

공 중 선 연 구

千 年 萬 古

목 차

1. 개 요	81
2. 공중선의 복사원리	82
3. 공중선의 종류	83
3 - (1) ADCOCK 공중선	84
3 - (2) 역 원주형 공중선	94

전 파 파	전 파 계	전 송 기 사	김	준
"	"	전 송 기 원	조	완 행
"	"	통 신 기 좌	이	영 식
"	"	(전 송 기 사	박	갑 응)

공 중 선 연구에 대하여

1. 개 요

공중선이란 전자파를 자유공간에 복사하고 또 복사된 전자파를 포착하는 장치 즉 무선기기와 자유공간을 결합하는 중계장치를 말한다. 아무리 큰 출력을 내는 송신장치라 해도 이 출력을 자유공간으로 복사하는 변환장치 즉 공중선의 효율이 나쁘면 실제로 자유공간에 복사되는 유효전력은 적어져서 능률이 적어진다.

그러면 이들 공중선이 구비하여야 할 조건은

(1) 공중선에 보내지는 전력을 가장 양호한 효율로 자유공간에 복사할 것. 공중선이 소요의 전력을 양호한 효율로 복사하자면 공중선의 손실이 되는 요소가 최소가 되도록 하여야 한다.

(2) 목적에 적합한 지향성을 갖일것

공중선은 사용목적에 적합한 지향성을 갖어야 한다. 예를들면 방송용 송신공중선은 무지향성이고 가능한한 교각복사를 억제하여야 한다.

그리고 단파 고정국용 공중선은 필요한 방향에만 대하여 양호한 Beam을 형성하여야 하고 Side Beam은 되도록 억제하여야 한다.

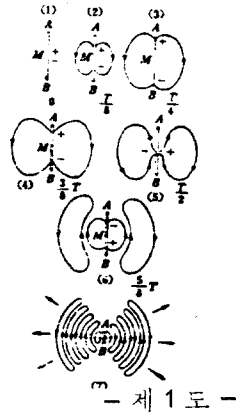
(3) 광대역 특성을 갖을 것

기설된 공중선은 그의 구조변경 및 특성의 변경이 용이하지 않으므로 넓은 주파수대에 걸쳐서 양호한 특성을 갖어야 한다.

그리고 상기 특성을 갖고 있더라도 기계적으로 견고하고 건설비가 저렴하여야 한다.

2. 공중선의 복사원리

공중선의 복사원리를 가장 기본형의 공중선인 $1/2$ DOUBLET 공중선을 생각하면 그림 1도와 같이 DOUBLET A B의 FEEDING POINT M에 RF를 급전하면 \oplus \ominus 의 전하가 발생하여 동시에 동일속도로 서로 반대 방향으로 A와 B 점을 향하여 이동하고 $1/8, 1/4$ 주기(T)에서 그림 (2)(3)과 같이 되고 $3/8, 1/2$ 주기(T)에서 그림(4)(5)와 같이 다시 M으로 돌아와 그림(1)의 상태가 되어



서 그 사이의 전기력선은 한개의 폐곡선이 된다.

$\oplus \ominus$ 는 M에서 교차되고 다음에 $5/8$ 주기(T)에서 그림(6)과 같이 전기력선의 방향이 반대로 되는 것을 발생함으로 상술한 전기력선은 새로 발생된 전기력선 때문에 밀려나와 더 이상 M 부근에 있을 수 없게 되어서 도선 A, B에서 떨어져 자유공간에 복사된다.

이와같은 방법으로 제2의 폐곡선은 전기력선의 방향이 제1의 것과는 반대가 되어 자유공간에 복사된다. 이리하여 1싸이클에 해당되는 파동이 생기고 이것이 되풀이 되어 그림(7)과 같은 전기력선이 복사된다.

3. 공중선 종류

공중선의 동작원리와 사용목적에 따라 분류하면 다음과 같다.

사용목적에 따라 분류하면

목 적	주파수대	공 중 선 의 사 용 예
방 송 업 무	LF, MF	TOP Loading ANT.
	HF	수직, 수평 Dipole
	VHF	스파턴스타일, 스파게인
방 송 수 신	LF, MF	Loop
	HF	Dipole
	VHF	야기, Folded, 코나리프렉타
교 정 업 무	HF	로빅. Beam 공중선
	VHF	야기, 코나리프렉타
	UHF	파라보라, 혼리프렉타
이 동 업 무	VHF	whip
방 향 탐 지	LF, MF, HF	Loop, Adcock, Conical
	VHF, UHF	
레 다	UHF, SHF	Para bola
유 도	UHF	복합 Slot

또 공중선의 동작특성에 의한 분류를 하면

가. 정재파 공중선

Doublet 공중선과 이것을 응용한 장, 중, 단파, 초단파 공중

선

나. 진행파형 공중선

룸빅 공중선, Multistage Coaxial Slotted 공중선

다. 행렬식 공중선

Beam 공중선 단파 초단파 극초단파대의 고이득 또는 특수 Beam 공중선

라. 부대물체 공중선

야기 Corner Parabola 공중선

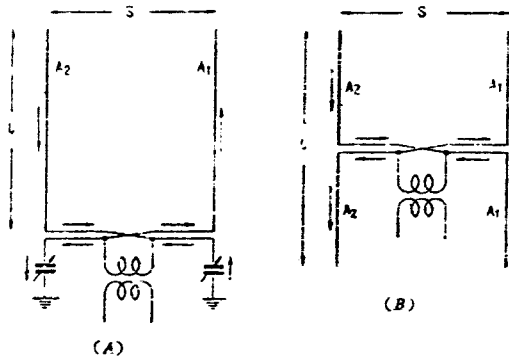
마. 입체회로식 공중선

Horn Slot Poly Rod 공중선 이다.

이들 공중선 중에서 현재 방향탐지용으로 넓이 쓰이는 Adcock와 저작방사 Pattern을 갖는 Inverted Discone에 대한 특성은 다음과 같다.

3 - (1) 애드콕 (adcock) 공중선

제 2 도에 표시한 것 같이 적당한 간격(間隔)으로 2 개의 수직공중선(垂直空中線)을 설치하여, 각각의 수직공중선에, 크기가 같고 방향이 반대인 전류가 흐르도록 한 공중선을 발명자(發明者)



제 2 도 애드콕공중선의 설명도

의 이름을 따서 애드록(Adcock) 공중선 이라고 말한다.

애드록공중선은 loop형 공중선과 같이, 지향성(指向性) 공중선이지만 다음의 2가지 점(点)이 다르다.

1. 애드록공중선에는, 공중선을 공진(共振)시켜 사용하는 것과 loop형 공중선의 수평면(水平面)에 상당(相当)하는 부분이 급전선(給電線)으로 되어 있어 그의 평행하는 두선에는 크기가 같고 방향이 반대인 전류가 흐르니까, 여기서의 전자파방사(電磁波放射)가 없다는 점이 다르다.

제 1 도의 (A)는 중파용(中波用) 애드록공중선, 제 2 도의 (B)는 단파용(短波用) 애드록공중선의 일례(一例)를 표시한다.

애드록공중선의 수평지향특성(水平指向特性)은, 다음과 같이 생각하면 loop형 공중선의 그것과 같은 것을 수식(數式)을 사용하지 않고도 용이(容易)하게 알 수 있다.

애드록공중선을 구성(構成)하는 각각의 수직공중선의 실제의 높이를 유효높이 h_e 로 바꿔 놓으면, 이 높이의 수직도체(垂直導體)에 같은 전류가 흐른다고 해도 좋으니까, loop형 공중선의 지향특성을 나타내는 식을 구하는 것과 같다.

$$E_{\theta} = \frac{0.628 \times 2 f I h_e}{r} \times 10^{-6} \times \sin \frac{\pi f s \cos \theta}{c}$$

$$= E_a \sin \frac{\pi s \cos \theta}{\lambda}$$

$$\text{단, } \frac{0.628 \times 2 f I h_e}{r} \times 10^{-6} = E_a$$

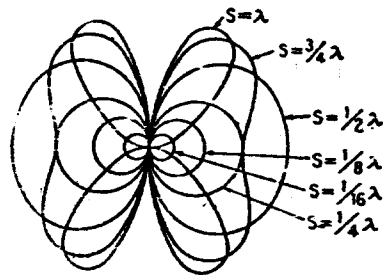
로 놓는다.

단파(短波)에서 애드록공중선의 지향특성을 표시하는 일반식(一

般式)은 제 1 식이 사용된다.

제 2 도는 애드록공중선의 지향특성곡선(指向特性曲線)을 나타낸다.

그림으로부터 지향특성곡선이 원(圓)을 두개 붙여논 형(形), 즉 8 자형(八字形) 지향특성곡선으로 되는것은 두개의 수직공중선의 간격이 $1/4$ 파장(波長) 이하(보통 $1/2$ 파장이 하)의 경



제 3 도 애드록 공중선의 지향특성곡선

우인 것을 알수 있다.

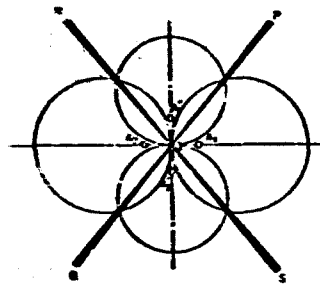
2. 이미 설명한 것처럼, 수평지향특성(水平指向特性)은 loop 형 공중선과 애드록공중이 같다.

그러나 수직지향특성(垂直指向特性)은 다르다. loop 형 공중선은, 그의 면(面)을 포함한 연직면(鉛直面) 상(上), 또 그의 면에 직각(直角)인 연직면 상에 있어서, loop 형 공중선의 상방(上方)(loop 형 공중선의 중심을 통하여 대지에 직각인 방향)의 방사전계강도(放射電界強度)가 영(零)으로 되는 것은 아니지만(상방에 한하지 않고, 어느 방향에 있어서도 같다) 애드록공중선을 사용하는 경우는, 그의 상방의 방사전계강도는 영(零)이다.

특히 애드록공중선을 구성하는 두개의 수직공중선을 포함한 평면(平面)에 직각인, 그리고 애드록공중선의 중심을 통한 연직면 상에 있어서는 어느 방향으로든 전자파(電磁波)를 방사(放射)하지

않는다. 이것이 양자(兩者)의 다른점중 중요한 것이다.

항공항로(航空航路) 표시(標識)으로 제 3.도에 나타낸 것처럼 두조(二組)의 애드록공중선을 사용해서 등감도선(等感度線, equi-signal line) (그림의 POQ 선 상 및 ROS 선 상에는 공중선 A_1, A_2 로 부터 방사된 전자파(電磁波)와 공중선 A_1, A_2 로 부



제 4 도

터 방사된 전자파(電磁波)는 같은 세기로 된다)을 만들어, 이 등감도선(等感度線)을 항공로(航空路)와 일치시켜서, 항공로를 표시(標識)하게 하는 방법이 있다.

이 경우, 항공기(航空機)가 상기한 애드록공중선 위치의 상공(항공항로 표시국의 상공)으로 오면, 항공기 상의 수신기 출력은 영(零)으로 되니까 항공기가 항공항로 표시국의 상공으로 온 것을 알 수 있는 것이다.

전파방위측정(電波方位測定)의 오차(誤差)

및 애드록 공중선

전파방위측정의 진목적(真目的)은, 전자파(電磁波)의 도래방향(到來方向)을 구하는 것이 아니고, 측정지점(수신지점)에서 송신점의 방위를 알고자 하는 데에 있다.

그런데, 실제로는 전파방위측정기(電波方位測定機)에서 측정한 방위 θ (전자파의 도래방위(到來方位))와 송신소의 방위 θ_t 가 다른 것이 많다.

여기서 양자(兩者)의 차(差)

$$\phi = \theta - \theta_t$$

를 전파방위측정오차(電波方位測定誤差)라고 말한다.

이 전파방위측정의 오차는 다음의 3가지 원인(原因)으로 된다.

즉, ① 전파방위측정기 자체에 그 원인이 있는 경우

② 전자파전파(電磁波傳播)에 그 원인이 있는 경우

③ 수신 loop 형 공중선의 부근에 있는 물체(도체, 반란물체(變亂物體))가 원인으로 되는 경우이다.

여기서는 위의 두번째 전자파전파(電磁波傳播)에 의한 것중 야간오차(夜間誤差)에 대해서만 설명하겠다.

야간오차(night error)

중파를 이용하는 전파방위측정에 있어서는, 야간에 측정방위(測定方位)가 변동하며, 또 최소감도점(最小感度點)(소음점(消音點))이 불명확하게 되어, 측정을 행하는데 어렵게 된다.

이 현상을 야간효과(夜間效果, night effect)라고 부르며, 이 때에 생기는 오차를 야간오차(夜間誤差, night error)라고

부른다.

야간오차 또는 야간효과는, 그 현상이 복잡하지만, 그의 발생원인은 비교적 간단하며, 대개 다음과 같이 생각된다.

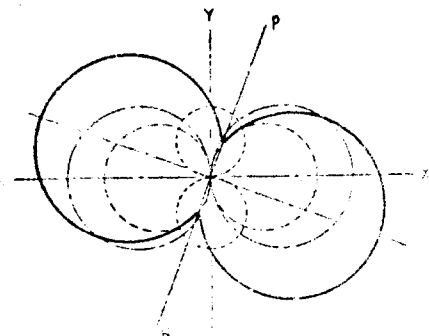
야간에는, 지표파 외에 전리층파(電離層波)가 전파(伝播)하며, 그리고 전리층파(電離層波)는, 일반적으로 장원편파(長円偏波)이니까, loop형 공중선의 위치에서 생각한 전계는, 지표파(地表波)에 의한 전계 E_1 (이 전계는 지구표면에 수직(垂直)이다)과 장원편파(長円偏波)의 수직전계(垂直電界) E_2 및 수평전계(水平電界) E_3 (이 수평전계는 전자파(電磁波)의 전파방향(伝播方向)과 직각인 방향을 가진다)의 합성이다.

그리고, 전계 E_1 은 loop형 공중선의 수직변(垂直辺)에 기전력(起電力)이 유도(誘導)하며, 이미 설명한 것처럼, 그의 지향특성은 제4도의 쇄선(鎖線)으로 나타낸 것 같이 된다.

전계 E_2 는, 마찬가지로 수직변(垂直辺)에 기전력(起電力)이 유도(誘導)하며 지향특성은 제4도의 파선(破線)으로 나타낸 것 같이 역시 8자형으로 된다. 또 전계 E_3 는 loop형 공중선의 수평변(水平辺)에 기전력(起電力)이 유도(誘導)하여, 그의 지향특성은 제4도의 점선(点線)으로 나타낸 것 같이 된다.

그러므로, 이 때의 loop형 공중선의 지향특성은 상기의 3가지 지향특성의 합성이 되는 것이다. 단, E_1 과 E_2 및 E_3 간에는 각각 위상차가 있으니까, 이것을 고려한 것이다.

제4도의 태선(太線)은 E_1 과 E_2 및 E_3 의 위^상차가 각각



제 5 도

90° 이라고 해서 그린 합성지향특성 곡선(合成指向特性曲線)이다. 단, 이것은 작도(作圖)하기 쉽게 한 것이며, 실제로는 E_2 와 E_3 의 위상차는 45° 내외(단, 일정하지는 않다. 항상 변화한다). E_1 과 E_2 와의 위상차는 일정치 않다.

제 4 도에서 알 수 있는 것과 같이 최소감도점(最小感度點)(소음점(消音點))이 불명확하게 되고, 또한 최소감도점의 방향에 오차가 생긴다.

그리고, E_2 와 E_3 의 크기, 및 E_1 , E_2 , E_3 의 상호간의 위상관계는 전리층(電離層)의 상태의 변동 및 지자기(地磁氣)의 변화, 등에 의해 변하기가 "야간효과도 또한 항상 변동한다"라고 말할 수 있다.

loop 형 공중선을 사용하는 전파방위측정에 대하여, 가장 큰 영향을 주는 것은(단, 야간에 있어서) 상술(上述)한 야간효과이다. 그리고 야간효과의 원인은 전리층파(電離層波)의 전자계(電磁界)의 수평 Component에 있으니까, 만일 이 수평 Component에 대해서 불감(不感)이고, 또한 loop형 공중선의 지향특성을 가진 공중선이 있다고 하면, 야간효과를 받지 않고, 방위측정(方位測定)은 가능하게 된다.

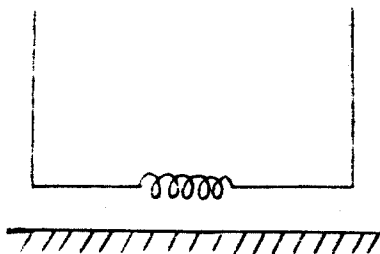
애스콕 공중선은 상기의 목적에 합치(合致)하는 공중선이다. 특히 이 공중선은, 전파(伝播)하는 모양이 주(主)로 전리층파(電離層波)인 단파의 방위측정에 있어서 중요하다.

이 애드록공중선은 보통 loop 형 공중선의 수평면(水平面)에 상당(相当)하는 부분을 급전선(給電線)으로 바꾸어, 여기에 기전력(起電力)을 유도(誘導)시키지 않는것 같이 하든가, 또는 유도된 기전력을 상살(相殺)하는것 같이 한 것으로 생각하면 좋다.

여기에는 1. 단일 U형 애드록공중선 2. 차폐된 U형 애드록공중선 3. 접지형 H 애드록공중선 4. 돌음시킨 H형 애드록공중선 5. Balanced H형 애드록공중선 6. 교차형 애드록공중선 등의 종류가 있다.

1. 단일 U형 애드록공중선

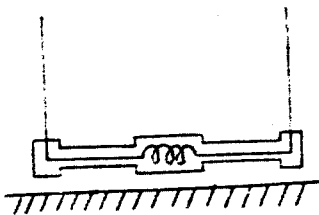
제5도는 기본적인 애드록공중선의 형이다. U형 애드록은 주로 교차식 애드록으로 쓰이며 고정형이다.



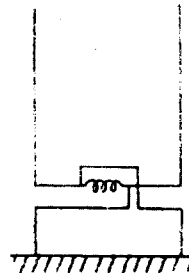
2. 차폐된 U형 애드록공중선

차폐된 U형 애드록공중선의 수평부 주위를 그림과 같이 차폐시키므로써 성극오차를 감소시켜 주고 있다. 수평부분 차폐로서 수평면파에 대한 반응을 최소한

으로 줄이고 있다. 차폐시는 차폐체를 접지한 금속판에 연결한다. (제6도)



제 7 도



제 8 도

3. 접지형 H 애드록공중선

이 공중선은 제7도와 같이 수평부분을 접지하는 형태이다.
loop 형 공중선과 같이 두개의 수직부분에 생기는 전압은 달라
그 차만이 나타난다.

4. 돌음시킨 H형 애드록공중선

H형 애드록공중선을 지상에 높게 고여놓은 것은 공중선 하부를
접지시킴으로서의 발생하는 불균형을 최소한으로 줄인다.

불균형의 정도는 지면과 공중선 하부와의 거리가 클수록 감소하
게 된다. (제8도)

5. Balanced H형 애드록공중선

이 공중선은 수평부분에 유기되는 인자를
감소시키며 성극오차를 감소시키기 위해서
효과적인 방법으로 한 것이다.

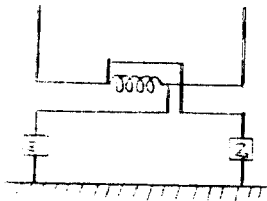
제9도

방위오차는 수평부분의 Impedance를 수
직부분에서 유기되는것 외의 다른 전류에 대하여 높은치를 갖도록
함으로서 최소로 줄일수가 있는 것이다. 이 높은 Impedance는
각 수직부분에 서로 쌍을 이루는 두개의 Impedance를 삽입하므
로서 이루어 진다. 이 방법은 수평부분에서 유기되는 모든 전류
에 대하여 높은 직렬 Impedance를 나타내게 한다.

그 반면에 수직부분에서 유기되는 전압에 대해서는 낮은 Impe-
dance를 갖게 하는데 그것은 변성기를 통해서 서로 Couple를
이루고 있고 직접 공중선 Coil을 지나서 나타나기 때문이다.

성극오차를 더욱 감소시키기 위해서는 이런 균형을 이른 쌍의

애드콕 방법을 이용하므로써 가능케 한다. (제 9 도)

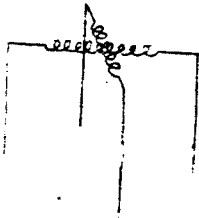


제 10 도

6. 교차형 애드콕 공중선

교차형 애드콕공중선 구성은 제 10도와 같이 두개의 동일한 애드콕 콕을 각각 90° 떨어지게 교차시켜서 만들어져 있으며 서주파 및 중

단파에서는 교차형 애드콕은 회전 애드콕보다 더욱 크게 설계할 수 있으므로 감도가 매우 좋으나 고주파에 있어서는 이런 이득은 Spacing effect 와 8 분원 오차등의 원인 때문에 작아진다.



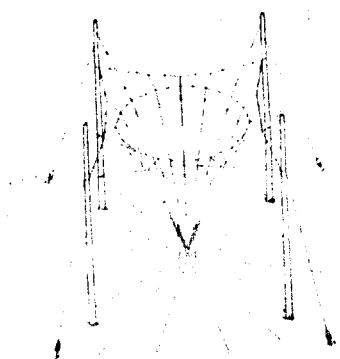
제 11 도

교차형 애드콕공중선에서 인접 공중선과의 최대간격은 $1/2 \lambda$ 의 길이이며, 대각으로 반대되는 공중선과의 간격은 $1/\sqrt{2} \lambda$ 의 거리이다.

3 - (2) INVERTED DISCONE ANTENNA

INVERTED DISCONE ANTENNA 라 함은 그림 11 도와 같이 구성되어 있고 그의 방사 PATTERN 은 수직 무지향성이다.

이 ANTENNA 는 무지향성 단파통신 용이며 광대역 동작특성을 나타낸다. 그리고 저각방사는 단거리 지표파와 마찬가지로 중장과 통선과 공간파에 만족한 특성을 갖는다.



제 12 도

ANTENNA 의 구조는 대지위에 목재로 된 75 Feet 의 지주로 지지된 60 개의 수직 방사기로 구성되어 있으며 지주는 수직 및 수평지선으로 안전하게 구성되어 있다.

그리고 60 개의 수직방사기를 ANTENNA 의 중심기저부에 있는 FEED RING ASSEMBLY 에 붙인다.

또 ANTENNA 는 동피봉에 의하여 둘래에 견고하게 접지된 RADIAL 로 구성되는 GROUND SCREEN 으로 구성되어 있다.

RF 급전은 ANTENNA 의 중심기저부에 있는 FEED RING 에 의하여 이루어지며 3 1/8 EIA COAXIAL FLAGE 로 한다. 그리고 INVERTED DISCONE ANTENNA 의 주요재원은 아래와 같다.

지주의 높이	75 FEET
공중선 반경	76.5 FEET
GROUND SCREEN 반경	123 FEET
보관조건	특별이 요구되지 않음
설치에 필요지역	1.6 에이커

주파수 범위	2 - 32 MHZ
전력	
평균	40 KW
첨두치	160 KW
전압정재파비	50 Ω 임피던스에서 전주파수대에 걸치어 2 : 1 혹은 그 이하
편파	수직
인력콘넥타	3 1/8 BIA COAXIAL FLANGE
풍속	125 마일

이 안테나의 지선에 대한 기계적 장력시험 및 시설에 필요한
기구는 다음과 같다.

탄력량계	지선의 장력시험
고주파 시험장비	공중선 효율측정
공구 박스	공중선 시설
RF 급전선	공중선운용

이 공중선의 동작은 GROUND SCREEN 위에 설치한 역 원추형
공중선이므로 무지향상이며 수직 편파인 미소한 파장의 수직 방사기
이다.

Antenna는 전기적 에너지를 발생하는 60개의 wire로 간격을
띄어서 조합하여 만든 견고한 원추모양으로 되어있다. 이 Cone
이 Antenna를 형성하기 때문에 1개의 단일봉 Antenna보다 넓
은 광대역의 특성을 갖는다. 이 Antenna는 대단히 낮은 저각방
사 pattern을 갖는다.

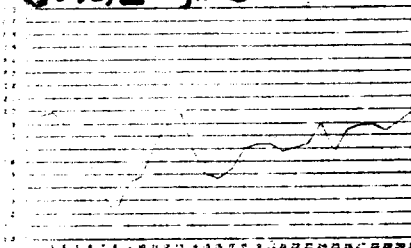
그리고 그의 방사 Pattern은

1. Ground Screen의 크기
2. Cone형성 wire의 높이
3. Cone - wire의 간격에 의하여 결정된다.

그리고 Antenna의 특성 임피던스는 넓은 주파수대에서 일정하며 다음의 요소가 이를 결정한다.

- 1) Ground Screen과 Cone point 사이의 간격
- 2) Cone의 각도
- 3) Cone을 구성하는 wire의 최상의 동작과 만족한 특성, 그리고 특성임피던스와 넓은 범위에 걸쳐 2:1보다 적은 VSWR을 고려하여 Antenna Size를 결정한다. 그리고 이 Antenna의 전주파수에 걸친 VSWR은 다음과 같다.

인버티드 이스콘



주파수(MHz)

3. Antenna의 설치에 대하여
이 Antenna를 완전히 설치하는 데는 약 $6,474.8 m^2$ 가 필요하다. 선택된 장소는 주위에 어떤 물체도 있어서는 아니된다.

이 Antenna의 설치장소는

땅이 평평하고 나무와 커다란

제 13 도

바위, 어떤 종류의 전원선이 있어서는 아니된다. 또 탑, 길고 곧은 금속체 특히 $1/4 \lambda$ 나 그의 배수가 되는 것이 있으면 Antenna의 지향 Pattern에 좋지 못한 영향을 미친다.

이와같은 물체는 무지향성 모든 방향에서 4λ 이내의 범위에 있

으면 안된다. 그리고 토질은 지선을 매는데 충분히 견고하고 Antenna를 설치한 지역 주위는 Antenna의 수직축과 수직의 10° 이내에 있어야 하며 Ground Screen Radial만큼 충분한 level이 있어야 하며 토질은 Antenna의 방사손실이 적게끔 항상 습기가 있어야 한다.