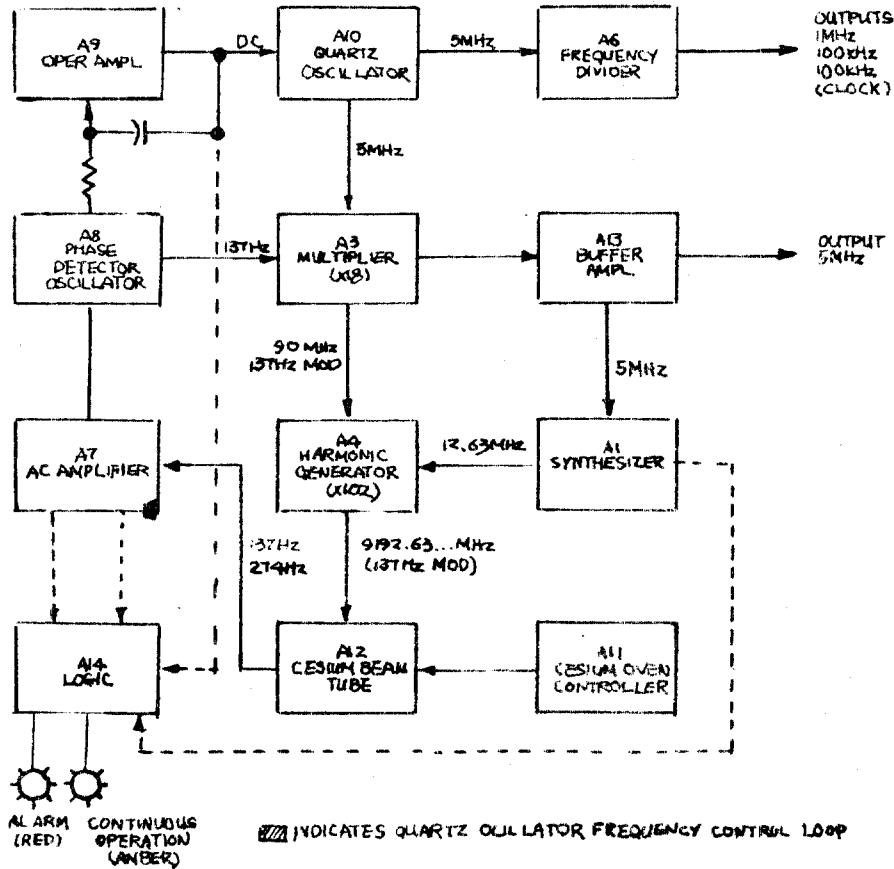
따라서 일반물리 및 공학에서의 주파수 시간 간격의 표준으로서 는 국제적으로 원자주파수 표준을 이용하고 있는 것입니다. 이러한 초의 정의를 말할 수 있으며 주파수 표준이 되는 Cesium Beam 1차 주파수 원기의 계통도 및 Cesium Beam 광의 내부구조 Cesium Beam 1차원기에 내장하고 있는 Cadmium Battery 유지보수에 대한 고찰 및 Cesium Beam 1차원기의 출력주파수인 100K Hz와 위상 추미 수신기에 의한 작국 VLF 표준전파를 수신하여 상호 비교 측정에 의한 주파수 비교 정도를 분석함과 VLF 표준전파의 전파 특성에 관하여 연구하였으며 Cesium Beam

1 차원기틀 규정확도 유지 및 관리방안을 계속 연구중에 있으며
주파수 표준을 모든 이용자에게 제공함과 주파수 측정기 교정에
공헌할 것을 확신하는 바입니다.

2. Cesium Beam 1차주파수원기의 계통도

5061A Cesium Beam 주파수 1차원기는 교정이 필요 없으며 외계의 영향을 받지 않을때 9192631770 Hz 라고 하는 주파수를 들기 위하여 필요한 초미세천이를 일으킬 수 있는 Cesium 133 흡수형 원자공진기를 사용하고 있으며 주파수 안정도는 1×10^{-11} 인 것이다.

흡수형 공진기는 계환조정회로로 수정발진기를 인정화 함으로서 원자 주파수 표준으로서 사용되고 있는 것입니다.



수정발진기군 (A10) 의 5 M Hz 출력은 위상검파기군 (A8) 의 137 Hz 신호에 의하여 위상변조되며 이 변조된 5 M Hz 신호는 체배기군 (A3) 에 의해서 18 체배된 후 고조파 발생기군 (A4) 에 의해서 102 체배된다.

수정발진기의 5 M Hz 를 받아서 동작하는 합성기군 (A1) 의 출력은 고조파발생기군 (A4) 에서 체배된 신호와 함께 혼합되며 체배혼합에 의해서 주파수는 Cesium 133 의 전이 주파수인 9 192 631 770 Hz 에 매우 가깝게 된다.

이 최후의 마이크로파는 Cesium Beam 관에 공급된다. 위상변조된 마이크로파 Field 가 정확히 Cesium 공진 의 침투치에 있을때 Cesium Beam 관의 출력은 변조된 주파수의 제 2 고조파 (274 Hz) 가 되며 벗어 날때에는 출력은 기본주파수인 137 Hz 가 된다.

이 두 신호는 AC 증폭기군 (A7) 에서 분리되고 137 Hz 는 위상검파기군 (A8) 과 Logic 군 (A14) 에 보내지며 274 Hz 신호도 역시 Logic 군 (A14) 에 보내진다.

위상검파기군 (A8) 의 출력은 Cesium 공진주파수와 일가한 마이크로파와의 차에 비례하는 직류전압 성분이며 이 직류 신호는 Operational Amplifier 에 공급되고 Oper Amp. (A9) 의 출력은 Cesium Beam 관의 공진주파수와 마이크로파와의 어느 주파수 편차도 제거하기 위해서 5 M Hz 수정발진을 전기적으로 동조시키는데 사용하는 전압 성분이다.

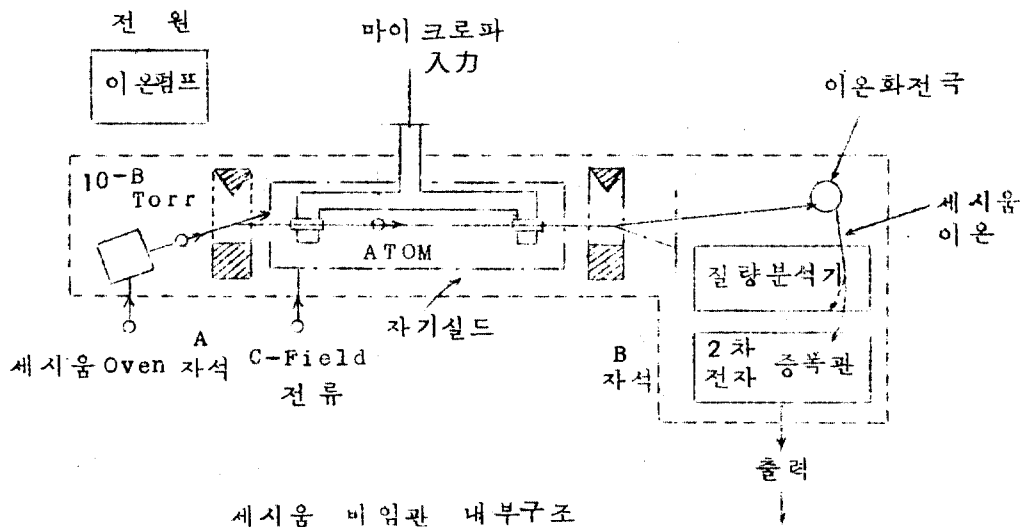
완충증폭기군 (A13) 은 외부부하에 대한 영향을 피하기 위하여 5 M Hz 수정발진기의 신호를 분리하여 앞면과 뒷면 짝으로 5 M Hz 신호를 공급하며 분주기군 (A6) 은 5 M Hz 신호를 1 M Hz 와 100 K Hz 로 분주하고 이들 신호를 전후면 짝을 통하여 공급하고 있으며

Digital Divider 군(A5)에 1M Hz를 공급하고 Logic 군(A14)은 (A1)(A7)(A8)(A9)로 부터 신호를 받아 앞면 PANNEL에 있는 Continuous Operation과 Alarm 램프를 제어한다.

Cesium 항온조군(A11)은 Cesium Beam 항온조와 Operational Amp 군(A9)에 전원을 공급하는 것입니다.

가. Cesium Beam 관의 내부 구조와 공진 파형 및 Beam 전류 변화에 관한 고찰

Beam 관의 수명 및 고장진단으로서 중요한 Beam 관의 내부구조의 요점과 공진파형에 대해서 고찰하고자 한다.



Cesium은 상온에서는 고체이지만 진공중에서 (10^{-8} Torr) 약 80° 로 가열하면 기체로 된다. 이렇게 만들어진 Cesium 원자군은 Slit를 통해서 원자 Beam를 형성하며 이 상태에서는 열평형하고 있기 때문에 마이크로파의 천이는 매우 약하므로 마이

크로파에서의 천이를 강하게 하기 위해 Beam를 자석 A를 통과하게 한다.

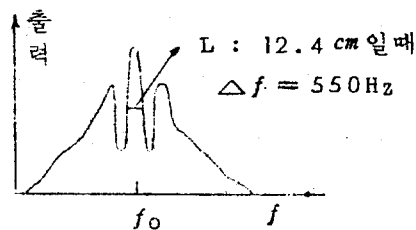
여기서 원자 Beam은 대단히 강한 불균일성을 갖은 자계에 의하여 선별작용을 받는다. 원자 Beam은 자계의 선별작용 때문에 열평형이 무너진 상태로 되고 미소한 자극에 의하여 강한 천이를 일으키게 된다.

편향 자석 A를 통해서 열평형온도가 무너진 상태로된 원자 Beam은 일정한 거리 떨어진 2개의 공동 공진기 자계 성분을 받고 강한 천이를 일으킨다.

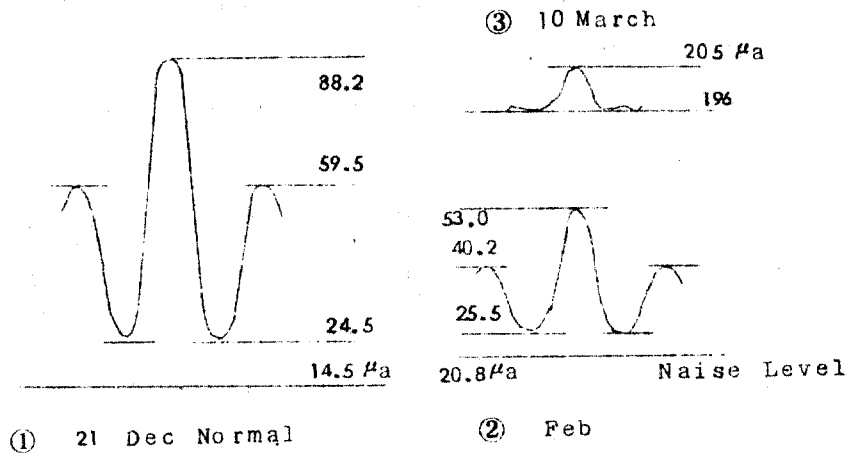
천이한 원자는 편향자석 B에 의해서 재차선별되어 천이한 원자만 나오게 된다. 정전상태이고 낮은 level 자계의 Cfield는 Cesium 원자에 에너지 level에 존재하는 필요한 분리를 나타내게하는 작용을 한다.

중성의 원자에서는 검출, 증폭이 인난하여서 편향 자석 B에 의한 원자 Beam의 편향 방향에 일치한 선상에 검출기를 두어서 이온화한다.

이온화한 Cesium은 다시 질량 분석기로서 속도 분포를 제한시킨 후 2차전자 증폭관에서 전류 증폭되어서 출력으로서 나온다. 마이크로파주파수를 공진의 중심 부근에서 귀인하면 다음 도와 같은 출력을 얻는다. 이것을 Ramsey 공진패턴이라하고 Beam 관의 양부를 결정하는 중요한 요소가 된다.



다음도는 고장 혹은 10000 시간 경과에 따라서 어떻게 변화하고 있는가를 표시하였으며 고장 판단의 재료가 된다.



①은 Beam관이 정상일때 ②은 Noise.level이 상승해서 S/N가 열화하기 시작할때 ③은 Beam전류가 급격히 증가해서 S/N가 가장 나쁘게된 상태를 표시한 것이다.

이 상태는 진공도열화 곡선을 수반해서 비교적 급격히 오기 때문에 세심한 주의가 필요하여 이 때문에 간단한 Check로서 Beam전류 ION전류 변화에도 나타나며 보통의 감시는 이와 같은 방법에 의하며 현재 보유하고 있는 Cesium Beam관은 사용할 수 있으나 Beam전류가 저하하고 10000시간이 경과하여 교정이 필요할때 한편 주파수 비교 정도를 행할때 Beam관을 동작시키고 있으며 평상시에는 OFF 상태에서 운영하고 있는 것입니다.

나. Cesium Beam 1차 표준 원기에 내장하고 있는 Cadum

Battery 유지 보수에 관한 고찰

일정한 전류로 조절된 regulator로 Fast Charge 상태에서

0.25A 비율로 각 Battery 단자에 연결되었으며 각 Battery 단자는 Battery 상호간의 작용을 막기 위하여 절연 Diode 를 통해서 DC 를 출력단에 연결되었다. 보통 동작 상태에서 Battery 는 충전상태로 지속되며 이것은 전압 조정기에 의해서 이루어지며 주파수표준기는 DC 0.6A 로 소모한다.

Meter 은 중앙 Zero 점을 가르키고 있으며 이 지시치가 Zero 보다 위면 출력부하나 혹은 Battery 충전 전류에 의하여 전류를 흡수하고 있다고 인정하고 Zero 이하로 지시하면 Battery 가 방전되고 있다고 생각하여야 한다. Fast Charge 비율로 28시간을 초과하여서는 않되며 24시간 Battery 를 재충전하는 동안 자주전압 조정기로 Zero Ampere 를 지시하도록 조정하여야 하며 각 Battery 가 0.25A 비율로 충전되는가를 확인하여야 한다.

24시간 충전후에는 전압 조정기로 meter 상에서 \oplus 0.6A 를 지시하도록 조정하여야 하며 이런 방법으로 주파수 표준기가 DC 전류 0.6A 를 소모하는 동안 Battery 는 부동 충전되는 것입니다.

Battery 를 적당히 Fast 충전할 때 출력 Meter 는 Zero 를 가르키게 되는 것입니다.

한번 Battery 를 만충전하면 Meter 지시가 0.6A 되게 전압조정기로 조정하여 부동충전되게 놓는다. 부동충전은 Battery 당 100mA 이거나 tota LO.4A 입니다.

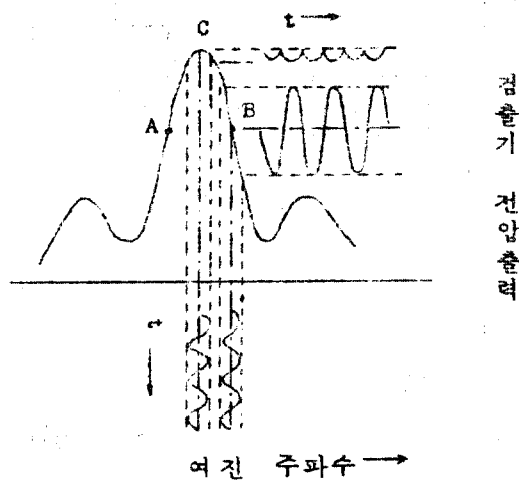
Meter 가 1A 를 지시하고 있을 때는 출력 전류는 전원공급기에서 공급되며 출력전류가 1A 보다 많다면 추가 소모되는 전류는 Battery 로 부터 흡수되는 것입니다.

DC 전원으로 부터 동작할 때 전압조정기는 항상 Metr 가 0.6A 혹은 1A 에 놓아야 한다.

눈금이 1A를 초과 한다면 Battery가 방전되거나 과충전 가능성
 성이 있다. AC 정전 상태에서도 Battery는 6~7시간 정도로
 사용할 수 있도록 확실히 Battery를 과충전시켜 동작시킬 필요
 가 있다고 생각한다.

다. Cesium 원자 발전기의 구성

마이크로파 여진주파수를 그 중심 주파수에서 여진하면 도와
 같은 동조 곡선을 그린다.

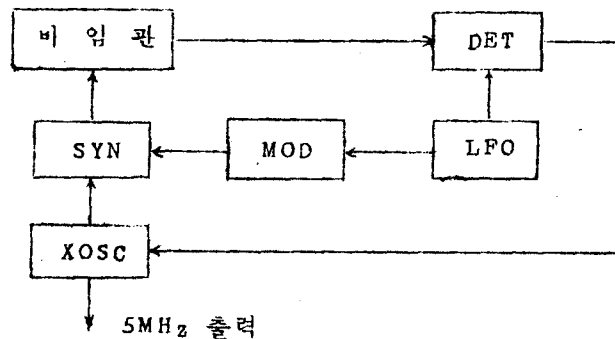


이 동조곡선을 이용해서 여진주파수의 차이에 대응한 오차신호를
 만들어 낼 수가 있다.

이 때문에 여진주파수에 130Hz 정도의 주파수 변조를 가한다.
 이 주파수 변조를 받은 여진 주파수의 중심이 B의 위치면 점진
 기 출력에는 130Hz의 저주파 성분이 포함된다. 한편 A위치에서는
 이와 같은 저주파 성분의 위상이 180° 반전 한다. 그렇지만 동

조폭선의 중심 즉 C점에서는 이차주파 성분의 진폭은 Zero가 되고 소진폭 130Hz의 고조파 성분만이 조금 남는다. 따라서 이 검출기 출력은 기본 130Hz 신호와 결합해서 동기검파하면 동조곡선의 중심에서 Zero 좌우에는 각각 부호가 다른 직류 출력을 얻는다. 이것이 오차 신호로서 이용된다.

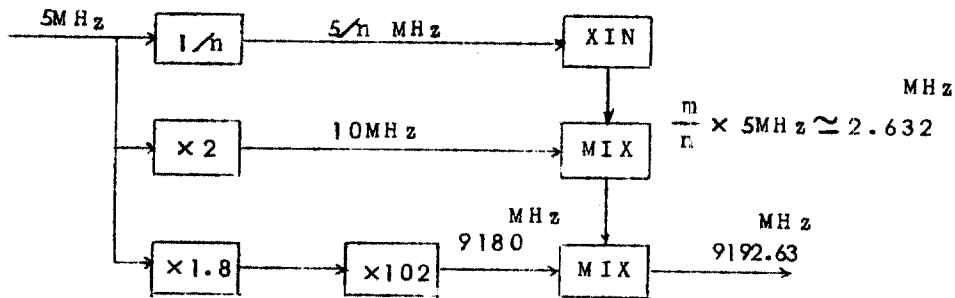
다음도는 오차 전압을 이용한 Cesium 원자발진기의 간단한 구성을 표시하였다.



(Cesium 발진기의 구성)

내장하고 있는 5MHz 수정 발진기는 Servo Loop를 통해서 오차전압에 의해 주파수 제어되고 Cesium Beam공진기 중심 주파수에 5MHz로 놓는다. 주파수 합성회로(Syn)은 수정발진기의 5MHz 출력에서 마이크로파 여진 주파수를 만드는 것이며 이일례를 다음 도에 표시하였다.

$\frac{1}{m}$ Loop는 수정발진기를 전압제어 발진기(Vco)로 위상 lock식의 분주기다. Mloop는 LC발진기를 VCO로 한 위상 lock식의 체배기다.



$$\text{OFF Set} = 300 \times 10^{-10} \text{의 경우 } \begin{pmatrix} n = 3370 \\ m = 1774 \end{pmatrix}$$

(마이크로파 여진주파수의 합성 회로)

주파수 - OFFSET 치를 S 라하면 주파수 합성기에 요구되는 합성비는

$$\frac{(9192631770 + \Delta f_0)}{(1 + S) \times 5.00000}$$

한편 이 합성기의 합성비는 $1838 + \frac{m}{n}$ 이다.

(4.0) ≡ (3.0)의 천이를 일으키는데는 약간 C Field를 조정할 필요가 있다. 이 때문에 Cesium Beam 중심주파수는 正외치 9192631770 Hz 보다 약간 차이가 난다. 이것이 Δf 이다. 실제상 $1 \text{ Hz} < \Delta f_0 < 2 \text{ Hz}$ 로 선택하고 있다.

주어진 S 의 치에 대해서 적당한 $\Delta f_0, m, n$ 을 조합하면 물론 m, n 은 正의 정수이다.

$S = -300 \times 10^{-10}$ 에서는

$m = 2157$ $n = 4098$ $\Delta f = 1.6987 \text{ Hz}$ 로 된다. 그리고 이 Δf_0 치에 대응한 C.Field가 항상 가해지고 있다. 그리고 이 C.Field의 선정에 (4.1) ≡ (3.1)천이가 이용되고 있다

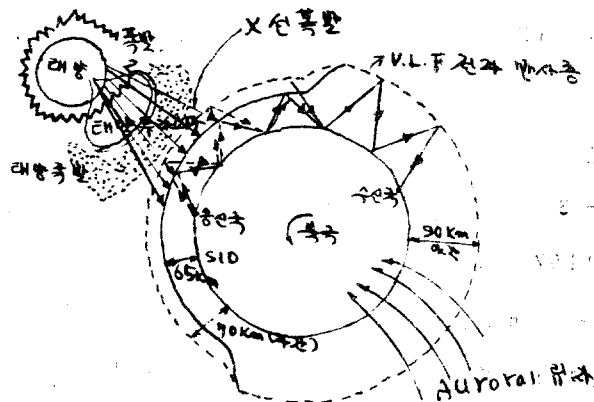
3. VLF 표준전파 교란에 관한 고찰

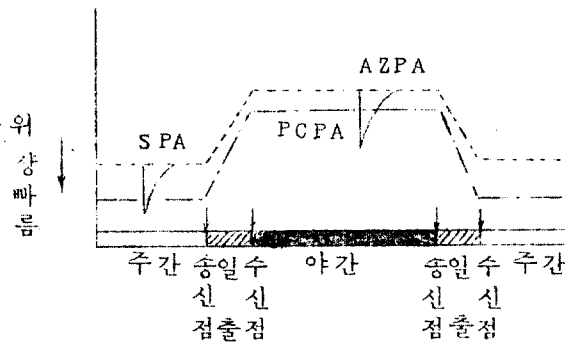
VLF 전파는 전리층을 매체로 해서 수천 km의 원거리까지 극히 안정하게 전파하기 때문에 표준주파수 측위등 고정도를 요하는 전파업무에 이용되는 것이며 VLF 전파는 전리층과 대지간을 도파관 mode로서 전파하지만 그 실효고는 태양자외선의 조사가 있는 주간은 약 70 km 야간은 약 90 km로 전파하고 있는 것입니다.

따라서 VLF 전파 전파로가 주간인 경우에는 야간보다 위상이 앞서고 주야의 경계에서는 위상이 과도치를 표시하며 수신된 전파의 위상은 일변화가 관측되는 것입니다.

이 위상 일변화 계절 변화는 규칙적이다. 그렇지만 태양활동도가 높게되면 큰 폭전군이 출현해서 태양폭발이란 돌발 현상이 발생하여 SID, PCID, AZD 등의 전리층폭풍이 발생해서 VLF 위상은 큰 편이를 받은 것입니다.

그럼 대표적인 VLF 표준전파의 교란에 대해서 간단히 고찰하고자 합니다.





(V L F 신호의 위상일변화와 교란변화)
(SPA PCPA AZPA)

① SID (전리층돌연교란)

태양 연 X선 폭발에 의해서 SID가 발생하는 경우 반사고가 65 km 혹은 그 이하로 되어 이 때문에 주간전파로의 전파는 돌연 위상 빠름을 받게되어 이것을 위상 이상 (SPA) 라고 한다. 또 동시에 급격한 강도변화를 전계 이상 (SFA) 라고 한다.

② PCD (극관교란)

태양폭발 현상에 의해서 지구의 극관역에 침입해서 하부전리층에 이상 전리를 발생한 현상을 PCD라 하고 PCD는 고위도현상이며 PCD는 장시간 VLF 반사고의 저하를 가져오며 극관위상 이상 (PCFA) 를 발생한다.

강도변화를 극관전계이상 (PCFA) 라고 한다.

③ AZD (극광대교란)

태양에서 방출된 하전입자가 극역에 침입해서 하부전리층에 이상 전리를 발생한다.

이것을 극광대교란 (AZD) 라고 한다. AZD 발생은 흑성간 공간자장 태양풍속에 의해서 지배되지만 거대한 지자기풍의 경우에는 특

히 교란 발생 섭도가 높고 발생 영역의 Auroral Oval 도 지자기 폭풍 때에는 저위도 방향으로 넓어 진다. AZD 는 VLF 전파 위상에 불규칙한 위상 빠름으로서 나타나고 이것을 극광대 위상이상 (AZPA)라 하고 진폭에는 강도저하로서 나타난다. 이것을 극광대전계 이상 (AZFA)라고 한다.

④ WA (동계이상)

이 현상은 겨울철에 있어 발생하는 것이며 동계이상이라 하고 이 원인에 관해서는 알 수 없으며 VLF 전파의 위상에는 겨울철에 이상한 위상 빠름을 나타내고 초봄에 회복된다. 이것을 동계 위상 이상이라고 한다.

4. VLF 표준전파 위상일변화

가. 18.6K Hz 표준전파

통로는 북태평양을 거의 동서 방향으로 횡단하고 송신장소는 미국 Jim Creek 이며 출력은 250KW 로서 그대원 거리는 약 7800 km 이다.

일출변화의 현저한 특징은 일출부근에서의 강도가 극히 저하하며 이 효과는 일출에 있어서 알 수 있었으며 일변화의 양상은 년간을 통해서 거의 같은 변화를 표시하고 있으며 년간을 통해서 9월이 다른 달에 비해서 변화가 적었으며 주야의 강도차는 계절에 따라서 다르고 대체로 여름에는 주간 강도가 높고 겨울에는 야간 강도가 높음을 알 수 있었습니다.

강도의 계절변화는 주간 강도는 겨울에 낮고 여름에 높은 변화로서 계절변화가 비교적 심하였으나 이것에 관해서는 불명확하다.

10월에서 3월까지의 6개월간은 야간강도는 주간 강도보다 크고 4월에서 9월까지의 6개월 간은 그 반대이었으며 춘추에 강도가 역전하였읍니다.

VLF 전파의 원거리 전파에 있어서 위상 측정 기록에는 주기적인 변화는 일출물 파도기에 나타나고 동시에 레벨 변동을 일으키며 송수신지점이 원거리임으로 18.6KHz 표준전파발사 지점이 동시에 낮동안인 3시간 측정결과 1μs의 위상 변동을 기록하여 9.25×10^{-11} 의 비교 정도를 얻었고 24시간 비교 측정에 있어서는 5μs의 위상변동을 기록하여 비교 정도는 5.78×10^{-11} 의 비교 정도를 얻었다.

나. 22.3KHZ 표준전파

전파 통로가 해상 전파이며 송신장소는 오스트라리아의 North West Cape로서 송신출력 1000KW 그대원거리는 약 5634 km이다. 신호강도는 전파하는 18.6KHZ 신호는 주파수가 변화해도 일변화는 변화하지 않지만 저위도지대를 전파하는 22.3KHZ 신호는 주파수가 변화함에 따라서 일변화도 다름을 알 수 있었다.

이것은 고위도지대를 전파하는 VLF신호는 주파수가 변화해도 전파의 상태가 변화하지 않기 때문이며 22.3KHZ 신호와 같이 저위도지대를 전파하는 VLF신호는 주파수에 의해서 전파의 상태가 다르다고 생각할 수 있습니다.

전파통로는 전체가 주간에 있어서 위상변동은 일출시에서 남중시까지 위상빠름을 표시하고 남중시에서 일몰까지 위상지연은 증가하였으며 수신점의 일몰에서 송신점의 일몰까지 위상 지연은 증가하고 전파통로 전체가 야간이 되면 위상 지연은 증가하고 거의 일정지연을 나타냈었다.

그 후 일출로되면 급격한 위상 빠름을 일으키고 주간의 상태로 돌아온다.

한편 일출시에는 일몰시에 발생한것과는 반대로 급격히 위상 빠름을 일으킨다. 위상일 변화에 이상현상을 일으킬때의 전계강도는 위상일변화가 정상일때의 전계강도보다 저하하고 높게될때가 있으며 이 현상은 2개의 파 간섭에 의해 매일같은 일 출시와 일몰시에 이상현상을 일으킨다고 생각된다.

수신 위상은 주간은 대단히 안정하며 전계강도는 58dB로서 4시간 비교에서 $1\mu S$ 변화하여 6.94×10^{-11} 의 비교 정도를 얻었다.

다. 16KHZ 표준전파의 위상일변화

전파 통로는 시베리아 대륙을 횡단해서 극광지대를 통한 전파로이며 전파통로의 약 40%가 극광대이고 송신 장소는 영국의 Rugby이며 송신출력 60KW로서 그 대원거리는 8845km이다.

통상북위 $60 \sim 70^\circ$ 를 극광대라하며 극광의 출현 섭도가 최대인 지점은 자극에서 약 23° 떨어진 지점을 연결한 원형의 환상지대를 말하며 극광의 출현섭도는 지자기교란 및 태양 활동도와 밀접한 관계가 있습니다.

극광지대를 전파하는 특유 현상으로서 극광지대 교란이 일어날때의 VLF 신호의 위상일 변화는 평온할때에 비해서 위상지연은 단축되고 극광이 출현함에 따라서 야간 전리층 높이는 저하하여 VLF 위상일변화에 큰 영향을 주므로 전파시간은 단축된다는 것입니다.

수신점에서의 지상일몰에서 송신점의 지상일몰까지의 전파통로의 상태는 야간의 경우에는 서서히 증가하고 전파통로 전체가 야간 상태에서 최대로 된다.

이것을 넘으면 전파통로의 일부는 태양의 조사를 받고 그 조사부분이 증가함에 따라서 위상지연도 감소해서 주간 상태로 된다. 그리고 전파 통로 전체가 주간 상태인 시간의 위상변동은 극히 적고 안전한 상태를 유지하였으며 수신전계강도는 23db로서 3시간 비교에서 1.5μS의 위상변화가 있어 0.14×10^{-10} 의 비교정도를 얻었다.

이상 이들 호선의 상이 점은 다음과 같다.

① 18.6KHZ 신호는 해상전파이고 17.8KHZ 신호는 해상전파와 육상전파의 혼합전파이지만 GBR 신호는 육상전파이다.

② 18.6KHZ 신호는 동에서 서의 전파로이고 GBR 신호는 서에서

등의 전파로 이다.

③ 18.6KHZ 신호는 극광대를 전파하지 않지만 GBR 신호는 전파로의 약 40 %가 극광대인 점이 다른 것이다.

5. 위상일변화에 대한 고찰

가. 도파관리론에 의한 1차 mode와 성분의 계산식

위상지연일변화특성을 설명하는데 있어서 도파관 mode 이론에 의해서 해석되고 있다.

반사고와 위상속도와의 관계는 명확한 경계를 갖은 전리층으로서 지구 자체를 무시한 경우의 도파관리론에 의하면 반사층의 전기적특성이 펄 경사한 입사에서는 반사 계수는 1에 가까워지고 위상편이가 180° 이면 다음식으로 표시된다.

$$\Delta t_n \cong \frac{1}{c} \left[\frac{\Delta h_o}{2a} \int_p F \Delta d + \frac{(n - \frac{1}{2})^2 \lambda^2}{8 h_o^2} d - \frac{(n - \frac{1}{2})^2 \lambda^2}{8 h_o^2} d \right. \\ \left. \times \int_p \frac{\Delta h_o}{(1 + \frac{\Delta h_o}{h_o} F)^2} \Delta d \right]$$

Δt : 주간의 전파 시간에 대한 전파 시간의 지연

P : 적분을 전파통로에 잇닿아 행하는 것을 의미한다.

C : 진공중의 광속도

d : 지구의 반경

h_o : 주간의 전리층 높이

Δh_o : 주간과 야간의 전리층 높이차

d : 통로거리

λ : 파장

n : mode 차수

F : 다음조건으로서 표시된다.

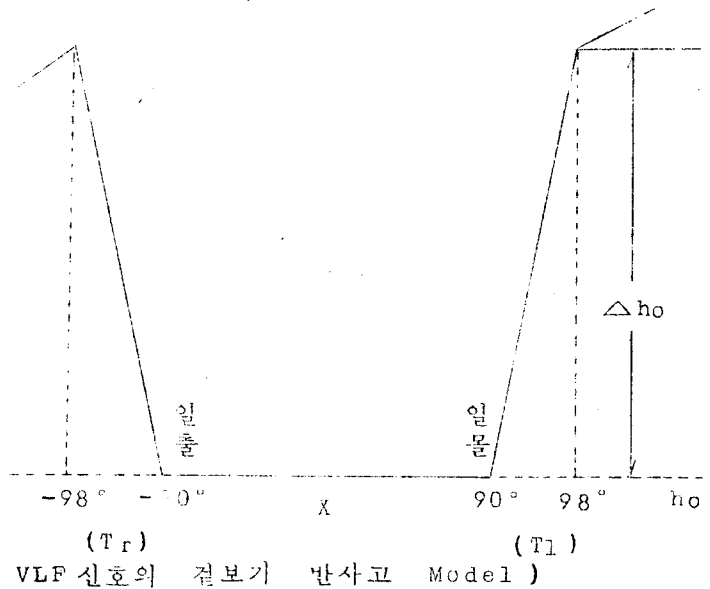
$$F = \frac{\Delta h}{\Delta h_0} \begin{cases} 0 & X = (-) 90^\circ \sim 90^\circ \text{로 놓고} \\ \frac{X - 90^\circ}{8} & X = 90^\circ \sim 98^\circ \text{로 놓고} \\ 1 & X = 98^\circ \sim (-) 98^\circ \text{로 놓고} \\ \frac{X + 90^\circ}{8} & X = (-) 98^\circ \sim (-) 90^\circ \text{로 놓고} \end{cases}$$

이것에 의해서 n차 mode 파의 상대적 위상 지연 Y_n 은

$$y_n (\text{도}) = 360^\circ F \text{ HZ} \times \Delta t_n (\text{초})$$

에 의해서 구해진다.

이 계산식에서 Δt_n 의 계산은 다음도의 전리층에서의 반사고의 일변화 model을 사용한다.



단 X : 태양천항거리

$T_1 T_2$: $X = 98^\circ$ 및 $(-) 98^\circ$ 에 대응한 시각

나, VLF 표준전파의 주파수 비교 정도

VLF 표준전파에 의한 발진기의 주파수 측정을 하는 경우에는

1) Beat 방식 2) 위상사진 기록방식 3) Servo 를 이용한 위상편 기록 방식등이 이용되고 있지만 정밀한 측정을 하는 경우에는

2, 3, 의 방법에 의해서 국부발진기 출력과 도래파의 위상추이를 연속적으로 기록해서 이 기록에서 여러가지의치를 기록하는 한편 분석을 하는 것이다.

VLF전파의 전파는 단파의 경우에 비해서 극히 안정하지만 근거리에서 수신하지 않은 한 위상추이의 기록중에는 전리층의 변동에 기인한 일주적인 변화가 있어서 이 경우 이것을 어떻게 취급하는가가 큰 문제인 것입니다.

비교정도를 분석하는 방법으로서 보통 24 시간 간격의 위상비교를 하고 있으며 그 경우 각시각에서의 위상변동이나 주파수비교정도를 평가하기 위해 이용되고 있는 δ_i 및 δ_{ij} 에 관해서 설명하면 δ_i 는 매일같은 시각의 일주위상 변동의 평균치·횟수의 표준편차 δ_{ij} 는 24 시간 간격으로 한 위상변동의차 표준편차이고 각각 다음 식으로 표시된다.

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{R=1}^n (\Delta t_{Ri} - \Delta t_i)^2}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

$$S_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_{R=1}^n \{ (\Delta t_{j : -\Delta t_{Ri}} - (\Delta t_j - \Delta t_i)) \}^2}{n}} \dots\dots (2)$$

Δt = 위상변동량

i = 각시각

n = delta일수 $j = i + T$ $T : S$

주파수 측정 정도에 미치는 잡음의 영향

일반으로 신호파의 위상은 잡음에 의해서 동요를 받는다. 잡음의 통계적 성질이 정상과 정이라고 정해서 반송파 및 잡음파의 Peak 치를 각각 C, N 으로서 표시하면 반송파의 위상변동량의 표준편차는

$$\delta(\theta) = \frac{n}{C} \frac{\delta(n)}{C} = \frac{n \cdot rms}{C} \dots\dots\dots (1)$$

단 $\frac{N}{C} < 1$

주파수 측정의 시간 간격을 T 라고 하면

$$\frac{\delta(\Delta F)}{F} = \frac{\delta(\theta_2) - \delta(\theta_1)}{2\pi FT} = \frac{\sqrt{2}}{2\pi FT} \left(\frac{n \cdot rms}{C} \right) = \frac{1}{2\pi FT} \left(\frac{n \cdot rms}{C \cdot rms} \right) \dots\dots\dots (2)$$

측정장치의 Band 폭을 B Hz 라고 하면

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

단 $N = n \cdot rms$

$S = C \cdot rms$

잡음치는 1KHz BAND 폭의 치를 표시 한다.

(3) 식에 의해서 잡음에 의한 위상비교정도의 한계를 표시할 수 있다.

b. 원거리에서의 VLF 파의 전계강도변화에 관한 고찰

VLF 전파에 있어서는 Sharp Boundary 를 갖은 전리층의 경우 Wave Guide 이론에 의하면 2000 km 이상의 거리에서는 한개의

mode 만이 초월하고 보다 고차 mode 에 의한 노화될 수가 없다.

그 수직 전계는 다음식으로서 표시된다.

$$E \simeq \frac{300}{h} \left[P \frac{\lambda}{a} \sin \left(\frac{d}{a} \right) \right]^{\frac{1}{2}} e^{-\alpha d} \text{ (mv/m)} \dots\dots\dots (1)$$

d : 대원거리 (km) P = 복사전력 (KW) a = 지구반경 (km)
 h = 반사층높이 (km) λ = 사용파장 α = 단위거리당 감쇠 계수
 지표가 해변으로서 완전도체라고 가정하는 경우 α 는 다음 식으
 로서 표시된다.

$$\alpha \simeq \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{\lambda}{4\pi n} \frac{L^{\frac{1}{2}}}{\left[1 - \left(\frac{\lambda}{2h} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (2)$$

n = mode 번호 $\epsilon_n = n$ 가 1일때 1. $n \neq 0$ 일때 2 $L = r w \sqrt{N} \times$
 $\frac{m \epsilon}{e^2}$

r : 반사영역의 충돌 주파수 w : 사용자주파수 N : 반사영역의
 전자밀도 ϵ : 진공중의 유전율 m 및 e 는 전자의 질량 및 전하
 2식에서 반사층 높이가 일정하다면 다음관계가 있다.

$$\alpha \propto \frac{1}{\sqrt{N}}$$

따라서 전파 전파통로상의 전자밀도가 분포 되었다면 상식에서 통로상
 의 α 의 상대적 크기를 알수가 있다. 이것을 적분해서 상대적인
 감쇠량을 구할 수가 있다. D 영역의 전자 밀도는 Niclet 및
 Aikin 의 주어진 높이에 대한 전자 밀도 Profile 에 의하면
 75 km 부근 (주간외 반사층높이) 에서는 태양천항각 X 와 다음 관계
 가 있다.

$$N \propto (\cos X)^{0.8} \dots\dots\dots (4)$$

단 이 관계는 $80^\circ > X$ 일때 해당한다.

이 전자밀도 Profile 는 근사적으로 Sharp Boundary 로 가정해서 (3) 식의 관계를 이용하면 α 는 X 의 함수로서 표시된다.

$$\alpha \alpha (\cos X)^{-0.4}$$

$X = 0^\circ$ 일때의 α 를 α_0 라고 하면

$$\alpha = \alpha_0 (\cos X)^{-0.4} \text{ 또는 } \frac{\alpha}{\alpha_0} = (\cos X)^{-0.4} \dots\dots\dots (5)$$

한편 $X > 80^\circ$ 인 경우 에 관해서 생각 할 수 있다.

이 경우에는 전자 밀도가 확실치 않고 밀도가 적어서 Sharp Boundary 의 Wave Guide 이론의 적용이 부적당해서 α 의 크기를 다음과 같이 가정 한다.

$$90^\circ > X > 80^\circ \text{ 에 있어서는 } \alpha = \alpha_0 (\cos 80^\circ)^{-0.4} \approx 2 \text{ 또는 } \frac{\alpha}{\alpha_0} \approx 2 \dots\dots\dots (6)$$

$$X_0 > X > 90^\circ \text{ 에 있어서는 } \alpha = aX + b$$

여기에서 X_0 은 야간강도가 감소하기 시작한 시각의 X 치로서 그 시각은 야간의 반사층 높이에서의 일출불시각이라고 생각할 수 있다.

야간의 반사층 높이를 90 km 라고 하면 X_0 은 거의 99.6° 이다.

$X = X_0$ 에 있어서 $\alpha = 0$ $X = 90^\circ$ 에 있어서 $\alpha = 2 \alpha_0$ 인 조건에 의 해서 상수 a 및 b 를 결정하면 α 은 다음 식으로서 표시 된다.

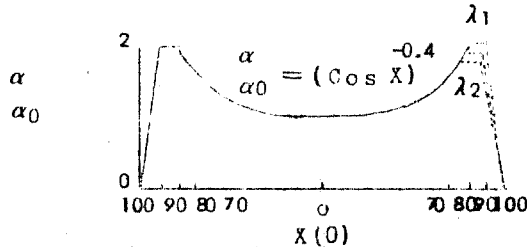
$$\alpha = \frac{2 \alpha_0}{9.6} (99.6 - X) \text{ 또는 } \frac{\alpha}{\alpha_0} = \frac{2}{9.6} (99.6 - X) \dots\dots\dots (7)$$

$X = X_0$ 인 야간에는 측정치가 거의 일정하다.

이때 α 은 X 에 관계 없이 일정하게 되는 것이다.

이것을 α_n 으로서 표시 한다. (5)~(7)식에 표시된 X 의 함수로서

의 model 를 표시하면 다음도와 같다. α 의치는 (2)식에서 표시한 바와같이 반사층 높이가 변화하면 변화하지만 여기에서는



(감쇠계수 $\alpha(x)$ 의 model (λ 은 지자기 위도를 표시한다))

점선은 수정계수를 표시한다.

의 치는 근사적인 것이어서 주야간의 높이 변화 및 계절변화에 의한 영향은 무시한다.

감쇠량을 Γ (db) 라고 하면

$$\Gamma = \Gamma_n + \Gamma_d$$

$$\Gamma_n = \alpha_n \quad dn \quad 0 \dots \dots \dots (8)$$

$$\Gamma_d = \int \alpha \triangle d = \alpha_0 \int \frac{\alpha}{\alpha_0} \triangle d$$

여기에서 Γ_n 및 Γ_d 는 각 통로의 주야간에서 받은 감쇠량이며 dn 는 주간 부분이다. Γ 는 (1)식에 있어서 $\alpha = 0$ 로 할때의 무감쇠전계 강도와 측정치와의 차로써 구한다. 단 무감쇠 강도 계산의 경우에 복사전력이 확실치 않아서 안테나 입력을 이것에 대용시킨다 (방사효율을 1이라고 가정한다) 야간에서의 Γ ($=\Gamma_n$) 을 통로 거리로서 제하여서 α_n 을 구한다.

그치를 이용해서 각 경우에서의 Γ_n 를 계산할 수 있다. 이와 같이 해서 구한 α_n 치는 3.2~3.6 db/K km이고 이것은 송신안테나 방사효율을 1로 가정하였기 때문이며 무감쇠 강도가 실제의 치보다 크고 따라서 Γ 가 보다 큰치인 것이 주원인이다. (8)식에

의해 Γ 와 Γ_n 과의 차로써 Γ_d 을 구 할 수 있지만 일반 이론으로는 (5)~(7)식을 이용해서 α_0 를 미지수로한 Γ_d 의 치를 계산할 수 있다.

α_0 에 적당한치를 주었을때 Γ_d 이론치와 측정치를 비교함으로써 상술한 고찰의 적부가 판단된다.

원거리 전파인 경우 VLF 전파를 장기간 측정함으로서 전계강도변화의 양상을 알 수 있지만 그 특징으로서는 다음과 같다.

① 일변화로서는 전파의 통로 양단에서의 일출물 시에 강도최소점이 나타나고 야간에는 거의 일정하고 주간에는 일출시의 최소에 차츰 증가해서 최대로 되고 일몰시에 최소로 된다. 또 여름에는 일출시최소의 약 1 시간 전에 강도는 증가 한다.

② 같은 시각 측정한 1개월간의 변동은 1일의 주간보다 적고 계절적으로는 여름보다 적다.

③ 계절변화는 통로의 위치에 의해서 달라 일정치 않다. 이 변화는 전리층이 Sharp Boundary 을 갖는 Wave guide 이론에서 전파통로상의 감쇠계수를 적분해서 감쇠량을 구하므로써 설명할 수 있다.

그러나 일출물시의 감쇠량 일출직전강도 증대등을 설명하는데는 보다 정밀한 고찰 즉 D영역 전자 밀도 결정 gradual boundary 의 전리층의 경우 Wave guide이론의 적용 등이 필요하고 D영역 전자밀도에서의 지자기 위도 효과를 고려할 필요가 있고 α_0 가 년에 따라서 또는 통로에 따라서 다르므로써 이 이론의 큰 문제점인 것이다.

7. 전계강도측정기 교정에 관한 연구

본연구는 전계강도 측정에 있어서 정확한 전계강도를 측정하여 전계강도측정기를 어떻게 교정하여 줄 수 없인가해서 정확한 전계강도 측정 및 교정법이 본 연구의 목적이었던 것이다.

어떤 지점에서의 전파의 전계강도란 송신점에서 방사된 전파에 의해서 그 지점에 생긴 전계의 강도를 말하고 수량 적으로는 단위길이의 직선도체에 유도된 기전력의 치를 이용하며 $\mu\text{v}/\text{m}$ 를 단위로 하고 일반적으로 $1\mu\text{v}/\text{m}$ 를 Zero db로 하고 있다

$E\mu\text{v}/\text{m}$ 전계강도의 지점은 실효고 1. meter 에 대해서 $E\mu\text{v}/\text{m}$ 발생하니까 실효고 ℓ meter 길이의 도선은 $E \times \ell$ $\mu\text{v}/\text{m}$ 의 기전력이 발생한다는 것이다.

전계에는 정전계 유도전계 복사전계가 있으며 정전계는 거리의 3 승에 반비례해서 감쇠하고 유도전계는 거리의 2 승에 반비례해서 감쇠하므로 이 2 전계는 무선통신에 사용할 수 없으며 또한 복사전계는 거리에 반비례해서 감쇠하므로 이전계를 무선통신에 이용하고 있는 것이다.

그러나 안테나에서 $\frac{\lambda}{2\pi}$ 만큼 떨어진 지점에서는 정전계, 유도전계, 복사전계의 크기가 서로 같으며 안테나에서 $\frac{\lambda}{2\pi}$ 거리 내에서는 복사전계보다 정전계, 유도전계가 강하므로 전계강도 측정시에는 송신안테나에서 $\frac{\lambda}{2\pi}$ 이상 충분히 떨어진 거리에서 측정할 필요가 있으며 보통 3λ 이상 떨어져 있으면 복사전계만이라고 생각해도 좋은 것이다.

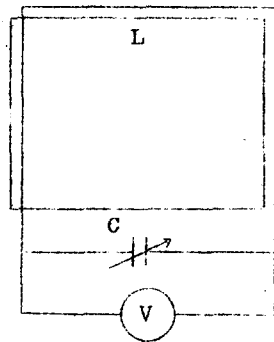
가. 측정법

전계강도측정기를 정확히 교정하기 위해서는 정확한 전계강도를

측정하여야 하므로 전계강도 측정에 있어 근거리에서 Loop형 안테나를 사용해서 전계강도를 측정하는 방법을 택하여 측정하였던 것이며 그 측정법은 다음과 같다.

① 근거리에서 전계강도 측정법

근거리에서는 전계강도가 강하여서 일반적으로 Loop형 안테나를 사용해서 다음과 같이 측정할 수가 있다.



V.T.V.M Meter

에타의 지시를 e라고 하면

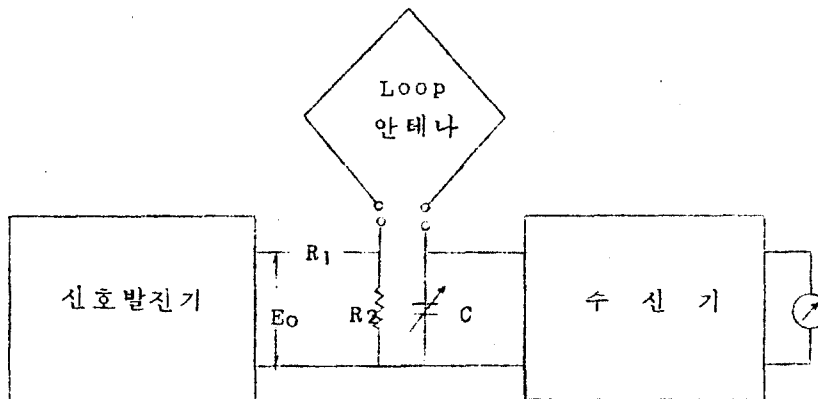
$$e = \frac{E \cdot h}{R} \cdot WL$$

$$E = \frac{e \cdot R}{h \cdot WL} = \frac{e}{h \cdot Q}$$

으로서 전계강도를 측정할 수가 있다.

단 L, R 은 Loop안테나의 실효인덕턴스 및 실효 저항이다.

② 치환법



장파 및 중파대의 전계강도는 신호발진기의 Loop안테나부 수신기를 이용해서 치환법으로서 측정할 수가 있다.

먼저 측정 전파를 수신 Loop 안테나를 회전해서 최대 강도의치를 기록하고 다음에 Loop 안테나를 90° 회전해서 최소강도의 점에 놓고 신호발진기를 동작시켜 감쇠기 조정에 의해서 출력계지시를 전기 기록한 치와 같게하면

$$E = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E_0 \cdot \frac{1}{h_e}$$

$$R_1 + R_2 \gg R_s$$

$$R_2 \ll R_e$$

E_0 : 신호발진기 출력전압

h_e : Loop 안테나 실효고

R_s : 신호발진기의 출력임피던스

R_e : Loop 안테나 실효저항

윗 식에서 전계강도를 구할 수 있으나 결함회로소자의 주파수특성 비교발진기의 출력 Cable과 송수단 임피던스 부정합, 교정용수신기의 오차 비교발진기의 감쇠기 오차 등이 존재하므로 본측정법으로는 측정하지 않았다.

나. Loop 안테나 제작

본 측정에 있어서 표준방송파대만을 Loop 안테나로 전계강도를 측정하기 위하여 코일의 인덕턴스를 200μH 정도로 3가지의 정방향 Loop 안테나를 제작측정 시험하였던 것이다.

제작한 Loop 안테나는 상호비교시험 하기 위하여 같은 조건으로 하였다.

다음 표는 제작한 각 안테나의 치를 표시하였다.

다음 표는 제작한 각 안테나의 차를 표시하였다.

형	Coil 직 경	윌 수 (회)	인 닥 턴 스 (μH)	면 적 (m^2)
A	8.5	15	210	0.16
B	0.5	12	205	0.16
C	0.2	11	205	0.16

한편 다음 표는 제작한 각 안테나의 주파수 변화에 의한 C 및 Q의 변화를 표시하고 있다.

A형	주파수 (KHz)	500	550	600	640	650	700	710	750	800	8,500
Ant	Q	162	156	150	147	142	137	140	129	122	114
	C (PF)	450	370	307		260	220	213	190	170	144

	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350
	110	100	94	89	83	77	72	68	63	58
	121	105	91	80	70	62	54	48	42	37

B형	주파수 (KHz)	500	550	600	640	650	700	710	750	800	850
Ant	Q	864	86	84	80	83	81	80	80	77	75
	C	449	368	305		255	217	201	185	160	138

	900	950	1,000	1,050	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400
	70	71	66	64	60	58	55	52	50	45	43
	120	103	90	79	69	60	53	47	41	35	31

C 형	주파수 (KHz)	500	550	600	640	650	700	710	750	800	850	900
안테나	Q	38	38.5	38.2	52	37.5	36.8	53	35.5	34.5	33	53
	C	460	375	350		260	220	213	183	160	140	120

	950	1,000	500	1,100	1,150	1,200	1,250	1,300	1,350	1,400	
	30	28	26.5	25	23	29.5	20	19	17	16	
	105	90	80	69	61	53	47	41	35	31	

다. 본 측정에 사용한 VTVM의 특성 410B VTVM

주파수 범위 : 20MHz ~ 700MHz

입력임피던스 : 10MΩ

확도 : ± 3 %

본 VTVM은 복합파형일 때는 지시치가 20 % 증가하는 경향이 있으며 측정주파수 범위가 700MHz인데도 5MHz 이상에서는 주파수가 높아짐에 따라서 직선적으로 치가 떨어지면서 변화함을 알 수 있었다.

라. VTVM으로 고주파전압측정 상 유의 할점

- ① 측정기간의 입력임피던스를 측정할점보다 크게할 것.
- ② 측정점까지의 lead 선을 짧게하며
- ③ 정석주파수 범위내 인가를 확인하고
- ④ 측정하고자 하는 전압의 주파수가 고주파일때는 Probe를 직접 측정점에 연결할 것.
- ⑤ 동조회로중에 전압계를 접속함으로서 동조가 틀려질 염려가 있을 경우에는 전압계를 접속한 상태에서 동조를 다시 잡으며

단 회로에 대한 영향을 고려할 것.

⑥ 아스를 필히 잘 할 것 등이다.

마. 측정 Deta

AC Probe 가 있는 410B VTVM 를 사용하여 측정한 Deta 는 다음과 같다.

비고 A : 라디오를 연결하여 최대 감도로 수신해서 라디오를 연결하지 않고 VTVM 으로서 측정 한치

B : 라디오와 VTVM 를 안테나에 연결하여 최대지시 치가 되도록 측정한 치

C. 라디오로 한 방송을 청취한 후 라디오를 떼고 VTVM 지시치가 최대로 되도록 안테나 바리콘을 제차조정한 후 측정한 치

안테나형	주 파 수	A 인 경 우		B 인 경 우		C 인 경 우	
A 안테나 사용시	900KHZ (104db일 때) NM-25T 전계강도측 정기	141mv/m	103 db	222mv/m	107 db	323mv/m	112 db
		161 "	104 "	303 "	109 "	404 "	112 "
		121 "	102 "	222 "	107 "		
		141 "	103 "	303 "	109 "		
		121 "	102 "	202 "	106 "		
		149 "	104 "	262 "	109 "		
		161 "	104 "	151 "	104 "		
		242 "	108 "	262 "	109 "		
		121 "	102 "				
		162 "	104 "				
		202 "	106 "				
		282 "	109 "				

안테나 형	주 파 수	A 인 경 우		B 인 경 우		C 인 경 우	
A 안테나 사 용 시	710KHZ (111db 일 때) NM-25T	255mv/m	108 db				
		306 "	110 "				
		114 "	102 "				
		130 "	103 "				
		167 "	105 "				
		204 "	106 "				
		138 "	103 "				
		163 "	105 "	44mv/m	93 db	265mv/m	109db
		183 "	106 "	61 "	96 "	346 "	111 "
		224 "	107 "	40 "	92 "		
		204 "	106 "	61 "	95 "		
		224 "	107 "	40 "	92 "		
		306 "	110 "	48 "	94 "		
				40 "	92 "		
	640KHZ (99db 일 때)	63mv/m	96 db			212mv/m	106db
		72 "	97 "			131	103 "
		51 "	94 "				
		55 "	95 "	혼잡이 심해 분리불능			
		78 "	98 "				
		93 "	100 "				
		72 "	97 "				
		100 "	101 "				
		123 "	102 "				
		80 "	98 "				

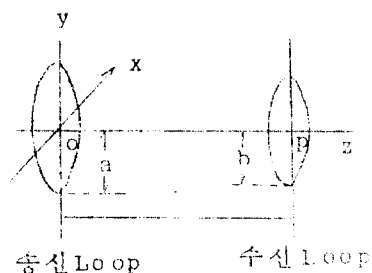
안테나형	주 파 수	A 인 경 우		B 인 경 우		C 인 경 우	
B 형안테 나 사용시	900KHZ (114db 일때)	238mV/m	107 db	253			
		301 "	110 "	376			
		142 "	103 "	238			
		158 "	104 "	436			
		261 "	109 "				
		333 "	111 "				
		253 "	108 "				
		317 "	110 "				
	710KHZ (111db 일때)	250mV/m	108 db				
		312 "	110 "				
		223 "	107 "	44 mV/m 93 db		357mV/m 111db	
		258 "	108 "	혼잡이심함		535 "	115 "
		285 "	109 "				
		357 "	111 "				
		446 "	113 "				
	640KHZ (99db 일때)	50mV/m	94 db				
C 형안테 나 사용시	900KHZ (104db 일때)	366mV/m	111 db	240 mV/m 108db		308mV/m 110db	
		480 "	114 "	308 "	110 "	400 "	112 "
		274 "	100 "				
		331 "	111 "				
		240 "	108 "				
		285 "	109 "				

안테나 형	주 파 수	A 인 경 우		B 인 경 우		C 인 경 우	
C 형 안테나 사 용 시		290mV/m	109 db	102mV/m	100 db	246 mV/m	108 db
	710KHZ	319 "	110 "	혼 신이 심함			
	(111db 일때)	181 "	106 "				
	640KHZ	217 "	107 "	혼 심이 심해 분리불능			

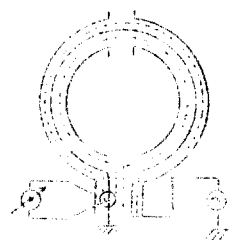
바. 전파의 표준전계에 대한 고찰

① 단파의 표준전계

단파 전계강도 측정기 교정에는 Loop 안테나에서 나온 전파를 표준전계로하고 있다.



(a) 표준전계 발생 설명도



(b) 2중차폐 Loop

그림 도와 같이 원점 O를 중심으로 해서 X, Y면내에 있는 반경 a (cm) 1회원형 Coil에 전류 I가 흐를때 Z축상임의의 점 P에 생긴 자계를 기본으로 전계 강도를 생각할 수 있는데 수신 Loop를 관통하는 자속이 균일하다면 Biot-Savat's law에서

$$E = \frac{6\pi a^2 I}{(a^2 + b^2)^{\frac{3}{2}}} \times 10^3 \text{ (v/m) 이며}$$

$z \gg a$ 라면

$$E = \frac{6\pi a^2 I}{z^3} \times 10^3 \text{ (v/m) 인 것이다.}$$

또한 자속이 균일하지 않다면 송수양 Loop의 상호 유도 계수를 Neumanns Formula에서 구하고 수신 Loop에 발생한 기전력을 계산해서 수신 Loop의 실효고로 나누어 평균 전계 강도를 구할 수가 있다.

$$E = \frac{12}{b} \sqrt{\frac{a}{b}} \left\{ \left(\frac{2}{R} - R \right) F - \frac{2}{R} G \right\} I \times 10^3 \text{ (v/m)}$$

$$R^2 = 4ab \sqrt{(a+b)^2 + z^2}$$

$b \text{ (cm)} : \text{수신 Loop의 반경}$

F 및 G : 각각 제 1, 제 2의 완전한 원적분 그래서 수신 Loop의 거리 $z \text{ (cm)}$ 가 비교적 큰때에는 전계의 영향도 고려할 필요가 있어서 일반자계의 기본식에 의해 구할 수 있고 그 결과는

$$E = \frac{6\pi a^2 I}{(a^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \sqrt{1 + \frac{(2\pi)^2 (a^2 + z^2)}{2}} \times 10^3 \text{ (v/m)}$$

: 사용파장

그리고 $z \gg a$ 라면

$$E = \frac{6\pi a^2 I}{z^3} \sqrt{1 + \left(\frac{2\pi z}{\lambda} \right)^2} \times 10^3 \text{ (v/m)}$$

로 표시된다.

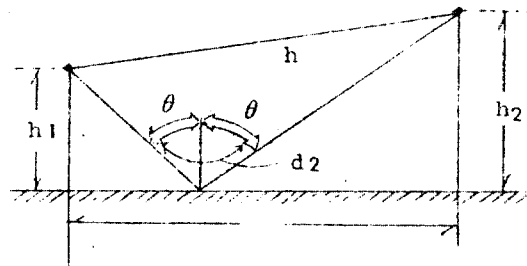
이상의 각 식을 이용해서 수신 Loop내의 평균 전계 강도를 계산

하면 신출한 전계치의 확도가 주파수 송수신 Loop의 크기 및 거리에 따라서 달라 확도와 계산의 난이도를 고려해서 알맞는 식을 이용하여야 한다.

다음에 표준전계발생기의 안테나 (송신 Loop)의 구체적인 구조인데 도와 같이 불평형 전류를 방지하기 위해 2중차폐한 것을 이용하고 교정에 있어서는 주위 물체의 영향을 받기 때문에 직경 20 cm 정도의 송신 Loop로서 약반경 1 m 이내에는 금속체를 놓아서는 안된다.

(2) 초단파의 표준전계

초단파 (Doublet 안테나부) 전계강도 측정기의 교정에 있어서는 Doublet 안테나에 의한 방사전자계를 기준으로 한다.



(초단파 전계 표준)

도와같이 송수신에 있어서 수평 Doublet를 이용한 표준전계발생기에 의한 수신점의 수평편파 전계강도는 이상적인 근거리 지표파 전파라하면 직접파, 반사파, 지표파 대지의 2차 전류파 정전계 및 유도전계의 6 성분으로 되고 K. A. Norton에 의한 엄밀한 식이 주어진다.

그러나 근거리가 아닌 경우 직접파, 반사파, 지표파 3성분이라고 생각해도 좋을 것이다.

방사 moment 를 $M [A \cdot m]$ 파장을 $\lambda [m]$ 수평면파 반사계수를
 「라하고 송수신 안테나간의 직접파 및 반사파의 통과거리를 각각
 $d_1, d_2 [m]$ 라 하면 수신점의 수평면파의 전계 강도 E_s 은

$$E_s = \frac{60\pi M}{\lambda} \left(\frac{e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_1}}{d_1} - \Gamma \frac{e^{j\frac{2\pi}{\lambda}d_2}}{d_2} \right) [V/m]$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{\epsilon_s - \sin^2 \theta} - \cos \theta}{\sqrt{\epsilon_s - \sin^2 \theta} + \cos \theta}$$

$$\epsilon_s = \epsilon_s' - j2 \left(\frac{\delta}{F} \right) \times 10^3 \quad (e.s.u.)$$

θ : 입사 (반사) 파와 반사점에서된 각 (Radian)

ϵ_s : 반사면의 유전율 (esu)

ϵ_s' : 반사면의 유전율 (esu)

δ : 반사면의 유전율 (esu)

F : 주파수 (MHZ)

실제의 전계강도는 송수신안테나의 높이 h_1, h_2 도 영향이 있으며
 근거리에서는 직접파 반사파도 없는 경우도 있으며 교정에 있어서는
 송수신거리를 일반적으로 50m 이상으로 한다. 또 주위물체의 영
 향을 피하기 위해서는 안테나측면 40 m 후면 20 m 정도는 평면이
 어야 한다.

사. 그간측정에 있어서의 문제점

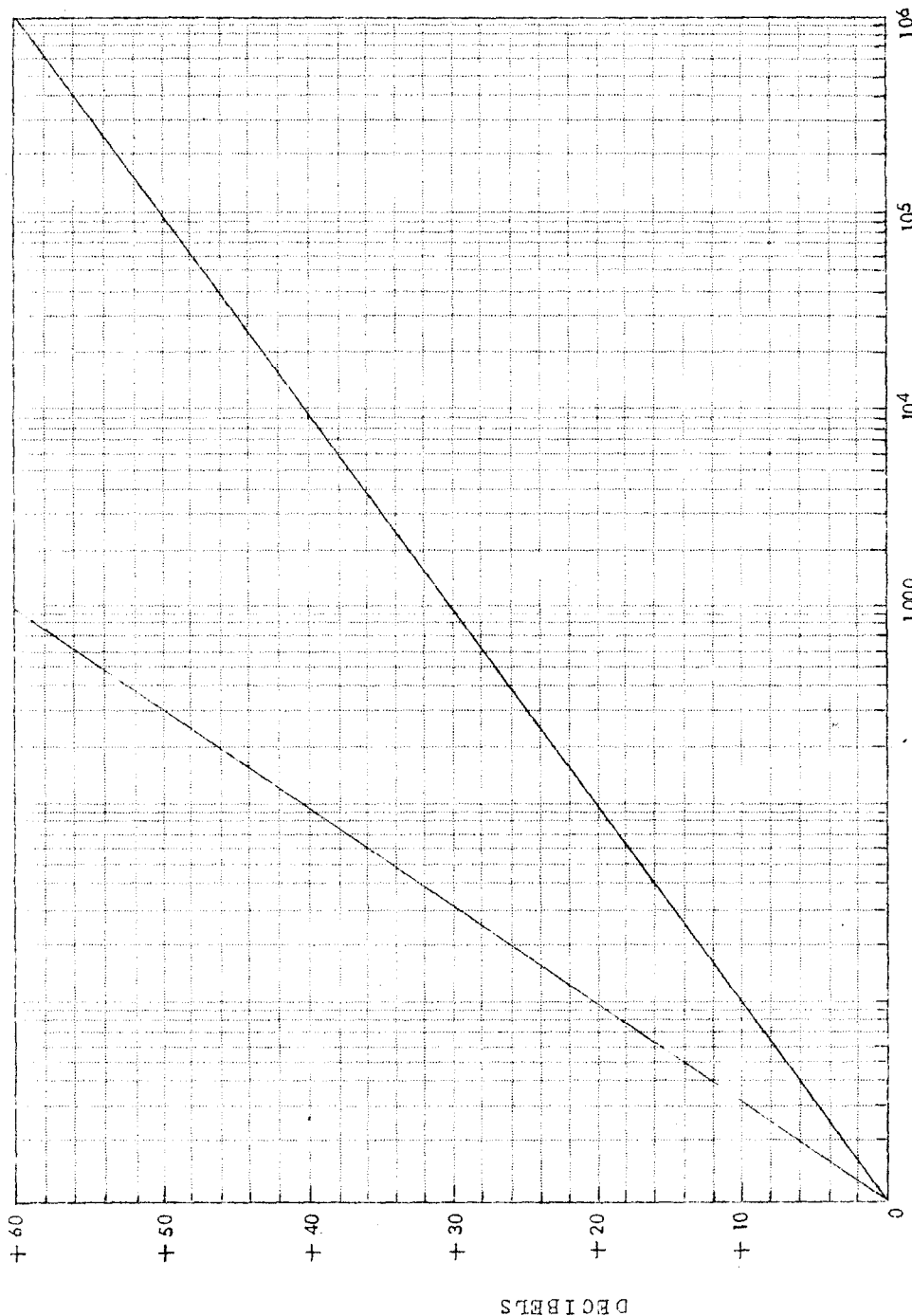
① 방송파대 전계강도 측정에 있어서 변조가 있을때와 없을때
 Meter 의 눈금이 움직이므로 이에 대한 대책회로를 연구할 필요가
 있다.

② VTVM 를 연결함으로서 동조가 틀려 짐으로 이에 대한 대책이

필요하다고 생각됨으로 이에 대한 회로 구성을 연구중에 있다.

③ 부근의 강력한 전파나 근접주파수가 혼입하였을때에는 그것만큼 오차를 수반하기 때문에 고주파증폭부의 선택도를 높이고 목적주파수만의 전계강도를 측정할 수 있도록 하여야 하며 수신기부의 차폐를 엄격히하여 안테나 입력 이외의 부분에서 방해파가 들어오지 않도록 하여야 할것으로 생각 된다.

④ 그간 측정치의 2차는 고주파전압측정이므로 외부잡음 동조회로에 대한 영향 측정자의 Meter 판독 오차라고 생각된다.



DECIBEL CONVERSION The chart above permits quick calculation of dB from a known power voltage or current ratio and vice versa Ratio decibels under 1.0 must be converted to whole number ratio values ; i.e. $E_1/E_2 = 0.012 = y_{83}$ For calculation $db = 10' \log_{10} P_2 = 20 \log_{10} V_2 = 20 \log_{10} I_2$

(전 계 강 도 환 신 표)

8. 결 론

1. Cesium Beam 1차주파수원기의 기계적특성을 파악분석함으로써 원기의 교정 및 확도유지에 원한을 기할 수 있었음.

2. VLF표준전파의 전파에 미치는 교란에 대하여 고찰함으로써 VLF표준전파의 전파특성을 분석하는데 많은 도움이 되었다.

3. 18.6KHz 표준전파의 일출변화의 한정한 특징은 일출부근에서 강도저하하며 일변화의 양상은 년간을 통해서 거의 같은 변화를 표시하였다.

여름에는 주간강도가 높고 겨울에는 야간강도가 높았으며 주기적인 변화는 일출몰과도기에 나타남을 알 수 있었다. 3시간 측정 결과 9.25×10^{-11} 의 주파수 비교 정도를 얻었고 24시간 측정에 5.78×10^{-11} 의 비교 정도를 얻었다.

4. 22.3KHz 전파는 저위도지대를 전파하는 표준 전파로서 위상변동은 일출지에서 남중시 까지 위상빠름을 표시하고 남중시에서 일몰까지 위상지연은 증가하였으며 수신 감의 일몰에서 중신점일몰까지 위상지연은 증가하고 일출로되면 급격한 위상빠름을 일으켰다.

수신위상은 주간은 안정하고 전계 강도는 58db로서 4시간 비교에서 6.94×10^{-11} 의 주파수 비교 정도를 얻었다.

5. 16KHz 표준전파는 극광지대이며 극광지대 교란이 일어날때의 VLF신호의 위상 일변화는 평온할때에 비해서 위상지연은 단축되고 전파시간도 단축된다.

수신 점일몰에서 중신점일몰의 상태에서는 야간에는 서서히 증가하고 주간인 경우에는 위상변동은 극히 적고 안정하며 3시간 비교에서 0.14×10^{-11} 의 주파수 비교 정도를 얻었다.

6. 전계강도 측정기 교정에 있어서 4 - 9db 오차가 생기므로 문제 점을 해결함으로서 보다 좋은 결과를 얻을 수 있으며 보다 좋은 방식과 측정법을 모색하여 실험할 것을 다짐한다.