

Ku대역 전파고도계 체계점검장비 개발

김태훈^{*,1)} · 정진섭¹⁾

¹⁾ 국방과학연구소 제1기술연구본부

A Development of Missile System Test Equipment for Ku-Band Radar Altimeter

Taehoon Kim^{*,1)} · Jinseob Jeong¹⁾

¹⁾ The 1st Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea

(Received 6 July 2015 / Revised 2 October 2015 / Accepted 6 November 2015)

ABSTRACT

For performance improving of C-band radar altimeter used in a missile system, Ku-band radar altimeter is developed. To utilize the time delay devices which are used in testing C-band radar altimeter, we proposed C-band and Ku-band frequency conversion method and implemented it as a part of missile system test equipment. In this paper we present design contents, development results and test application results of radar altimeter test equipments.

Key Words : Performance Improvement(성능 개량), Ku-Band(Ku대역), Radar Altimeter(전파고도계), Frequency Conversion(주파수 변환), Altitude Simulator(고도모의기)

1. 서 론

순항 유도무기 계열 탑재장비 중 전파고도계는 상대 고도를 측정하기 위해 사용된다¹⁾. 해면 혹은 지면으로 전파를 방사하고 되돌아온 수신 신호와의 시간차를 계산하여 거리를 측정하는 것이 전파고도계의 운용 원리이다. FM 변조 파형을 송신하고 수신파와의 혼합을 통해 차 주파수를 추출하고 해당 주파수를 추적하는 FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave) 방식의

전파고도계가 국내외에서 널리 사용되고 있다.

전파고도계에서 사용하는 주파수는 유도무기에서 요구되는 기능 및 성능 수준에 따라 결정된다. 유도무기 동적 특성에 따른 운용가능 빔 폭이나 요구되는 오차율이 그 예이다. 예를 들어 함대함 유도무기에 적용된 전파고도계는 $\pm 00^\circ$ 수준의 수신 가능 빔 폭에 측정고도대비 $\pm 0\%$ 의 오차율을 가지는 기능 및 성능이 요구될 수 있고, 그것을 만족하기 위한 주파수로 C대역을 선택할 수 있다. 물론 빔 폭이 작아질수록 조향하는 범위가 작아지므로 오차율이 작아지는 특성을 보이긴 하지만 그에 따라 안테나의 크기가 커져야하는 불리함이 발생하므로 유도무기에서 수용하기 적합한 개발

* Corresponding author, E-mail: gayowayo@add.re.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

요구사항의 도출이 중요하다.

진화적 성능개량의 대상으로 유도무기 체계 내의 전파고도계도 대상이 될 수 있다. 이 때 위의 예시와 같이 기존보다 작은 빔 폭을 요구한다거나 작은 오차율이 요구된다고 해서 안테나의 크기만 크게 키우는 것은 유도무기 형상 설계 관점에서 바람직하지 않다. 안테나의 빔 폭을 약 $1/n$ 수준으로 줄이기 위해서는 안테나의 개구면적이 n^2 배 가량 커져야 하는데^[2], 이를 보완하는 방법으로 사용 주파수 대역을 n 배 이상 높이면 된다. 본 논문에서 제시하는 점검장비의 피시험체는 C대역 전파고도계보다 온도 변화 등의 환경에 강건하고, 측정 오차율도 2배 이상 향상된 Ku대역 전파고도계이다. 전통적으로 사용되던 C대역보다 높은 주파수에는 Ku대역, Ka대역 등이 있지만 Ka대역 이상의 높은 주파수 대역 사용 시에는 신호처리에 넓은 대역폭이 필요하고 구름, 강우 등에 취약한 단점이 있다^[3]. 이에 개량형 전파고도계는 Ku대역을 사용 주파수로 선택하였고 Ku대역 중 항공용으로 이용이 가능한 주파수를 활용하여 개발을 수행하였다^[4].

C대역 전파고도계는 유도무기에 사용이 적합하도록 개발되었고 이후 양산까지 수행되었다. 유도무기 생산 과정에서 전파고도계의 기능 및 성능을 확인하기 위한 체계점검장비도 개발되어 규격화를 완료하였다. Ku대역을 사용하는 성능이 개량된 전파고도계가 개발되면 이에 대한 체계점검장비 역시 필요하다. 점검장비의 개발에 고려할 요소 중 하나는 성능 개량 전파고도계도 배치 후에는 기존의 전파고도계가 운용되는 정비창과 동일한 장소에서 운용된다는 것이다. 본 논문에서는 Ku대역 전파고도계 체계점검장비의 설계 및 구현에 대한 개발 과정 그리고 점검장비를 활용한 시험 결과에 대해 기술한다. 특히 기존 C대역 전파고도계 체계점검 개념에 주파수 변환 기법을 접목함으로써 진화적으로 체계점검장비를 개발하는 기법을 제시하고자 한다.

2장에서는 전파고도계 체계점검 관련 연구를 검토하고 기존의 C대역 전파고도계 체계점검 개념을 기술한다. 그리고 Ku대역 전파고도계 체계점검장비의 개발 방안을 검토하여, 기존 장비와의 호환성 및 운용자 편의성이 고려된 장비 개발 방향을 제시한다. 3장에서는 체계점검장비 개발을 위한 기반 기술에 대해 언급하고, 전파차폐기 및 주파수변환장치의 설계 및 구현 사례에 대한 상세 설명을 한다. 4장에서는 전체 내용을 종합하고 결론을 맺는다.

2. 체계점검장비 개발 방향

2.1 전파고도계 점검장비 관련 연구

전파고도계의 기반 기술은 위성 탑재를 통한 물리학 응용 분야^[5], 도플러 주파수 추정을 통한 유속 측정 응용 분야^[6] 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 항공기나 유도무기에 탑재하는 전파고도계는 미국의 Honeywell 사 등에서 양산하여 판매하고 있다. 전파고도계 성능 점검은 광지연선을 활용하여 가장 중요한 고도측정정확도 등을 확인한다^[7].

유도무기체계에 적용하여 점검하는 방법은 각 체계의 특성에 맞는 장비를 구현해야 하므로 케이스마다 열거하기는 어렵다. 다만 단품 점검과 핵심 기능 확인은 유사하게 수행하되 조립된 상태에서 전파 경로를 형성할 수 있도록 장비를 구성해야 하는 점은 체계점검장비들의 공통점일 것이다. 이 공통점을 기반으로 개발된 기존 C대역 전파고도계 체계점검장비의 구개발 현황을 먼저 살펴보고, 이를 발전시키는 Ku대역 전파고도계 체계점검장비 개발 방안을 제안한다.

2.2 C대역 전파고도계 체계점검장비

C대역 전파고도계의 체계 점검 시에는 유도조종장치의 명령에 따른 전파 송신 기능과 고도측정오차 성능을 확인한다. 체계점검의 특성 상 전파고도계 구성품인 본체, 안테나, 케이블을 모두 기체에 조립한 상태에서 점검을 수행해야 하기 때문에, 전파 경로를 간섭 없이 확보할 수 있는 하드웨어 구성이 필요하다. 전파고도계의 체계점검을 위한 구성은 Fig. 1과 같다.

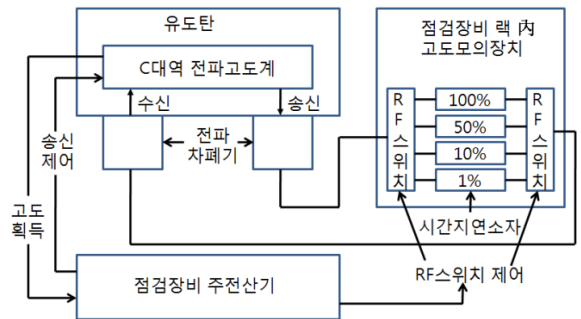


Fig. 1. Block diagram of test equipments for C-band radar altimeter

레이다의 안테나로 Monostatic 타입을 사용하는 경우도 있지만 운용중인 전파고도계 안테나가 송신 및 수

신의 2개로 구성되어 있는 bistatic 형태이기 때문에 송신안테나의 전파를 수신할 수 있는 안테나 및 수신안테나에 전파를 송신할 수 있는 안테나가 각각 필요하다. 각각의 안테나는 direct coupling을 방지하기 위한 전파차폐기의 하단에 부착되어 있다. 송수신 안테나 간 경로 상에 고도를 모의하기 위한 장치가 필요한데, 짧은 경로는 케이블을 해당 거리만큼의 시간 지연이 발생하도록 감아서 구성할 수 있지만, 긴 경로에 대해서는 케이블 감쇄값이 크기 때문에 케이블로 고도를 모의하기는 힘들다.

이에 대한 대안으로 사용하는 장치 중의 하나가 TELEDYNE MICROWAVE에서 생산되는 BAW(Bulk Acoustic Wave) 시간지연소자이다. BAW 지연소자는 RF 입력 신호에 대해 Fig. 2와 같은 지연 특성을 가지도록 설계가 되어 특정 거리에 해당하는 전파 시간 지연을 구현할 수 있다. C대역 전파고도계 체계점검장비에서는 체계 운용 최고 고도 대비 100%, 50%, 10%, 1% 수준에 해당하는 시간 지연 소자를 적용하였다. 송수신 전파의 감쇠 특성이 거리대비 비선형적으로 변하기 때문에 대표성을 가지는 4개의 거리를 선정 한 것이다.

4개의 지연소자는 Fig. 1의 고도모의장치 내부에 장착되고 점검장비 주전산기에서 RF스위치를 제어하여 원하는 고도모의 경로를 형성한다. 점검장비 주전산기는 전파고도계의 송신을 제어하고 고도 측정 결과를 수신함으로써 전파고도계의 기능 및 성능을 확인하는 절차도 수행한다.

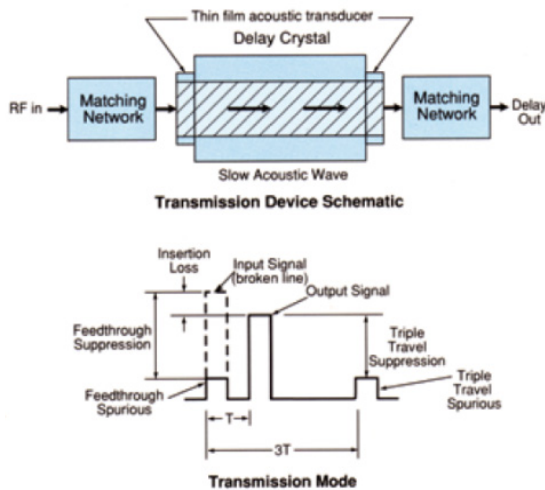


Fig. 2. BAW delay device's characteristic^[8]

2.3 Ku대역 전파고도계 체계점검장비 검토

C대역 체계점검장비를 바탕으로 Ku대역의 성능 개량된 전파고도계의 체계점검장비 구현 방안을 검토하였다. 점검장비의 구성품 중 전파차폐기는 송수신 안테나가 부착되어 있기 때문에 C대역 안테나가 아닌 Ku대역 안테나를 적용해야 하는 관계로 반드시 변경을 해야 하는 부분이다. 따라서 전파차폐기 내에 부착된 송수신 안테나 사이의 고도 모의 경로를 어떻게 구현할 것인가가 주된 검토사항이 되었다.

가장 먼저 생각할 수 있는 구현 형태는 C대역 체계점검장비에서 고도 모의를 위한 지연소자를 Ku대역에서 동작하는 것으로 교체하는 것이다. 하지만 성능 개량 전파고도계가 사용하는 Ku대역의 특정 범위 주파수에 대해 동작하는 기성품 지연소자가 거의 없는 제한점이 존재하였다. 즉 C대역에서는 동작 주파수에 대해 시간 지연을 4가지 이상 선택할 수 있었으나 원하는 Ku대역 주파수에서는 적절한 지연 시간의 선택 옵션이 없었다. 물론 해외 업체에 주문 생산을 하면 확보가 가능할 수도 있겠지만, 제작 구매 비용이 상당할 것은 물론 많은 사용이 없는 도입 제품을 규격화하였을 때 향후 수급에 문제가 있을 것이 분명하였기 때문에 올바른 접근이 아니라고 판단하였다.

다음으로 검토한 고도 모의 방안은 주파수변환을 통해 C대역 거리지연소자를 활용하는 것이다. 즉 Ku대역의 송신 전파를 C대역으로 변환하여 C대역 거리 지연소자를 통과한 다음, 다시 Ku대역으로 변환하여 전파고도계의 수신부로 전달한다. 이를 도식화하면 Fig. 3과 같다.

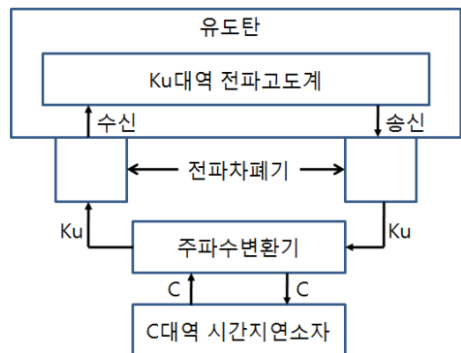


Fig. 3. Block diagram of frequency conversion

Fig. 3에서 주파수변환기는 송수신 차폐기에 부착된 신호 픽업 안테나 사이를 연결하여 C대역의 거리지연

소자를 사용할 수 있게 하고 있다. 기존 전파차폐기에 존재하지 않던 장치이기 때문에 송신용 전파차폐기에 주파수변환기를 부착하여 일체형으로 제작하는 개념으로 검토하였다.

C대역 시간지연소자는 기 개발된 체계점검장비의 모의장치 랙의 일부로 포함되어 있어서 해당 소자를 변경하거나 랙의 구성을 다르게 하게 되면 정비 교범을 포함한 기 규격화 자료의 상당 부분을 변경해야 하고, 군 정비창에 배치된 장비를 많은 부분 수리해야 하는 추가적인 부담이 있다. 반면 주파수변환기를 포함한 전파차폐기 부분만 신규로 개발하여 적용하면 규격화 시 별도의 치구로 추가만 하고 정비창에도 추가 생산 배치만 하면 되기 때문에 성능개량 특성파도 부합하는 방식의 접근법이라 볼 수 있다. 이에 Ku대역 전파고도계 체계점검장비는 주파수 변환 기법을 활용하여 구현하기로 결정하였다.

3. 체계점검장비 개발 내용

3.1 주파수변환기 관련 기술

C대역과 Ku대역의 주파수변환과 관련된 기술은 전파고도계 성능 개량의 기초 연구로서 기 수행된 바가 있다⁹⁾. C대역 전파고도계의 본체는 그대로 활용하되 주파수변환기와 안테나의 신규 개발 및 적용으로 센서로서의 기능 및 성능을 체계요구수준에 적합하도록 성능 개량하는 방법이었다.

전파고도계 본체에서 송신하는 C대역 전파를 Ku대역으로 상향 변환하고 Ku대역 안테나를 통해 실 환경에서 시간 지연을 시킨다. 다시 안테나를 통해 수신한 Ku대역 전파를 C대역으로 하향 변환하여 전파고도계 본체에서 인식 가능한 신호로 입력을 받는 과정을 통해 고도를 측정한다. C대역 전파고도계 본체는 개발 이후 상당량 양산을 수행하였고 실제 환경에서 운용을 해왔기 때문에 간단한 주파수 변환을 통해 성능을 높일 수 있는 방안을 제시한 것이다.

이 기술을 근간으로 Ku대역 전파고도계 체계점검장비의 주파수변환기를 설계하였다. 상향/하향 변환의 순서 및 주변 환경이 조금 다를 뿐 핵심 개념은 같다.

3.2 개발 내용

3.2.1 설계

주파수 변환 개념을 적용하면 C대역 전파고도계 체

계점검장비와 큰 단위의 구성품은 거의 같게 된다. 송수신 안테나를 포함한 전파차폐기, 주파수변환기, 고도모의장치 및 연결케이블로 구성되고 각각 구성품에 대한 최소 요구 사항을 Table 1과 같이 설정하였다.

전파차폐기는 원기둥의 유도탄 형상 Fig. 4와 같은 개념으로 장착할 수 있도록 형상 설계를 하였다. 동체와 맞닿는 모서리는 전파흡수체를 적용하여 누설 전파가 없도록 하였고 차폐기 내부에도 마찬가지로 전파흡수체를 적용하여 밑바닥에 붙어있는 픽업 안테나로만 전파 경로가 형성되도록 설계하였다. 그리고 유도탄 송신 안테나 쪽 전파차폐기에 주파수변환기를 일체형으로 부착하여 운용상의 편의를 고려하였다.

Table 1. Test equipment requirements

항목		요구 규격
전파차폐기	형상	유도탄 동체와 유격없이 고정 유도탄 조립대 상 운용 가능 전파차폐기를 부착
	차폐량	OO dB 이상
	안테나	전파고도계 안테나와 동일
주파수변환기	기능	Ku대역↔C대역 상호 변환 가능
	대역폭	전파고도계 운용 대역폭 이상 (> 000 MHz)
	이득	±0 dB
	운용환경	220VAC 입력, 주로 상온
고도모의장치		C대역 고도모의장치 동일 이용
케이블		감쇄율 0 dB/m 이하

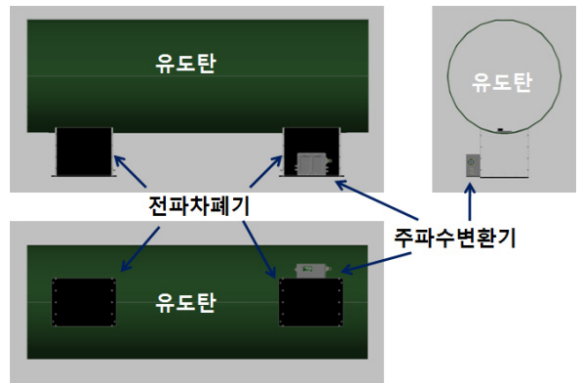


Fig. 4. Figure of isolators

주파수변환기의 외부 연결을 위해 Ku대역 픽업안테나들과 연결할 수 있는 Ku대역 입력/출력 연결기가 필요하고, 거리지연소자와 연결하기 위해 C대역 입력/출력 연결기가 필요하다. 여기에 주파수변환기 내부 모듈을 작동시킬 수 있는 외부전원공급용 연결기를 장착하였다.

주파수 변환 기능 구현을 위한 내부 회로는 Fig. 5와 같이 설계하였다. 전체 경로의 잡음 특성은 약 00 dB이고, 이득은 0 dB 정도로 설계하였다. 케이블 및 BAW 소자의 감쇄까지 고려하면 전체 경로 고려 시 최대 -00 dB 정도의 감쇄가 발생할 수 있다.

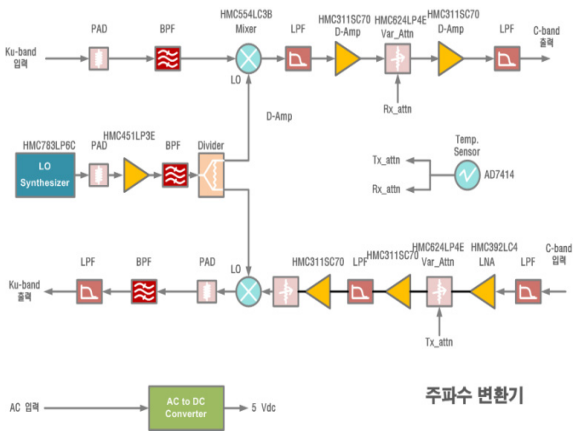


Fig. 5. Block diagram of frequency converter's inner modules

주파수변환기의 간략한 운용 과정은 다음과 같다. 먼저 전파고도계 송신 안테나로부터 Ku대역 송신 전파가 주파수변환기에 입력이 되면 대역통과필터를 거쳐 믹서에 입력된다. 이 믹서에는 C대역 지연소자의 사용주파수로 하향 변환하기 위한 국부발진기의 입력 신호가 함께 입력된다. 믹서의 출력 신호는 저주파통과필터 및 신호 크기를 맞추주기 위한 앰프, 감쇄기 등을 거쳐서 시간지연소자의 입력단으로 출력된다. 시간지연소자를 거쳐 주파수변환기의 입력단으로 들어온 전파는 필터 및 앰프 등을 거쳐 전파고도계 Ku대역 수신단으로 출력하기 위한 믹서에 입력된다. 송신 신호 처리 시 믹서로 입력되었던 동일한 국부발진기의 신호를 믹싱한 후 필터링을 통해 최종 출력신호를 내보낸다.

회로 설계 시 고려한 점 두 가지를 언급한다. 먼저 FMCW 방식의 전파고도계이기 때문에 송수신 경로

상에 송신 주파수에 대한 왜곡이 생기면 안 됨을 고려하였다. 즉 주파수변환기 입력 신호 대비 출력 신호는 시간 지연만 발생할 뿐 주파수 천이가 생기면 안 된다는 것이다. 이는 수신부와 송신부에 사용하는 믹서에 입력하는 국부발진기를 하나로 사용함으로써 달성할 수 있다. 외란이나 환경변화에 따라 국부발진기의 주파수 변화가 발생하더라도 동일한 장치를 기준으로 하향 변환, 상향 변환을 수행하기 때문에 최종 출력단의 주파수는 전혀 변화가 발생하지 않는 것이다. 물론 국부발진기 주파수의 변화에 따라 C대역 시간지연소자의 입력 주파수는 변화가 생길 수 있지만, 소자 자체의 대역폭이 주파수 변화량 보다는 넓기 때문에 문제가 생기지는 않았다.

다음은 주파수변환기에 사용된 소자들이 온도에 따라 이득이 변하는 특성이 있음을 감안해서 설계하였다. 상온에서는 전체 경로의 감쇄값이 AdB이지만 온도 변화에 따라 -40 °C일 때는 최대 BdB, 85 °C일 때에는 최소 CdB까지의 이득 변화가 있음을 반영해야 전파고도계가 정상 동작할 수 있는 범위로 신호의 세기를 유지할 수 있다. 이에 주파수변환기 내에 온도센서를 통해 계측한 온도를 바탕으로 Fig. 6과 같이 온도 보상을 할 수 있도록 가변감쇄량을 조절하였다. 이는 Ku대역 전파고도계 내부 회로 설계 시에도 감안된 부분이다. 점검장비의 특성상 유도탄 탑재장비 보다는 극한 환경에 노출될 가능성은 거의 없지만 장비 최적화 관점에서 설계에 반영한 것이다.

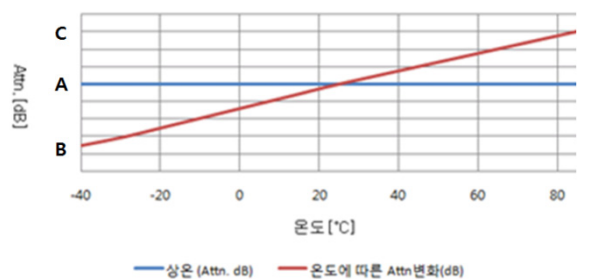


Fig. 6. Compensation of attenuation according to the temperature change

3.2.2 제작

Ku대역 전파고도계 점검장비 중 고도모의장치는 기 제작된 부분이기 때문에 신규로 적용하는 전파차폐기와 주파수변환기 제작 형상을 제시한다. Fig. 7에서 볼 수 있듯이 전파차폐기는 조립대 레일에 얹은 다음 동

체에 밀착시키기 위해 높낮이를 조절할 수 있는 회전형 높낮이 조절기를 하부에 장착하였다. 주파수변환기도 전파차폐기 한 개소에 붙여서 조작의 편의성을 제고하였다. 주파수변환기의 세부 설계를 진행하면서 운용자의 편의성을 높이기 위해 C대역 연결기는 SMA 타입 대신 손으로 다룰 수 있는 N타입을 적용하였다.

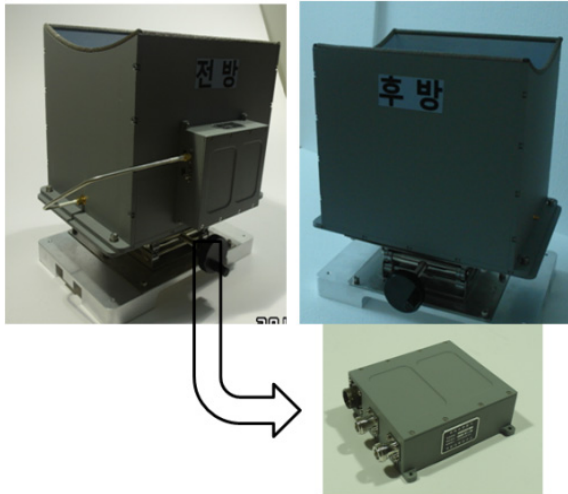


Fig. 7. Real figure of test equipments

3.2.3 자체점검

제작품의 기능 및 성능이 요구한대로 구현되었는지를 확인하기 위한 자체점검을 수행하였다. 전파차폐기에 부착된 픽업 안테나와 주파수변환기, 그리고 연결용 Ku대역/C대역 케이블까지의 경로가 원하는 수준의 감쇄수준으로 제작되었는지를 확인하는 과정이다.

자체점검은 Fig. 8과 같은 개념으로 수행한다. 네트워크분석기의 C대역 2포트 전파 손실을 측정함으로써 설계 대비 제작품의 제작성을 평가한다. 자체점검 시에는 전파차폐기를 눕혀서 픽업안테나 사이의 전파경로를 형성하여야 하기 때문에 안정적이고 누설이 없는 점검을 위해 Fig. 9와 같은 전파차폐기 받침대를 제작하였다.

자체점검 결과 전파차폐기에 부착된 안테나 사이의 커플링은 자유공간 감쇄를 반영하여 DdB 수준이지만 전체 경로의 감쇄값은 EdB 정도로 측정되었다. 이는 안테나, 주파수변환기, 네트워크 분석기 등과 연결되는 케이블의 길이를 고려하였을 때 상대적인 감쇄 편차는 타당한 수준이기 때문에 설계 의도대로 제작되었다고 판단할 수 있었다.

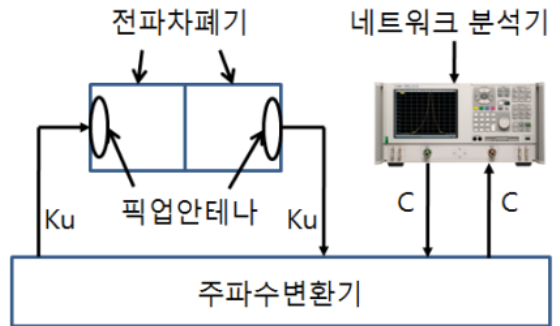


Fig. 8. Block diagram of self test

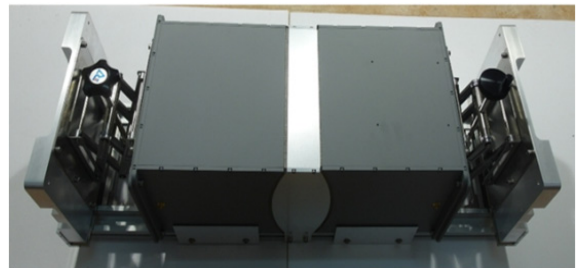


Fig. 9. Real figure of isolators and their holder

3.2.4 체계점검 적용

자체점검 이후 Ku대역 전파고도계의 체계점검에 적용하여 기능 및 성능이 정상적으로 발휘되는지 확인하였다. 이 때에는 Fig. 1에 Ku대역 점검을 위한 전파차폐기를 장착하였다.

주전산기로 시간지연소자 연결 RF스위치를 제어하여 원하는 고도를 선택하게 하고 각각의 고도 모의에 대해 설정한 오차 수준 이내의 값을 전파고도계가 출력하는지를 확인하였다. 전파고도계 제작품마다의 측정 품질 차이가 존재할 것이기 때문에 고도측정에 적합한 수준의 전파경로 모의를 수행하는지를 평가하기 위해서는 다수의 제작품에 대해 점검을 수행해야 한다. 실제 전파고도계 제작품 10여대에 대해 점검을 수행하여 점검장비를 체계점검에 사용함에 문제가 없음을 확인할 수 있었다.

체계점검 시 부품의 고장 이외에 고도모의에 문제가 생길 수 있는 부분은 전체 전파경로를 거친 후 신호의 크기가 전파고도계의 수신에 적절하지 못하게 되는 경우에 발생할 수 있다. 정상적인 체계점검 구성이 이루어진 경우에 4가지 고도모의 시 전파고도계 내부 수신 모듈에서 측정되는 주파수 스펙트럼은 Fig. 10과 같다. 100%, 50%, 10%, 1% 고도모의 시 수신신호

의 크기는 각각 FdBm, GdBm, HdBm, IdBm 수준이다. 전파고도계 내부 수신 모듈에서의 최저 수신 감도가 (F-10)dBm이고 IdBm도 신호 포화범위 내의 값이므로 고도모의 시 안정적인 마진을 가지고 동작함을 확인할 수 있다.

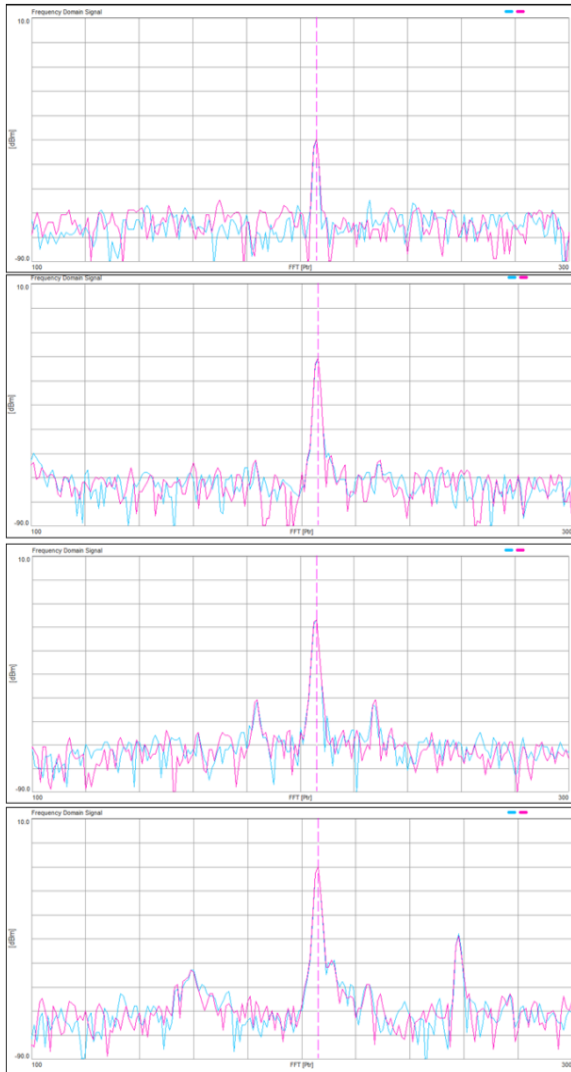


Fig. 10. Frequency spectrum according to altitude simulation(100 %, 50 %, 10 %, 1 %)

체계점검 시 전파차폐기를 유도탄 동체에 수동으로 밀착하기 때문에 유도탄이 롤 방향으로 회전되어 있거나, 차폐기의 중방향 정렬을 제대로 하지 못하면 상대적으로 유도탄의 안테나와 전파차폐기 내 픽업안테나

간 커플링이 약해지는 경우가 발생할 수 있다. 결과적으로는 전파고도계가 정상적인 고도 추적을 유지하지 못하여 점검에 실패하게 되는데 이 때의 주파수 스펙트럼을 보면 Fig. 11과 같은 형태가 된다. 비정상적인 안테나 간 정렬로 인해 수신단 입력 신호의 크기가 (F-17)dBm 정도까지 떨어질 수 있음을 확인할 수 있다. 즉 점검 중 전파고도계의 고도 측정에 실패할 경우에 점검 시스템 구성 및 전파고도계의 고장을 우선적으로 의심해야하겠지만, 그것들이 정상일 경우에는 전파차폐기의 장착 및 안테나 간 정렬 상태가 양호한지 확인하는 고장배제 절차를 2차로 고려해야 하는 것이다.

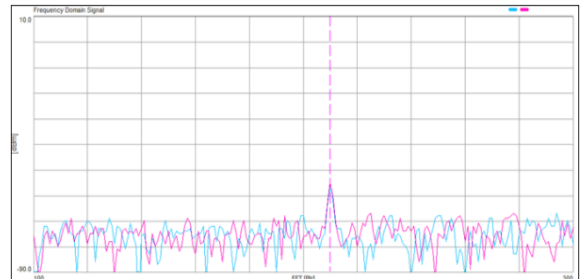


Fig. 11. Frequency spectrum of abnormal case

4. 결론

유도무기 성능개량은 하드웨어 및 소프트웨어 전반에 걸쳐 진화의 개념으로 추진된다. 그 중 C대역 주파수를 사용하는 전파고도계는 빔 폭을 줄여 고도오차를 감소하고자하는 개념이 도출되었다. 동일 주파수 사용시 안테나의 크기가 수 배 커지는데 유도무기의 형상 제원은 변경이 어렵기 때문에 주파수를 Ku대역으로 변경하여 신규 개발하는 방법을 추진하였다.

Ku대역 전파고도계의 개발에 따라 체계점검장비도 개발되어야 했다. 성능 개량이라는 특수성을 감안하여 기 규격화 및 배치된 장비를 최대한 활용하면서 신규 장비를 추가로 개발을 하는 것이 기본형 체계까지 아울러 정비/운용하는 측면에서 편의성이 도모된다고 판단하였다. 이에 먼저 C대역 전파고도계의 체계점검방안을 검토하여 공통적으로 사용할 수 있는 요소를 찾았고 그 과정에서 고도모의를 위한 다양한 주파수 대역의 거리지연소자 공급에 제한이 있음을 확인할 수 있었다. 이 때문에 장비 공용화의 관점에서 C대역 고

도모의기를 이용하기로 결정하였다.

우선적으로 해결해야 할 RF신호처리부와 고도모의부의 상이함의 해결 방안으로서, 기 연구된 C대역 및 Ku 대역의 주파수 변환을 통한 고도 측정 방법을 참고하여 고도모의를 위한 주파수 변환기를 개발, 적용하였다. 더불어 주파수변환기를 체계점검에 손쉽게 활용할 수 있도록 일체화된 형태의 전파차폐기를 설계, 제작하였다. 신규 제작 부분과 기존의 고도모의기를 연동한 자체점검을 통하여 전파경로의 손실이 설계한 대로 구현되었음을 일차적으로 확인한 후 전파고도계 체계점검에 적용하여 개발한 점검장비의 기능 및 성능이 적합하게 개발되었음을 최종 확인하였다.

본 연구의 산출물은 유도무기 양산 공장 및 정비창에 배치되어 체계점검에 효과적으로 활용되리라 판단된다. 그리고 향후 전파고도계 분야에 추가적인 성능 개량 수요가 발생하여 다른 주파수 대역을 사용하더라도 본 논문에서 제시한 개념을 적용하여 설계하고, 기능 및 성능 확인 절차를 수행한다면 짧은 기간 내에 체계점검장비의 개발이 가능하리라 기대된다.

References

- [1] H. E. Bingol, B. Akin, and O. KOC, "Radar Altimeter as a Navigation and using Hierarchical Elevation Map Clustering," in Proc. IEEE Position Location and Navigation Symp., pp. 377-381, 2012.
- [2] Warren L. Stutzman and Gary. A. Theile, "Antenna Theory and Design," John Wiley & Sons, Inc. Canada, pp. 275-354, 1998.
- [3] Jean Tournadre, Juliette Lambin-Artru, and Nathalie Steunou, "Cloud and Rain Effects on AltiKa/SARAL Ka-Band Radar Altimeter-Part II: Definition of a Rain/Cloud Flag," IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 47, No. 6, pp. 1818-1826, 2009.
- [4] National Telecommunications and Information Administration, "United States Frequency Allocations," U.S. Department of Commerce, 1996.
- [5] D. Cailliu, V. Zlotnicki, "Precipitation Detection by TOPEX/Poseidon Dual Frequency Radar Altimeter, TOPEX Microwave Radiometer, Special Sensor Microwave/Imager and Climatological Shipboard Reports," IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, No. 1, pp. 205-213, 2000.
- [6] Jonggil Lee, "A Study on Estimation of Doppler Frequency in a Current Velocity Measurement Radar," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 17, No. 7, pp. 1551-1557, 2013.
- [7] Jongjin Kim, et al., "Variable Altitude Simulation Apparatus and Electromagnetic Wave Delaying Method," Korean Patent 100971766, Jul. 2010.
- [8] www.teledynemicrowave.com, "OFOISR App 06-S-1942".
- [9] Taehoon Kim, Jin-Eep Roh, "A Development of Radar Altimeter Frequency Converter and Ku-Band Antenna for a Missile," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 16, No. 6, pp. 883-840, 2013.