

RADAR 형식검정 방법 연구

차 례

1. 서론	177
2. 기초 이론	178
가. 원리	178
나. 구성과 동작	181
다. 주요 성능	182
3. 형식검정 방법	188
가. 기계적, 전기적 조건	188
나. 검정방법 및 시행요령	196
4. 결어	196

통신 기정 오 수한

통신 기좌 여 성규

전송 기사 이 진동

1 . 서 론

박쥐가 어두운 밤이나 동굴속에서 초음파를 발사, 그 반향을 탐지하여 장애물과 먹이를 찾는것에 착안하여 개발된 레이더는 오늘날 비약적인 발전으로 인류의 번영에 커다란 몃을 담당하고 있다.

1930년대에 영국에서 개발되어 2차대전을 겪으면서 크게 진보되어 현재 군사용, 기상용, 선박이나 항공기의 안전운항 또는 우주개발에 필요불가결한 기재로 등장하고있다.

우리나라에서도 이미 군사용, 기상용등으로 레이더가 널리 쓰이고 있는 지금 이에 대해 언급한다는 것이 새뜻은 감이 있으나 민수용(民需用) 특히 선박에 사용하는 소형 레이더의 수요가 점차 증가하고 있으므로 적절한 품질관리가 요청되고 있다.

이에 발맞추어 당 연구소에서도 레이더 형식검정을 위한 준비가 진행되고 있으므로 이의 원리및 검정방법등에 대해 간단히 살펴 보기로 한다.

2. 기 초 이 론

가. 원 리

1) 레이 다 의 거 리 측 정

전파를 반사하는 물체의 거리를 측정하는데는 여러 가지 방법이 이용되어 왔다.

광학적 거리측정법과 비슷하게 2대의 송, 수신기를 멀리 떨어진 곳에 두고 3각측량을 할 수도 있으나 이 방법은 정확한 각도 산출이 곤란하다.

이 보다 손쉬운 방법은 레이다에서 발사된 전파가 목표물까지 왕복하는데 걸리는 시간을 측정하면, 전파전파속도는 알고 있으므로, 전파발사원 측(레이다)에서 목표물까지의 거리를 알 수 있다.

이 방법은 현재 전리층 높이를 관측하는데 쓰이며 극히 짧은 시간에 순간적으로 동작하는 송신기로 목표물을 향해 펄스파를 발사하고 펄스발사로부터 에코(Echo) 펄스 수신시까지의 시간차에 의해 거리를 측정할 수 있다.

기본 원리는 그림 2.1과 같다.

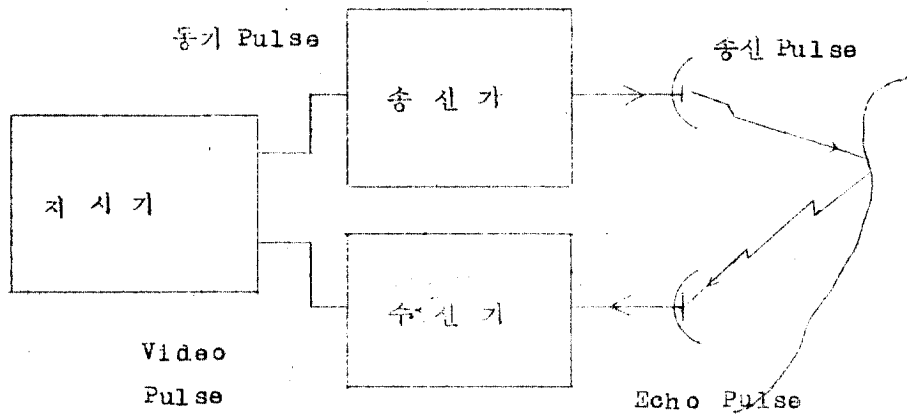


그림 2. 1 레이더의 거리측정

2) 방위 측정

레이더에 의한 방위측정은 고도의 지향성 안테나(전파를 집중적인 Beam으로 발사하고 특정 방향으로부터 도래하는 전파를 강력하게 수신할수있는 안테나)를 사용하면 가능하다.

즉 지향성 안테나로 최대의 에너지를 목표물을 향해 발사하고 수신 안테나로 최대의 Echo를 수신하면 목표물의 방위또는 양각(仰角)은 송, 수신안테나의 방향및 양각으로 알수있게된다.

보통 송, 수신에 1개의 안테나를 써서 지향성은 2배로 되고 최대방사축과 최대수신감도축이 자동적으로 일치되는 간단한 방법

을 쓰고있다.

이는 펄스발사로부터 Echo펄스 수신시까지 안테나가 흔들리지 않아야 더욱 정확한 측정을 할수가 있다.

또 송, 수신에 1개의 안테나를 이용할수있도록 T.R 장치 (Transmit-Receive Device : 송, 수 전환장치) 를 사용하여 펄스지속 시간 즉 송신중에는 안테나를 송신부에, 펄스휴지시간에는 수신부에 접속시키고 있다.

이를 그림 2.2에 보인다.

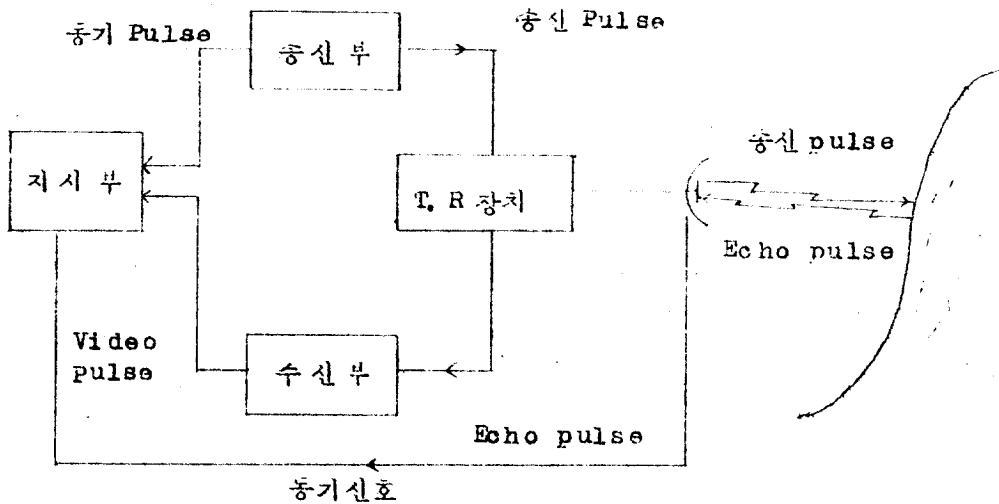


그림 2.2 안테나의 송, 수공부

나. 구성과 동작

1) 구성

그림 2.3에 대표적인 레이더의 구성도를 보인다.

이 그림에는 지시부에 A-Scope와 P. P. I 방식이 함께 그려져 있으나 간단한 레이더는 보통 1개 방식으로 되어있다.

2) 동작

A. 송신부 : 변조기 내부에 있는 수발진기의 발진주기에 따라 펄스형성회로에서 고압펄스를 만든다. 이 펄스는 송신용 발진관의 양극전원으로 사용된다.

펄스형성회로에서는 Trigger 펄스도 함께 만들어서 지시기로 보내진다.

B. 수신부 : 안테나에 도래한 에코펄스는 T. R 관을 통해 수신부에 공급된다.

이 펄스와 O. S. C의 출력을 혼합하여 검파하면 비데오 펄스가 얻어지며 이 비데오펄스는 C. R. T의 편향관에 공급된다.

C. 지시부 : 수신부에서 보내온 비데오펄스를 형광면상에 휘점으로 표시한다.

D. 안테나 기타 : 송신부에서 보내온 고압펄스를 동축케이블 또는 도파관을 통해 안테나에 공급한다.

이때 대전력펄스가 수신부에 들어가지 않도록 T. R 관이 작동한다.

또 수신된 에코펄스가 송신부 쪽으로 흘러들어가는 손실을 막기

위해 A. T. R 관을 쓰고 있다.

안테나 회전용 전동기는 안테나를 연속적으로 회전시키고 또 동기 신호를 P형 지시부에 보내서 방위 Servo 전동기를 동기회전시켜 안테나 방향과 C. R. T 상의 방위를 일치시킨다.

또 안테나 제어기로 전동기를 제어하여 임의의 방향에 고정시켜 두면 A형 지시부에 목표물까지의 거리가 표시된다.

다. 주요 성능

1) 최대 탐지 거리

레이다의 송신전력, 안테나의 직경, 사용하는 전파의 파장 및 목표물의 크기에 의해 좌우되며 안테나의 직경을 크게하는것이 가장 유효하나 이는 설치장소 및 구조상의 문제로 제한을 받는다.

이들을 관계식으로 보면 최대 탐지거리

r_{max} 은

$$r_{max} = \sqrt{\frac{P_t \cdot \sigma \cdot A_p^2}{9\pi \cdot \lambda^2 \cdot P_{rmin}}} \quad (m)$$

P_t : 레이더 출력 (W)

σ : 물체의 유효반사면적 (m^2)

A_p : 안테나 면적 (m^2)

λ : 사용전파의 파장 (m)

P_{rmin} : 최소 수신소요입력 (W)

가 된다.

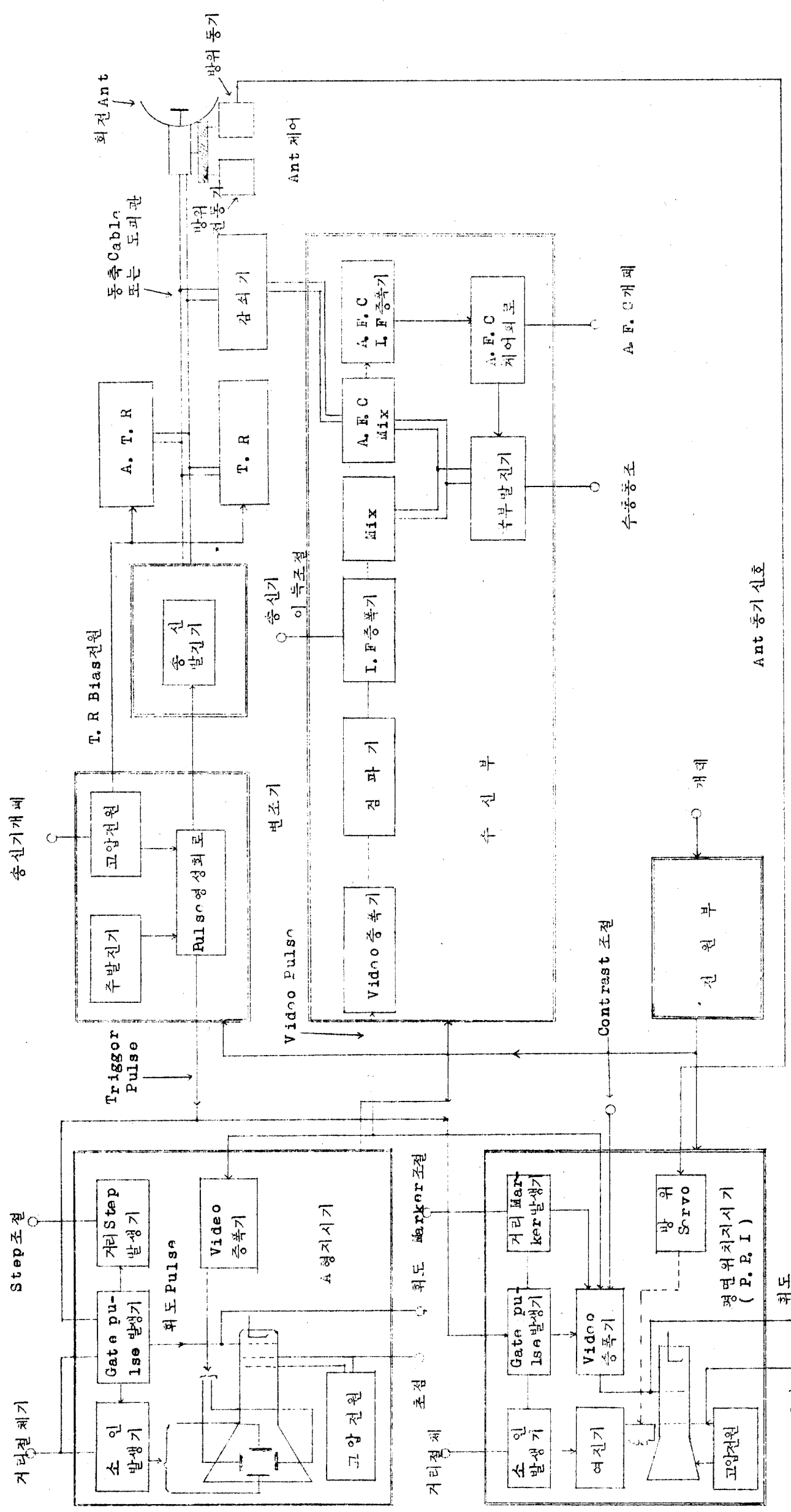


그림 2-3. 대표적인 Radar의 구성도

2) 최소 탐지거리

최소 탐지거리는 발사전파의 펄스폭, TR 및 ATR 장치의 회복 시간, 강력한 직접반사파에 의한 수신기의 포화, 발사전파의 Beam 폭등에 의해 결정되는 것으로 이들 가운데 발사전파의 펄스폭이 가장 큰 영향을 준다.

최소 탐지거리 r_{min} 은

$$r_{min} = \frac{v\tau}{2} \quad (m)$$

v : 전파의 전파속도 ($3 \times 10^8 \text{ m/S}$)

τ : 펄스폭 (S)

가 된다.

최소 탐지거리를 개선하기 위해 펄스폭을 좁게 하면 수신기의 대역폭이 넓어지게 되고 따라서 증폭도가 떨어져 최대 탐지거리가 짧아지므로 메이다의 용도에 따라 펄스폭을 적절히 선정하지 않으면 안된다.

특히 선박이나 항공기 등 움직이는 물체에 탑재한 메이다는 이동체 자체의 선후좌우 요동에 영향을 받으며 선박용 30 ~ 90 m, 기상용 150 m 정도가 많다.

3) 거리 분해능

동일한 방위 상에서 서로 떨어져 있는 2 개의 물체를 구분하는 능력을 말하는 것으로 거리 분해능 d 는

$$d = \frac{v\tau}{2} \quad (m)$$

v : 전파의 전파속도 ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

τ : 펄스폭 (S)

가 되어 최소 탐지거리와 비슷하다.

거리 분해능을 개선하기 위해 펄스폭을 좁게 하면 (2)에서 말한 이유와 다음 (5)에서 보는 바와 같이 출력이 문제되어 함부로 좁게 할수 없다.

그래서 근거리를 관측할때는 펄스폭을 좁게하여 거리분해능을 높이고 원거리를 관측할때는 펄스폭을 넓혀서 출력을 크게하는 방식도 있다.

4) 방위 분해능

같은 거리에 있고 서로 방위가 다른 2개의 물체를 구분할 수있는 최소의 방위각을 방위분해능이라고 한다. 이는 레이더안테나의 수평 Beam 폭에 의해 결정되는 것으로 지향성이 예민한 안테나, 파장이 짧은 전파를 사용하면 향상될수있으며 일반적으로 $1 \sim 3^\circ$ 가량이 많고 Slot Array 안테나를 쓰면 1° 이내로 개선하는 것도 가능하다고 한다.

5) 송신 전력

레이더에 사용되는 펄스변조파는 펄스지속시간에만 전력이 발사되고 휴지시간에는 발사되지 않는다.

또 1개 펄스의 전력은 $P \times \tau$ 가 된다. (P: 펄스의 첨두치, τ : 펄스폭)

그러므로 레이더의 발사되는 전력의 평균치 P_0 는

$$P_o = \frac{P \times \tau}{T} \quad (W)$$

P : 펄스의 첨두치

τ : 펄스폭

T : 펄스의 반복주기

가 되어 첨두치로 표시하게 되어있는 펄스파의 전력을 평균치로 환산하면 예상외로 작다는 것을 알수있다.

3 . 형 식 검 정 방 법

가. 조건

1) 기기의 구조 및 성능의 조건

기 기 의 종 류	조
선박에 설치하는 무선항 행용 레이다	1. P ₀ 전파 2.9 GHz 내지 3.1 GHz, 5.47 GHz 내지 5.65 GHz 및 9.32 GHz 내지 9.5 GHz의 전파를 사용 하는 것일것. 2. 무선설비규칙 제 84 조의 2 호, 3 호 및 4 호의 조건에 적합한 것일것.

2) 기기의 기계적, 전기적 조건

시 험 방 법	조
1. 진동시험 전진폭 3 mm로 진동수 0 에 서 500 회까지, 전진폭 0.75 mm로 진동수 500 회에서 1,500 회 까지 및 전진폭 0.2 mm로 진동수 1,500 회 에서 3,000 회까지의 진동 을 상하, 좌우 및 전후에	1. 기계적으로 지장없이 동작하고 파손, 발화, 발연등의 이상을 나 타내지 않을것 2. 시동 4분후(시험방법 3 및 4 호에 제기한 경우는 각각 정 하는 시간후) 다음의 전기적 조건을 충족시킬것 가. 지정 수파수 대역 폭은 다음표

<p>각각 30 분간 (10 분간의 주기로 저~고~저의 순서로 변화시킨다) 가 한후 규정된 전원전압을 인가하여 동작시켰을때</p> <p>2. 수수시험</p> <p>구명정국</p> <p>휴대무선전신기기의 3과 같다 (단 해수및 눈, 비에 노출되는 부분에 한한다)</p> <p>3. 연속동작</p> <p>통상의 사용상태로 24 시간 동작시켰을때</p> <p>4. 온도시험</p> <p>가. (+) 50 ℃의 온도에 3 시간 방치하고 그 상태로 규정의 전원전압을 가하여 2 시간 동작시켰을때</p> <p>나. (-) 15 ℃의 온도에 3 시간 방치한후 그 상태로 규정의 전원전압</p>	<p>에 규정한 범위 이내일것</p> <table border="1" data-bbox="724 315 1098 679"> <tr> <td>2.9GHz ~ 3.1 GHz</td><td>100 MHz</td></tr> <tr> <td>5.47 GHz ~ 5.65 GHz</td><td>120 MHz</td></tr> <tr> <td>9.32 GHz ~ 9.5 GHz</td><td>110 MHz</td></tr> </table> <p>나. 스프리어스 방사강도는 설비규칙 제5조의 규정에 적합할것</p> <p>다. 공중선전력의 허용전차는 설비규칙 제16조의 규정에 적합할것</p> <p>라. 주파수 허용전차는 설비규칙 제3조의 규정에 적합할것.</p> <p>마. 거리특성은 설비규칙 제84조 5항의 (가) 및 (나)의 조건에 적합할것</p> <p>바. 분해능은 설비규칙 제84조 5항의 (다)의 조건에 적합할것</p> <p>사. 정도는 설비규칙 제84조 5항의 (라)의 조건에 적합할것.</p>	2.9GHz ~ 3.1 GHz	100 MHz	5.47 GHz ~ 5.65 GHz	120 MHz	9.32 GHz ~ 9.5 GHz	110 MHz
2.9GHz ~ 3.1 GHz	100 MHz						
5.47 GHz ~ 5.65 GHz	120 MHz						
9.32 GHz ~ 9.5 GHz	110 MHz						

<p>을 가하여 30분간 동작 시켰을때 (해수 및 눈, 비에 노출되는 부분에 한한다) 다. (-) 10℃의 온도에 3 시간 방치하고 그 상태로 규정의 전원전압을 가하여 30분간 동작시켰을때 5. 습도시험 수파수 측정장치 1의 “다” 와 같다.</p>	
---	--

나. 검정 방법 및 시행 요령

1) 구조 및 성능의 조건

가) 전파형식 및 수파수범위 : 취급설명서 및 실체로 확인하고 특
히 회사 자체 시험수파수가 검사성적서에 기재되어 있는지를 확인
한다.

나) 완전동작 소요시간 : 취급설명서 및 실체로 4분이내에 기기
외 전능력을 발휘할수있는지 확인 한다 (예열시간 포함)

다) 불요표시 감소장치 : FTC, STC 장치 등이 갖추어져 있는지를
취급설명서 및 기기실체로 확인한다.

라) 선수방향 표시장치 : P형 지시방식인 경우에 브라운관에
그 배의 진행방향이 표시되는 장치를 갖추고 있는지를 취급설명서

및 기기설치로 확인한다.

2) 기계적, 전기적 조건

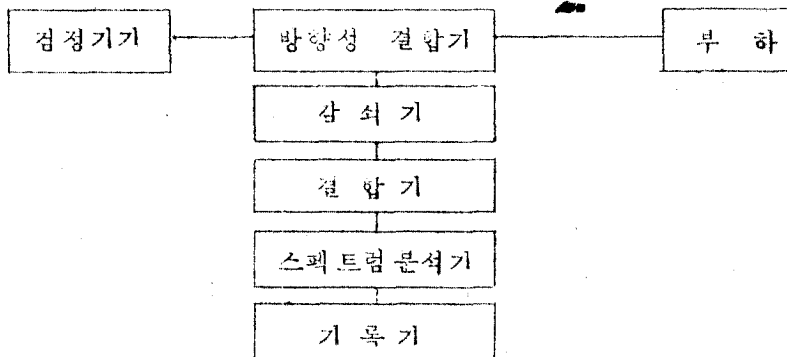
주수, 진동, 온도, 습도 및 연속동작시험을 행한후 각각 다음 사항을 확인한다.

가) 기계적인 동작상태 및 이상현상의 발생유무

나) 예정시간을 포함한 완전동작 소요시간을 측정한다.

다) 전기적 성능시험

① 점유주파수대 폭 측정

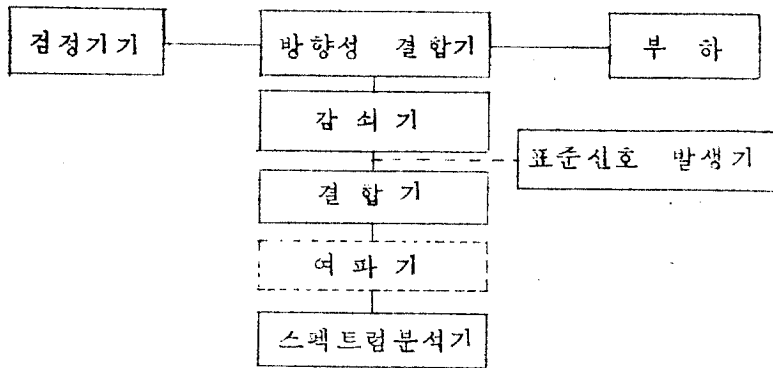


A. 그림과 같이 기기를 접속한다.

B. 감쇠기를 최대위치에서 적절한 지시가 될때까지 조절한다.

C. 기록기에 의해 방한지에 기록된 그래프에서 99.5% 대역의 수파수를 구한다.

② 스프리어스 발사강도 측정



A. 여파기를 제거하고 로그스케일로 기본파의 레벨을 측정한다.

B. 스펙트럼분석기의 주파수대를 천천히 변화시키며 기본파 이외의 출력이 있으면 그 레벨을 로그스케일로 측정한다.

※ 이때 기본파 제거용 여파기를 삽입하여 삽입치 않았을 때의 레벨과 비교하여 본다.

C. 점정기기의 송신을 중단하고 표준신호발생기의 주파수를 기본파에 맞추어 스펙트럼분석기에 넣어본다.

스펙트럼분석기에 기본파 이외의 것이 나타나지 않으면 상기 B는 스프리어스이다.

③ 공중선 전력의 측정

ㄱ. 공중선전력의 산출: 다음의 측정방법으로 평균전력, 펄스폭, 펄스반복주기를 측정하여 아래 식에 의해 점두전력으로 환산한다.

$$P_p = \frac{P_m}{\tau \cdot f_r}$$

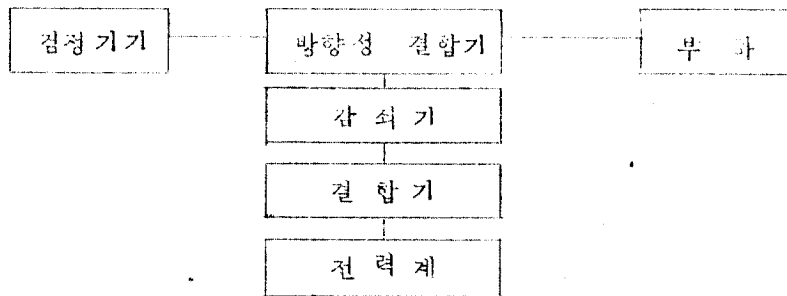
P_p : 침투전력 (W)

P_m : 평균전력 (W)

τ : 펄스폭 (S)

f_r : 펄스반복주기 (Hz)

ㄴ. 평균전력의 측정



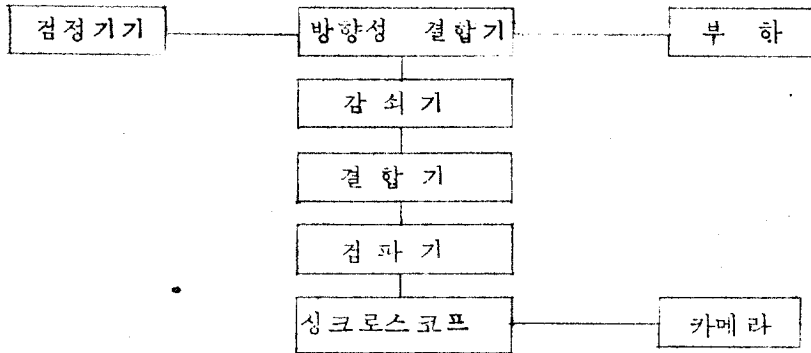
A. 감쇠기를 최대위치에서 전력계의 지시치가 적절히
되도록 조절한다.

B. 반복주기 및 펄스폭이 다른 각각의 거리レンジ에 대해
측정한다.

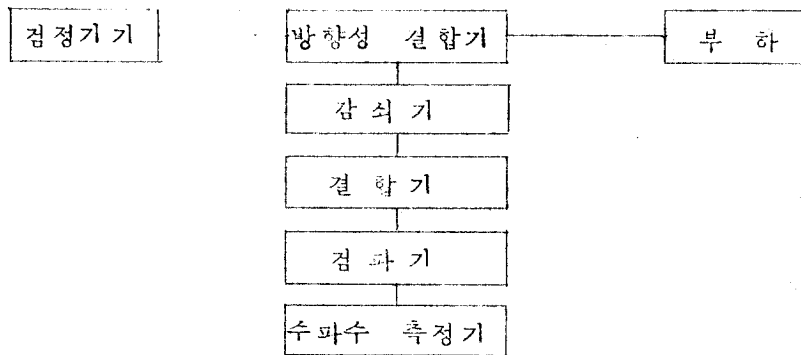
ㄷ. 펄스폭 측정

A. 감쇠기를 조절하여 싱크로스코프에 적당한 진폭이 나
타나도록해서 사진촬영한다.

B. 펄스폭이 다른 각각의 거리レンジ에 대해 측정한다.



ㄴ. 펄스 반복주기 시험

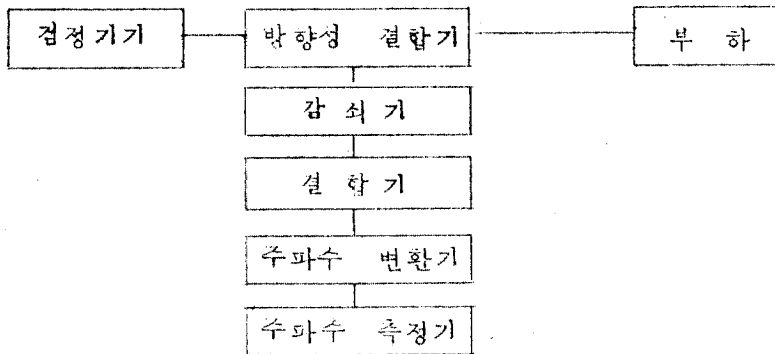


A. 점파기에 과대한 입력이 공급되지 않도록 감쇠기를 적당히 조절한다.

B. 반복주파수가 다른 각각의 데지에 대해 측정한다.

④ 주파수편차 측정

A. 감쇠기를 적당히 조절하고 30분 이상 측정을 행한다.



⑤ 거리특성 : 다음 자료에 의해 판정한다.

ㄱ. 유효 반사면적 $10 m^2$ 의 코너리프렉터를 $92 m$ 및 $3.7 km$ 에서 관측한 사진

ㄴ. 수신부의 잡음지수 및 중간주파대역폭

ㄷ. 공중선의 이득 및 수직, 수평 패턴

⑥ 분해능 : 다음 자료에 의해 판정한다.

ㄱ. 유효 반사면적 $10 m^2$ 의 코너리프렉터 3개를 등거리 상에 각각 2° 및 4° 떨어진 곳에 두고 관측한 사진

ㄴ. 유효 반사면적 $10 m^2$ 의 코너리프렉터 2개를 등방위 상에 $68 m$ 떨어진 곳에 두고 관측한 사진.

⑦ 정도 : 다음 자료에 의해 판정한다.

ㄱ. 유효 반사면적 $10 m^2$ 의 코너리프렉터를 $92 m \sim 3.7 km$ 떨어진 곳에 두고(진방위 및 실제거리를 결정해 눈 임의의 지점) 관측한 사진.

ㄴ. 전파의 편스폭, 안테나의 Beam 폭 및 위 ⑥의 분해능

4 . 결 언

이 상으로 레이다의 원리 및 형식검정에 대해 간단히 살펴보았거
니와 현재 전파법규에는 성능 및 구조상으로 중간형 정도의 것만
규정되어 있다.

또 판리국고시 제 466 호 (78. 9. 18) 로 소형레이다에 관해 언
급하고 있으나 이에 대한 기술기준이 아직 마련되어 있지 않다.

앞으로 소형 및 대형 또는 고성능의 것에 대한 기준등을 연구하
며 전파법규를 보완해야 할 것이다.

끝으로 형식검정에 필요한 설비 및 측정기등이 불비한 상태로
제반사항을 검토하였으므로 미흡한 점이 많으나 이 점은 시설이
갖추어 지는대로 실제 시험을 통해 수시로 보완해서 형식검정에
임하고자 한다.

참 고 문 헌

1. 레-타 工学의 基礎 吉村義弘
2. 레-타 工学(上, 中, 下) 萩野芳造
3. 日本国 型式檢定規則
4. " 無線設備規則