

1591

무 선 방 위 측 정 기

표 준 과

차 례

I. 서 론	113
II. 방탐 이론	114
1. 방위 측정용 공중선	114
2. 센스의 결정	118
3. 고니오 메터	119
4. 방향 지시방법	120
5. 방탐 오차	124
III. 방위측정기의 주요성능및 그 측정법	126
1. 개 요	126
2. 주요 성능시험	127
가. 방위 측정 폭	127
나. 방위측정 오차	128
다. 신호대 잡음비	129
라. 선택도 특성	130
마. 스프리어스 레스폰스	131
IV. 결 론	132

통신기정 오주한

통신기좌 여성규

전송기사 이진동

I . 서 론

방위측정기는 회전하는 안테나에 유기되는 전압의 변화를 측정하여 도래한 무선신호의 방향을 결정하는 기기이다. 그렇게 하므로서 전파 발사원의 위치를 파악할수 있으며 또 이를 역이용하여 이동하는 선박이나 항공기에서 자신의 위치를 알수있게 된다. 근래에 경제성장에 따라 선박의 수효가 증가하고 또 연안 수산자원의 고갈로 인하여 원해조업을 하는 어선이 점증함에 따라 무선방위측정기의 이용도가 커져가고 있어 더욱 우수한 성능의 기기가 요청되고 있다. 특히 선박의 무선 방위측정기는 1960년의 “해상에서의 인명 안전을 위한 국제조약”에 의거 그 사용이 강제되고 있는바 이는 무선 방위측정기의 용도가 그 만큼 중요하다는 것으로 해석된다. 우리나라도 동 조약에 가입하고 그 규정에 따라 방위측정기 이외에 6종의 해상장비에 대하여 그 성능을 보장하기 위해 형식검정을 행하고 있으므로 여기서는 주로 선박에서 사용하는 소형 무선방위측정기의 이론및 실제 요구되는 성능을 시험하는 방법에 대해 약술하고자 한다.

II. 방 탐 이 론

1. 방위 측정용 공중선

장파, 중파대의 방위 측정을 하느때 루프 안테나가 많이 사용된다. 그림 1은 루프 안테나의 동작원리를 나타낸 것이다.

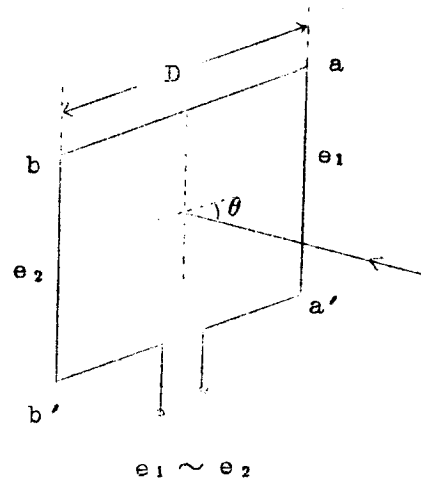


Fig. 1. 루프 안테나의 동작원리

루프 안테나의 도체 $a - a'$ 및 $b - b'$ 는 지면에 대하여 수직이고 $a - b$ 및 $a' - b'$ 는 수평으로 되어있으므로 도래 전파의

편파면이 수직 편파이면 $a - b$ 및 $a' - b'$ 의 도체에는 전압이 나타나지 않으며 $a - a'$ 및 $b - b'$ 에는 각각 e_1, e_2 의 전압이 발생하게 된다. 도체 $a - a'$ 및 $b - b'$ 는 직렬로 연결되어 있으므로 루프 안테나 출력은 $e_1 \sim e_2$ 가 된다. 만약 도래전파와 루프 안테나의 루프면이 90° 의 각을 이루고 있으면 도체 $a - a'$ 및 $b - b'$ 에 유기되는 전압은 크기와 위상이 같으므로 출력측에는 $e_1 \sim e_2 = 0$ 즉 아무 것도 나타나지 않는다. 이 지점을 최소 감도 지점 즉 Null Point라 하며 전파의 도래 방향이 된다. 또 루프면과 도래전파가 직각이 아닌 각 θ 를 이루고 있을 때는 e_1 과 e_2 는 전압의 크기는 같지만 전압의 절이가 다르므로 ϕ 만큼의 위상차가 생기게 된다. 그림 2는 위상차를 벡터화 한 것이다.

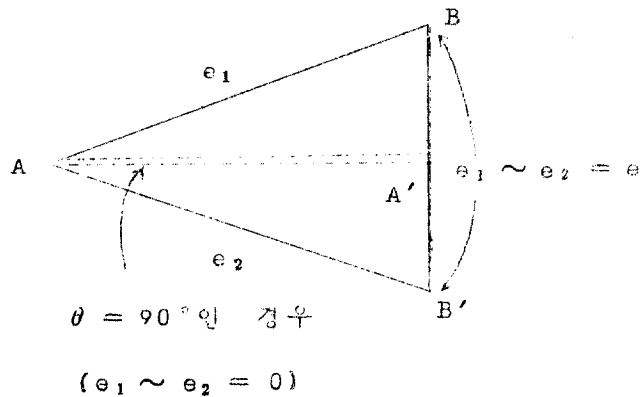


Fig. 2 위상차에 따른 루프 안테나 출력

그림에서 점선 $A - A'$ 는 루프면이 도래전파와 90° 의 각도를 이룰때 $e_1 \sim e_2 = 0$ 임을 나타내고 실선 $B - B'$ 는 유기전압이 있을때로 $e_1 \sim e_2 = e$ 라는 전압이 출력으로 나타남을 표시한다. 벡터 $A - B$ 와 $A - B'$ 는 크기가 같고 이들간의 위상차 ϕ 는 도래전파의 입사각에 따라 달라진다. 루프 안테나에 유기되는 기전력 E 는 그림 1의 θ 에 따라 다음 방정식으로 표시된다.

$$E = -j \frac{2\pi AN}{\lambda} \cdot E_0 \sin \theta$$

E_0 : 도래전파의 전계강도 (V/m)

λ : 도래전파의 파장 (m)

A : 루프 안테나 면적 (m^2)

N : 루프 권수

윗 식을 적용해서 루프 안테나의 각 방향에 대한 지향성을 그려 보면 다음과 같이 8자형으로 나타나게 된다. 이는 루프 안테나의 수직도체를 수직 안테나 2조로 생각하여 합성한 모양이 된다.

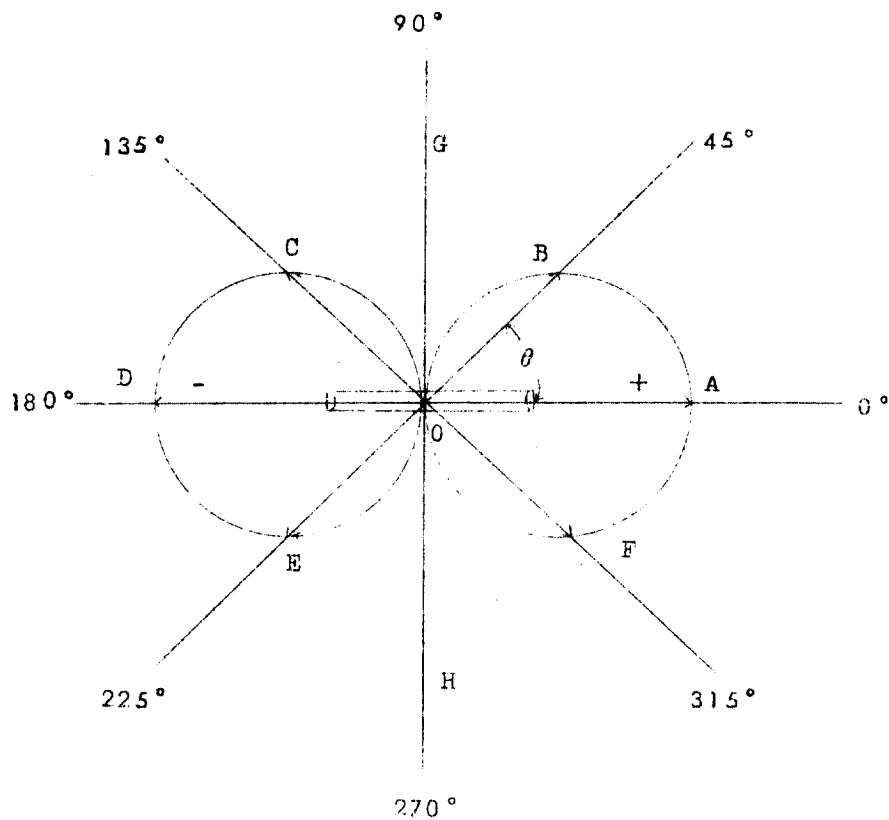


Fig. 3 루프 안테나의 전방향 지향성

그림 3에서 보는 바와 같이 전파가 0° 방향에서 도래하면 그때 유기 기전력은 $\vec{O} \cdot \vec{A}$ 로 되어 최대가 된다. 다음 45° 방향에서 전파가 도래하면 유기기전력은 $\vec{O} \cdot \vec{B} (= \vec{O} \cdot \vec{A} \cos 45^\circ)$ 가 된다. 같은 방식으로 전방향의 유기기전력을 그리면 3자형이 되어 90° 및 270° 방향 즉 G와 H점에서는 0이 되는데 이 점을 최소 감도 지점이라 하며 방위측정에 이용된다.

2. 센스의 결정

위에서 설명한 바와 같이 루프 안테나로 도래전파의 방향을 알수있으나 최소 감도점이 90° 및 270° 양쪽에 발생하게 됨으로 도래방향이 전, 후 어느쪽인가가 불분명하게 된다. 이 문제를 해결하기 위해 루프 안테나의 출력에 보조 수직공중선의 출력을 부가하게 된다. Fig. 4는 수직공중선 출력을 첨가하였을 때의 특성을 나타낸 것으로 이를 카디오이드 지향특성이라 하며 이것으로 전파의 도래 방향을 알수있다. 즉 전파가 A 방향에서 도래하였을때는 루프 안테나에 유기된 전압과 수직공중선에 유기된 전압은 동위상이 되므로 이 때의 유기전압은 2

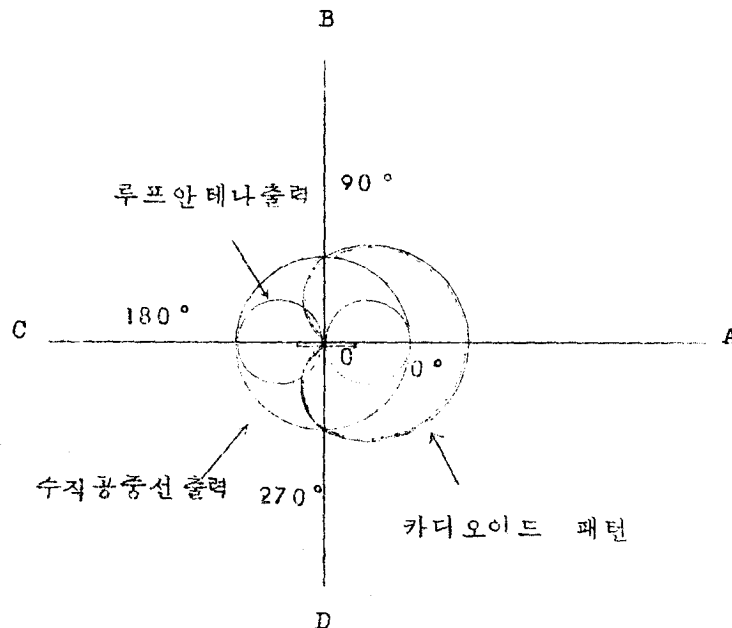


Fig. 4. 카디오이드 특성

배가 되며 180° 반대 방향인 C 쪽은 루프안테나에 유기전압과 수직공중선 유기전압의 위상이 180° 다르므로 상쇄되어 없어진다. 실제로는 루프안테나 유기전압과 수직공중선 유기전압은 90° 의 위상 차가 있으므로 이 상기(移相器)를 통하여 동상(同相)으로 만들어 합성하게 된다. 위의 과정을 센스결정이라 하며 도래전파 방향을 확실히 알수가 있다.

3. 고니오 메터

위에서 설명한 최소 감도점을 찾기 위해 루프안테나를 회전시켜야 하는데 커다란 안테나 자체를 회전시키려면 여러가지 어려운 점이 많으므로 안테나를 회전시키는 대신 동일한 효과를 얻을 수 있도록 고안된 것이 고니오 메터이다.

그림 5는 고니오 메터의 구성도를 간략히 한 것이다.

그림과 같이 8자형 지향성을 가진 2조의 루프 안테나와 이것에 대응한 필드코일 및 필드코일의 내부에서 회전하도록 제작된 탐색코일로 구성되어 있다.

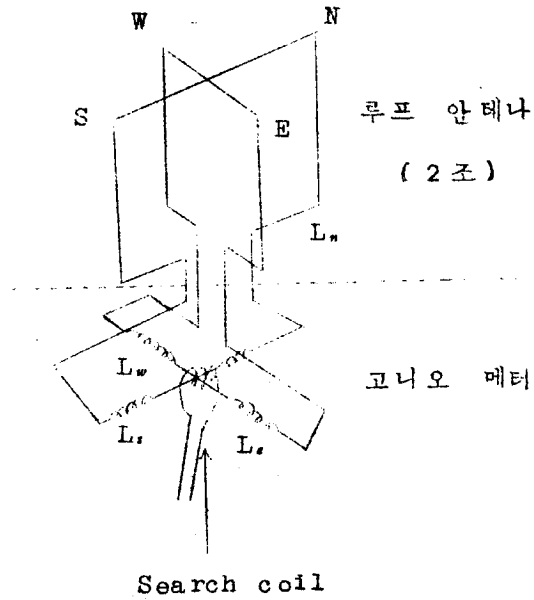


FIG. 5. 고니오 메터

4. 방향지시 방법

가. 브라운관 직시식

이 방식은 고니오 메터의 출력을 증폭, 검파한 다음 20 ~ 30 KHZ로 이를 변조한다. 이 신호를, 전술한 고니오 메터와 동일한 구조를 가진 제2의 고니오 메터 (보통 구조를 간단히 하기 위해 2개의 고니오 메터를 동일한 모터축에 연결하여 동

기회전 시킨다)의 탐색코일에 공급한다. 탐색코일의 회전각도에 따라 필드코일에 전압이 유기 되는데 이를 정전식 브라운관의 각 편향전극에 공급하면 브라운관의 면에 휘선이 나타나게 된다. 여기에 수직공중선 출력을 브라운관의 그릿드에 인가하면 카디오이드 특성상의 최소감도점이 되는 부분의 휘선이 소거되어 방향을 알 수 있다. 이 방식의 개략을 보면 그림 6과 같다.

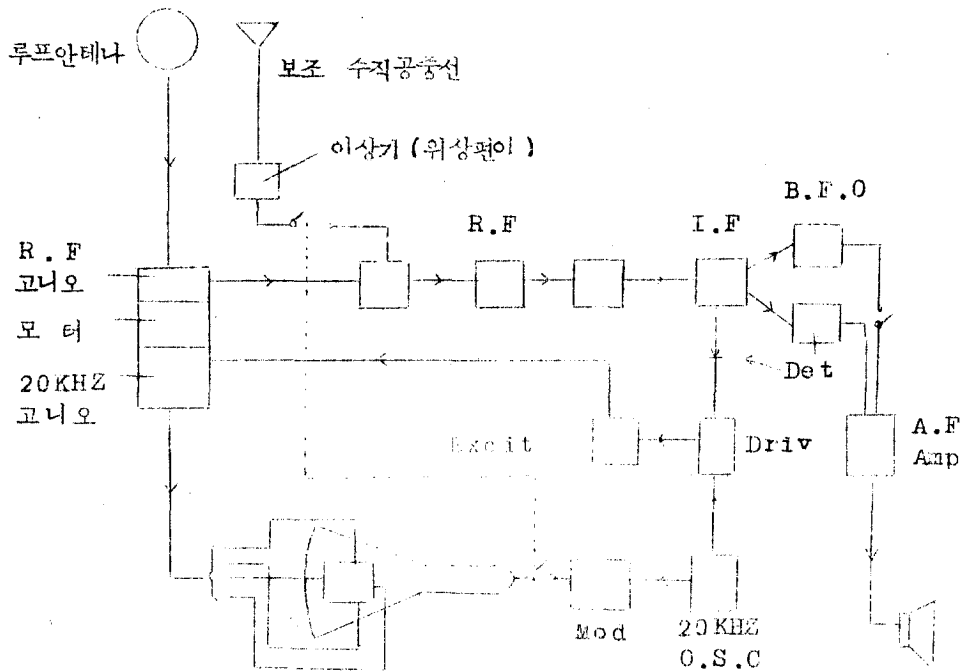


Fig. 6. 브라운관 적시식 D.F기 계통도

나. 지침식 방향탐지기

이 방식은 탐색코일 (Search Coil)의 출력전압에 의해 서보모터 (Servo Motor)의 회전을 제어한다. 탐색코일과 방향표시판의 지침 및 서보모터의 회전자가 연동하도록 되어 있어서 서보모터의 제자코일 F_1 에 수신기에서 만들어지는 135Hz의 저주파전류, F_2 에는 135Hz와 탐색코일에 유기된 도래전파와를 평형변조하여, 적파한 다음 이상 (移相) 회로를 거쳐 $\frac{\pi}{2}$ 라디안 만큼 위상을 편이시켜서 공급한다. 이 두 전류의 합성자속이 서보모터의 회전자계를 형성하여 서보모터를 회전시키게 된다. 만약 탐색코일의 출력이 없으면 즉 도래전파와 루프면이 90° 의 각을 이루는 최소감도지점이 되면 평형변조기에서 서보모터의 F_2 에 공급되는 전압이 0이 되어 서보모터는 회전을 멈추게 된다. 이때 탐색코일과 모터의 회전자와 연동으로 되어 있는 방향표시판의 지침은 도래전파의 방향을 가리키게 된다. 또 서보모터 회전자의 제동은 도래전파의 강도에 상응해서 발생하는 A, G, C 전압을 이용하므로 강한 전파를 수신하더라도 회전자 및 이와 연동하는 지침등이 과도하게 지나치지 않는다. 이 방식은 별도로 센스결정을 할 필요가 없으므로 자동방향탐지 (A, D, F)라고도 한다. 이 방식의 개략은 그림 7과 같다.

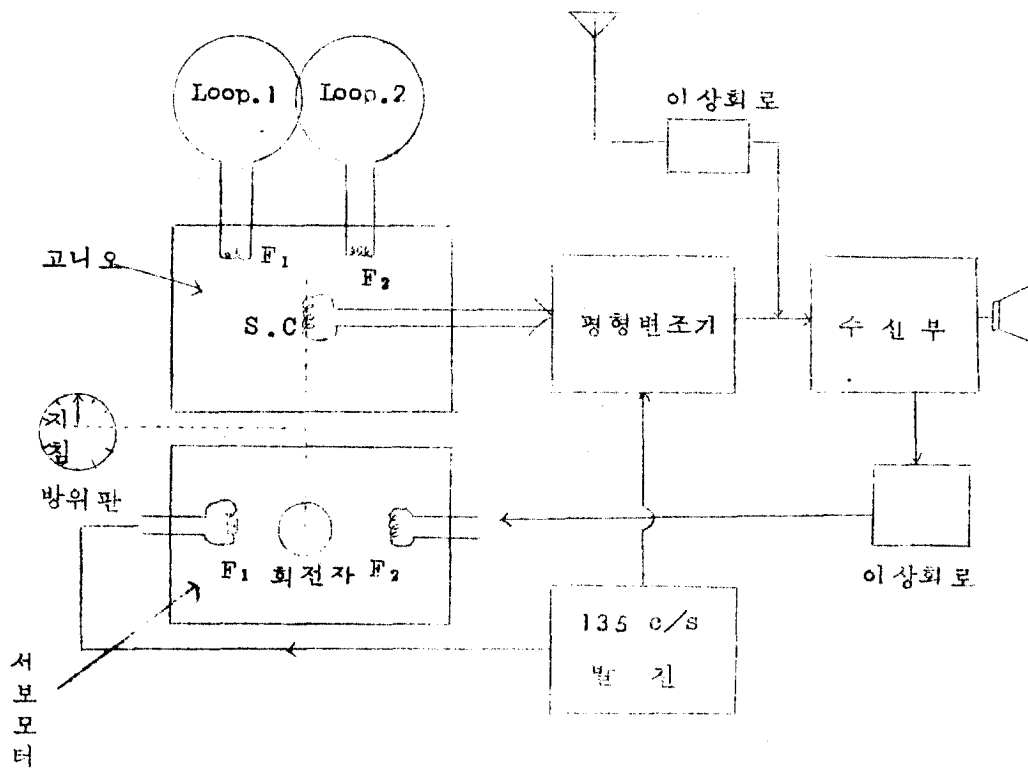


Fig.7 . 지침 기록 방식 계통도

5. 방탐 오차

모든 측정에 오차가 수반되듯이 방향 탐지에도 오차가 발생한다. 이를 종류별로 보면 다음과 같다.

가. 개인 오차

측정하는 사람에 따라서 발생하는 것이며 이는 불충분한 경험으로 인한 기기조작의 미숙, 장시간 근무로 인한 피로 등에 기인한다. 이는 청각적인 최소감도점 즉 제도비트로 방향을 결정할 때에 더욱 심하다. 시각적 표시방법으로 된 것은 방위판에 표시된 눈금에 의해 관측하게되므로 이 오차는 $\pm 1^\circ$ 를 넘지 않는다.

나. 기기 자체에 의한 오차

이에는 안테나 자체에 의한것, 고니오메터의 필드코일이 만드는 자계의 불평등으로 인한 오차가 있다. 이를 "시스템 에러"라고도 하며 안테나 엘레먼트 N-S, E-W의 비대칭 및 안테나 자체의 지면에 대한 불균형등으로 출력단자 사이에 전위차가 발생하여 이것이 그대로 증폭되고 방향결정시에 나타나서 오차를 야기시키는데 이를 최소점의 불명료라고 한다.

다. 부근 장애물에 의한것

이는 방탐 공중선 주위에 존재하는 여러가지 물체가 전파 전파의 방해, 전파의 반사등으로 발생하는 것이다. 예를 들면 고층건물, 고압전선, 기타 금속으로된 물체, 선박등에 설치

된 경우에는 선박의 마스트, 연통, 선체 (철선인 경우) 등에 의한 방해로 일어나는 것이다. 그러므로 방탐 안테나는 주위에 전파전파 장애물이 없는 평평한 곳에 세우는 것이 이상적이나 그런 장소를 구하기는 어려운 일이므로 주위 장애물에 의한 오차의 정도를 미리 파악, 분석하여 교정 곡선표를 만들어 두어야 한다.

라. 전파전파에 따른 오차

이는 피측정 전파의 전파경로의 복잡성에 기인하는 것으로 동일 지점에 기기를 설치하더라도 주파수, 입사각, 시간 및 계절에 따라 달라진다. 이에 는 해안선을 통과할때 및, 전리층을 통과할때 전파의 굴절 등으로 발생하는 것으로 운용자는 이런 조건을 잘 파악하여 측정을 반복, 평균치를 산정하므로써 신뢰할수있는 측정치를 확보할수 있도록 노력해야 한다.

Ⅲ. 방 위 측 정 기 의 주 요 성 능 및 그 측 정 법

1. 개 요

전파관리법 부속의 형식검정 시행규칙(체신부령 제 577 호 : 1976.7.9)에서 무선방위측정기의 합격기준을 보면 "A₁, 전파, A₂ 및 A₂H 전파 285KHZ 내지 535KHZ 까지의 주파수에서 방위측정을 할수있고 특정 방향과 이것에 대하여 180°의 각을 이루는 방향과를 감도비등에 의하여 판별할수있는 장치를 가질것, 다만 선박 설비규정 제 87 조에 의하여 비치는 것 이외의 선박국용 무선방위측정기의 경우는, 전신급은 A₁, A₂ 및 A₂H 전파 285KHZ 내지 325KHZ, 410KHZ, 500KHZ 및 2091KHZ의 주파수에 의하여, 전화급은 A₃, A₃H, A₂A 및 A₃H 전파 2182KHZ 주파수와 A₃ 전파 535KHZ 내지 1605KHZ 주파수에 의하여 방위측정을 할수있고 특정 방향과 이에 대하여 180°의 각을 이루는 방향과를 감도비등에 의해서 판별할수 있는 장치를 가질것"이라 규정되어 있다. 이는 국제 조난주파수및 무선측위 주파수등을 구비해야 하고 또 어디서나 손쉽게 이용할 수있는 표준 방송파대를 측정할수 있게 하여 선박의 안전항행에 도움을 주려는 것이다. 말미 부분은 전절에서 설명한 도래전파의 전후 방향을 결정하기 위한 장치 즉 Sense 회로를 말하는 것으로 이는 방위측정용 공중선 특성으로 보아 필요

불가결한 것이다.

2. 주요 성능 시험

가. 방위 측정 폭

방위 측정 폭이라 함은 동일한 조건하에서 동일한 시험주파수로 수차 측정하여진 수치중 최대치와 최소치의 차이를 말한다. 방위측정폭을 산출하기위한 기기의 배치는 그림 8 과 같다.

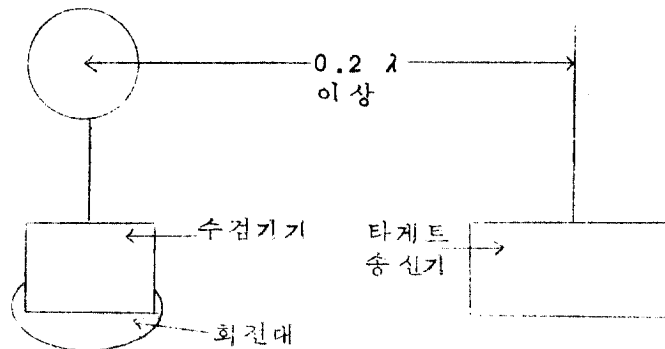


Fig. 8. 방위 폭 측정시의 기기 배치

그림 8 과 같이 외부잡음 전계강도가 $2\mu V/m$ 이하이고 전파교란이 적은 장소에 수검기기 및 송신기를 배치한 다음 수검기기의 위치에서 전계강도가 $50\mu V/m$ 가 되도록 타겟 송신기의 출

력을 가감한다. 규정의 시험주파수 (285KHZ, 410KHZ 및 535 KHZ) 및 전파형식 (A_0 , A_1 및 A_2 (1000HZ, 30 % 변조)) 으로 시험전파를 발사하고 매 시험주파수마다 5회 방위측정을 하여 그 최대치 및 최소치의 차를 산출한다. 이 수치가 6° 이 내에 있어야 한다.

나. 방위측정 오차

방위측정 오차라 함은 어떤 전파 발사원의 방위를 측정할 경우에 그 목표물의 진방위와 측정치와의 차이를 말하는 것으로 기기배치 및 시험주파수, 전파형식은 “가”와 같다. 수검기기의 공중선 위치에서 전계강도측정기로 측정하여 $1\text{mV} / \text{m}$ 가 되도록 타게트송신기의 출력을 가감하고 회전대의 눈금 0에서 전 방향에 대해 대략 균등한 각도로 회전하면서 방위를 측정한다. 매 시험주파수마다 방위를 측정하여 그 절대치가 최대로 되는 측정오차가 선박설비규정 제87조에 의해 설치한 기기는 $\pm 1^\circ$ 이내, 기타의 기기는 전신급은 $\pm 2^\circ$, 전화급은 $\pm 3^\circ$ 이내에 있어야 한다.

다. 신호대 잡음비

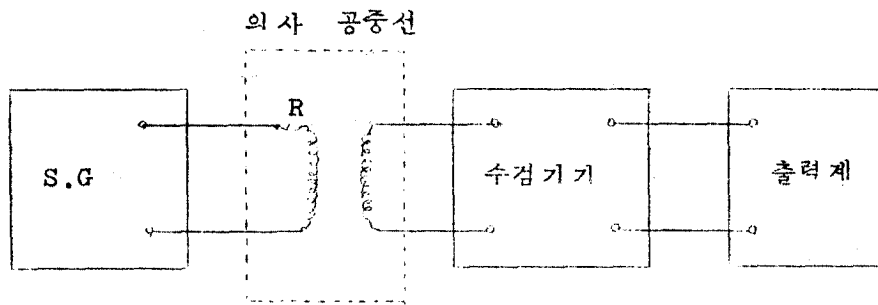


Fig. 9. S/N 측정시 기기결선도

신호대 잡음비를 측정하는 때의 기기결선은 그림 9와 같다.
이 때의 시험발진기 출력은, 실제의 공중선을 사용하여 전계강도 $50\mu\text{V}/\text{m}$ 의 전파를 수신하였을 때 공중선에 유기되는 전압으로 환산한 수치로 한다.

이를 시험 수신전압으로 한다.

시험발진기의 출력을 1000HZ, 30% 변조한 시험수신전압과 시험 주파수로 하여 수검기기에 인가하여 최대가 되도록 수검기기를 동조한다. 수검기기의 이득조절기를 조절하여 출력이 기기정격 출력의 $1/2$ 이 되도록하여 출력계의 지시치를 읽는다. 다음에 시험발진기의 출력을 끊고 (변조를 하지 않는 것을 말하며 반송파는 끊지 않는다) 이 때의 출력계의 지시치를 구하여 위의

수치와 비교한다. 이 차이가 10 dB 이상 되어야 한다.

라. 선택도 특성

회망파와 주파수가 인접한 불요 전파를 억압하는 성능을 말하는 것으로 측정시의 기기결선은 "선택"항의 S/N 측정시와 동일하다. 시험신호발진기와 수검기기를 최량의 동조상태로하여 출력레벨을 읽는다. 다음에 시험발진기의 주파수를 2KHZ (또는 13KHZ, 20KHZ, 30KHZ) 이상 변화시키고 시험발진기의 출력을 6 dB(66 dB) 증가한다. 시험발진기의 주파수를 서서히 증가시켜서 출력계의 지시치가 처음 지시치와 같이 될때의 주파수를 기록한다. 이 점은 시험신호의 상하 2개소를 측정하여 그 주파수 차를 구한치가 다음 표에 적합하여야 한다. 6 dB저하폭은 시험주파수에서 가까운 2 주파수, 66 dB저하폭은 시험주파수에서 가장 먼곳을 측정한다.

구 분	시 험 주 파 수 대	6 dB 저하폭	66 dB 저하폭
선박설비 규 정 제 87 조에 의거 비치하 는것	285 KHZ 내지 535 KHZ	2 KHZ 이 상	13 KHZ 이 내
기 타의 선박 국용 방위측 정기	285 KHZ 내지 325 KHZ 410 KHZ, 500 KHZ, 2091 KHZ	2 KHZ 이 상	13 KHZ 이 내
	2182 KHZ	3 KHZ 이 상	20 KHZ 이 내
	535 KHZ 내지 1605 KHZ	6 KHZ 이 상	30 KHZ 이 내

표 1. 선박국용 방위측정기 선택도 특성

마. 스프리어스 레스폰스

이는 주로 회망파 또는 기기의 중간주파수의 저, 고조파에 해당하는 전파의 억압능력을 말하는 것으로 “선풂”항의 선택도와는 그 의미가 다르다. 이를 측정할때의 기기결선은 그림 9의 신호대 잡음비를 측정할 경우와 같다. 시험수신전압을 가하였을때의 출력계의 레벨을 읽는다. 그 상태로 시험발진기의 주파수를 시험주파수의 3 배로 하고 출력을 40 dB 증가시켜서 수검기기에 가한다. 시험발진기의 주파수를 시험주파수에서 13 KHZ 떨어진 점까지 변화시키면서 위에서 읽은 출력레벨과 같은치 이상으로 되는 곳을 찾는다. 이때 시험발진기의 주파수를 변화하면 그 출력레벨도 조금씩 변하므로 + 40 dB를 유지하도록 레벨조절기로 보정을 한다.

다음에 시험발진기의 주파수를 수검기기의 중간주파수에 놓고 위와 같은 시험을 행하여 규정치인 40 dB까지 억압되지 않는 주파수가 있는가를 찾는다.

IV . 결 론

이 상으로 방위측정기의 이론및 성능시험법에 대하여 간단히 고찰하여 보았거니와 성능 시험시 정확을 기하기 위하여서는 인근 장애물로 인한 전파의 교란이 적고 평면, 건조한 대지 특히 혼신파 및 잡음이 적은 곳에서 시험함이 중요하다. 또 정밀한 회전대의 사용, 기기 결합시의 임피던스 정합등에 주의하여야 하며 진 방위를 알고있는 근거리 무선국중 직접 파를 수신하여 측정, 비교함으로써 시험시의 오차를 줄이도록 노력하여야 할것이다.

참 고 문 헌

1. 방향탐지기 와 한법 무선의 개요 : 鈴木省吾
2. 공중선 : 谷村 功
3. 무선공학 핸드북 : 오— 스자
4. 무선기기 : 大岡 茂