

## 적외선영상 탐색기 표적 모의장치 개발

### Development of IIR Seeker Target Simulator

윤석재\*                      류동완\*                      황강석\*  
Seok-Jae Yun                      Dong-Wan Ryu                      Kang-Seok Hwang

#### ABSTRACT

This paper describes the development of Target Simulator developed for performance test and failure detection of Imaging Infra-Red(IIR) seeker which is one of the most important equipments in specific cruise missile systems. The simulator makes it possible to test detecting and tracking performance for target, uniformity of IIR, FOV status and spatial resolving power. Besides, it includes several self-test functions and optic axis alignment methods to improve its own reliability.

Keywords : IIR Seeker(적외선영상 탐색기), Target Simulator(표적 모의장치), Refractive Collimator(굴절식 시준기), Test Set(점검장비), Target Pattern(표적 패턴), TE Cooler(열전소자)

#### 1. 서론

적외선영상 탐색기는 유도탄의 비행 종말 호밍단계에서 표적에서 발생하는 적외선 에너지를 영상화 하여 표적을 포착, 추적하고 유도탄을 표적까지 유도하기 위해 필요한 유도조종 신호를 생성하는 핵심적인 기능을 수행한다. 이러한 적외선영상 탐색기를 탑재하여 운용하는 무기체계에서는 비행 중 탐색기가 그 기능과 성능을 정상적으로 발휘할 것인지 여부를 지상에서 발사하기 전에 정확히 확인해야 하며, 이러한 기능을 위해서는 표적에서 발생하는 적외선 에너지와 배경을 탐색기 특성에 적합하게 모의하는 장치가 필요하다<sup>1,2)</sup>.

본 논문에서는 첨단 정밀 유도무기체계에 탑재되는 적외선영상 탐색기의 성능 및 고장 유무를 확인하고 소형화, 경량화 설계로 쉽게 이동 가능하도록 설계한 적외선영상 탐색기 표적 모의장치를 기술하였다. 개발된 표적 모의장치는 탐색기의 성능을 좌우하는 필수요소인 적외선 영상의 균질성, 공간 분해능, FOV(Field Of View) 상태, 표적 포착과 추적기능을 확인할 수 있으며 신뢰성 있는 자체점검 및 정확한 고장판단 기능을 보유하고 있다. 또한, 탐색기의 이동표적 추적 성능 확인을 위해 모의표적이 일정량의 각속도로 구동될 수 있도록 하였으며 탐색기에 요구되는 형상의 원거리 열상표적을 평행광으로 제공할 수 있는 시준기를 자체개발하여 적용하였고, 표적 모의장치의 광축 점검 및 조정 기능을 구현 하였다. 주요 구성으로는 적외선 에너지 발생장치, 표적조립체, 시준기 등으로 이루어지는 표적 발생장치, 표적의 움직임을 모의하기 위한 표적 구동장치, 영상균질도 점검을 위한 영상균

† 2013년 4월 15일 접수~2013년 7월 26일 게재승인

\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 윤석재(sjyun@add.re.kr)

질도 점검장치, 표적 모의구동장치를 제어하기 위한 외부신호 변환 및 인터페이스를 담당하는 표적모의 구동제어기 등이며, 표적 모의장치의 성능 확인 및 자체점검을 위해 광축 점검치구를 설계하였다.

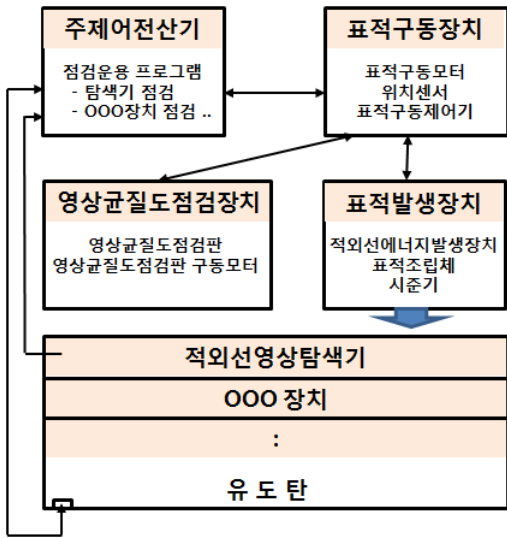


Fig. 1. Functional flowchart of target simulator

제어전산기에는 탐색기를 포함한 유도탄 탑재장비의 점검운용 프로그램이 탑재되며, 표적발생장치 및 구동장치를 제어하여 이동표적을 모의하여 탐색기 성능을 확인하고, 영상균질도점검장치를 통해 탐색기 FOV를 차단 후 탐색기 영상을 유선으로 전송받아 영상 균질도를 계산한다.

## 2. 표적 모의장치 설계

표적 모의장치의 기본 설계 개념으로 탐색기의 운용에 적합한 표적을 정확히 모의할 수 있어야 하고 점검의 효율성을 위해 이동이 용이한 소형 및 경량화의 요구사항을 우선적으로 고려하였다. Fig. 2는 표적 모의장치의 시스템 운용 구성도를 나타낸다. 제어전산기에는 탐색기 점검운용 소프트웨어가 탑재되며 표적모의 구동제어기를 통해 표적 모의장치가 구동된다. 광축점검치구, 열화상카메라, 영상점검 노트북은 표적 모의장치의 광학적 측정될 상태 등 표적 모의장치의 자체 점검을 위해 사용되며, 탐색기 점검시는 이 부분을 제거하고 유도탄의 탐색부에 장착하게 된다. 표적 모의

장치의 전원은 표적모의 구동제어기로부터 DC12V와 DC24V를 공급받아서 DC12V는 TE(Thermo Electric) Cooler와 방열팬 구동전원, 온도제어회로카드조립체(TCM B/D)를 통한 영상균질도 점검판 구동드라이버용으로 사용하며, DC24V는 위치센서 구동전원으로 사용하고 레이저 정렬기용 전원은 별도의 AC220V전원을 사용한다.

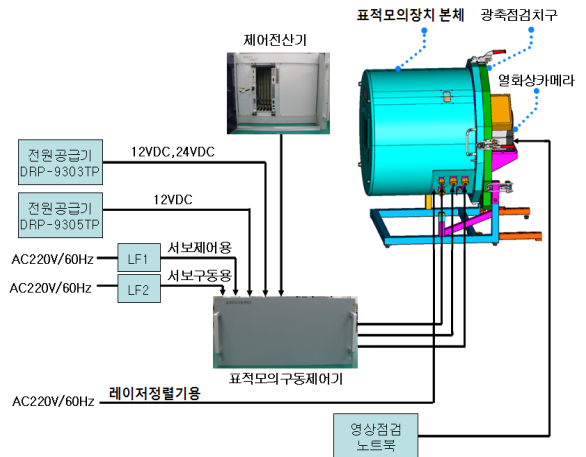


Fig. 2. System block diagram

### 가. 표적 발생장치

표적발생장치는 실제 표적과 유사한 온도 차를 구현할 수 있는 적외선 에너지를 발생하며 표적이 원거리에서 존재하는 효과를 내기 위한 광학구조를 가진다. 사용자의 이동형 설계 요구조건(1명의 운용자가 표적 모의장치를 운반 가능해야 하고 유도탄에 장착할 수 있어야 함, 운반상자에 넣어서 승용차량 탑재 가능한 크기여야 함)을 충족하기 위하여 적외선 에너지원으로 소형, 경량인 TE Cooler를 사용 하였으며, 동시에 탐색기의 구동과 FOV를 고려하여 표적조립체 및 시준기의 크기를 결정하였다.

#### 1) 적외선 에너지 발생장치

탐색기의 입력조건에 부합하는 표적을 모의하기 위해서 필요한 적외선 에너지를 발생하는 장치이다. TE Cooler를 사용하여 표적과의 온도차는  $4.0 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 까지 제어 되도록 하였으며 표적의 온도 균질도는  $0.2^{\circ}\text{C}$ 를 만족하도록 하였고 적외선 방사면은 흑색 비반사 페인트를 적용하여 방사율 0.95 이상이 되도록 설계하였다. TE Cooler의 일반적인 성질은 재질에 저 전류를

적용하여 냉각장치로 많이 이용되나 본 연구에서는 냉각 면을 적외선 발생장치로 사용하기 위한 장치를 구성하였다. 냉각 면을 활용하기 위해 대칭면인 가열 면에 Heat Sink를 접착시켜 효율적인 가열 면의 발열 특성을 이용하여 저 전류로 온도제어가 가능하도록 설계하였다. 온도제어회로는 TE Cooler 발열면에 부착된 온도센서 출력과 표적패턴 표면에 부착된 온도센서 출력을 입력받아서 온도차 전압을 증폭하고, 제어하고자 하는 온도설정 전압과 비교하여 그 차이 전압을 전력증폭해서 TE Cooler를 구동시켜서 발열면의 온도를 제어한다. Fig. 3은 적외선 발생장치 구성도를 나타낸 것이다. 적외선 발생기 역할을 담당하는 Heating Block과 TE Cooler는 상온 이하의 온도를 발생시키고 방열판 및 방열팬은 적외선 발생기에서 발생한 열의 방열 기능을 담당한다. 표적패턴 및 방열판에 부착된 온도센서는 적외선 출력 온도를 감지하여 온도제어를 담당하는 보드에 보내고 온도제어 보드는 적외선발생기의 온도 제어 및 전원을 공급을 담당한다.

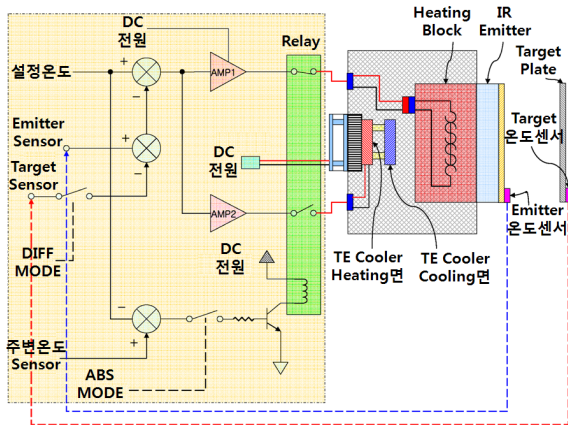


Fig. 3. Block diagram of infrared energy generator

2) 표적조립체

표적조립체는 표적패턴, 온도센서 및 프레임(고정판, 덮개)으로 구성되며 시준기의 초점거리에 맞추어 크기를 결정하여 설계하였다.

고정판과 표적 사이에는 온도 측정을 위한 센서를 매립 후 덮개로 고정시켰으며 고정판 및 덮개는 열전달 및 방사, 대류 등을 고려하여 열 전도가 낮은 베이클라이트(Bakelite) 등으로 설계 하였다. 표적패턴은 탐색기의 FOV, 광축축, 공간분해능, 추적 표적 등을 동시에 점검 가능하도록 하기 위해 탐색기의 검출기를

기준으로 2픽셀 및 3픽셀(1픽셀 크기는 0.0543mm에 해당)로 구성된 2가지의 4Bars 패턴을 수평, 수직으로 설계하였다. 표적패턴은 Ge 재질을 사용하였으며 적외선 비 투과 영역에는 크롬을 도금하여 적외선원에서 발생한 에너지의 투과를 방지함으로써 적외선 표적영상을 발생시킬 수 있게 하였다. 기본적인 원리는 크롬이 도금된 면에 레이저로 dot를 발생하고 Ge 모판을 화학적으로 에칭하여 적외선 에너지의 투과도를 조정하는 것이다. 표적패턴은 gray level 0~255 level을 10단계로 조정이 가능하다.

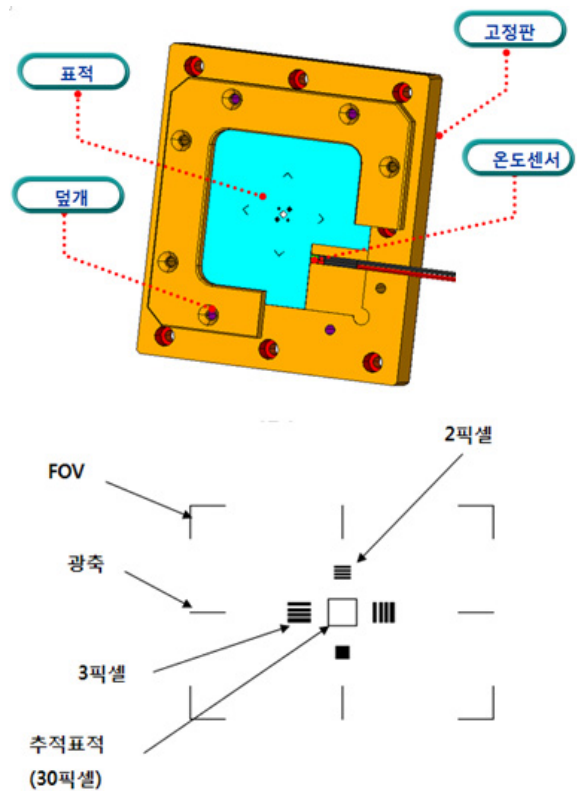


Fig. 4. Target assembly and target pattern

3) 시준기

모의표적의 적외선 영상이 원거리에 있는 것과 같은 효과를 나타내기 위하여 시준기를 적용하였다. 시준기는 대물렌즈의 초점에 좁은 슬릿(Slit)을 놓아 들어오는 광선을 평행광선(Parallel Ray)으로 만드는 장치로서, 적외선영상 탐색기에 평행광선을 주사시켜 탐색기와 표적 간의 거리에 관계없이 동일크기의 표적을 탐색기에 제공하기 위한 광학장치이다.

시준기는 주로 광학장치의 테스트나 조정에 사용되며 그 종류는 렌즈를 이용한 굴절식 시준기(Refractive Collimator)와 반사경을 이용한 반사식 시준기(Reflection Collimator)로 구분된다. 반사식 시준기는 화각이 작은 장치에 사용되며 일반적으로 굴절식 시준기보다 형상과 무게가 10배정도 무겁다. 굴절식 시준기는 상대적으로 화각이 크고 구경은 작게 설계할 수 있으므로 소형화 및 경량화가 요구되는 장치에 사용되며 본 논문에서는 굴절식 시준기를 개발하였다.

시준기는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 4장의 렌즈를 사용하고 큰 FOV가 특징이며 조립은 경통에 완충 역할을 하는 오링을 정밀 나사로 체결하는 방식을 적용하였다. 시준기 조립체는 나사선으로 된 브래킷에 끼워져서 초점 조절이 가능한 구조이고 표적조립체를 장착한 브래킷에 고정된다.

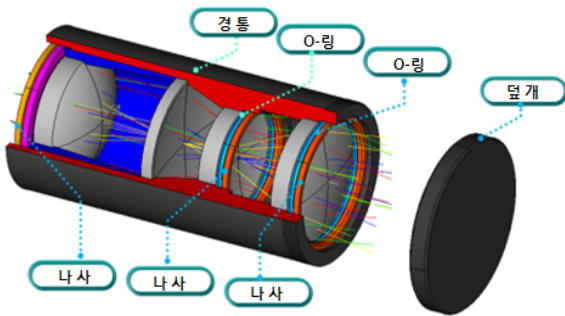


Fig. 5. Collimator block diagram

Fig. 6은 시준기 렌즈의 배치 및 형상을 나타낸 것이다. 시준기 렌즈 구성품은 실리콘(Silicon)과 게르마늄(Germanium) 소재를 주물 가공하여 연마 및 폴리싱 후 AR(Anti-Reflective) 코팅을 하여 요구하는 적외선 파장대역을 굴절 및 투과 시키는 기능을 한다.

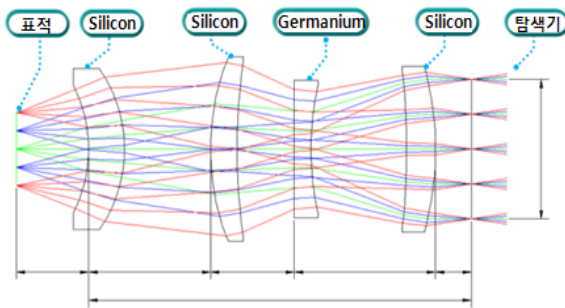


Fig. 6. Collimator lens layout

시준기는 형상의 동축 및 동심, 형상 평면도, 코팅의 정밀도 등이 중요하며 아래와 같은 특성을 고려하여 설계하였다.

- 굴절율을 크게 하려면 렌즈면의 곡률반경이 커져야 하므로 상대적으로 색수차(Chromatic Aberration)가 작아진다.
- 온도에 따른 굴절율의 변화를 표시하는 열분산(Thermal Dispersion)이 적어야 색수차의 불균형과 초점거리 변화가 적어 온도변화에 따른 광학계 성능 영향이 낮아진다.
- 사용하는 파장 범위가 넓으므로 색수차 보정을 위해서는 분산(Dispersion)이 적을수록 유리하며, 그 파장 대역에서의 흡수(Absorption)가 적어야 한다.
- 굴절율이 커짐에 따라 렌즈 표면에서의 반사가 커지므로 반사방지 코팅이 용이하고 광학박막의 내구성이 좋아야 하며, 외부환경 조건에 견디기 위해서는 습기에 대한 용해도가 작아야 한다.

시준기를 구성하는 여러 렌즈의 표면에서의 반사, 불규칙적인 굴절 등의 문제로 인해 적외선 영상의 중심부 또는 외곽부가 흐려지거나 검게 보이는 나르시스(Narcissi) 현상이 발생할 수 있으며 본 개발에서는 표적과 시준기의 렌즈 설계 및 배치, 적외선 비반사 코팅 처리를 통해 나르시스 현상을 최소화 하였다. 나르시스 현상 감소를 위해 적용한 주요 기술은 다음과 같다.

- 렌즈면에서 반사되는 열에너지 분산  
반사되는 저온 에너지가 특정 부분에 집중되지 않고 적외선영상 탐색기 또는 적외선 열상카메라로 인식한 화면의 전체에 골고루 분산되도록 하였다. 방법은 렌즈의 곡률과 배치를 조정한 후, 광학분석용 소프트웨어를 이용하여 렌즈 4개의 8개 면에 대한 반사패턴을 분석하고 곡률과 배치를 재조정하는 시행착오를 거쳐 최적화 하였다.
- 렌즈 표면 및 표적면에서 반사되는 열에너지 최소화  
굴절률이 상이하고 실리콘과 게르마늄이 혼합 적용된 4개의 렌즈에 대해서 각각 AR코팅의 두께를 정밀 조정하여 적외선영상 사용 영역에서의 투과율을 97% 이상 확보하였다. 또한 표적패턴에 대해서는 연삭 및 산화크롬을 도금하여 패턴을 에칭한 후 AR코팅을 처

리함으로써 표적에서 반사되는 열에너지를 최소화하고 반사되는 열에너지는 난반사를 유도하여 적외선영상 탐색기로 되돌아오는 열에너지 양을 최대한 감소시켰다.

나. 표적 구동장치

1) 표적 구동모터 및 위치센서

표적 구동장치는 표적의 이동을 모의하여 탐색기의 이동표적 추적 성능을 시험하기 위해 필요한 장치이다. 소형화 개발 요구에 따라 구동모터의 크기를 고려하여 한 축으로만 구동하도록 설계하였으며 구동 방향을 대각선으로 구현함으로써 탐색기의 2축(yaw, pitch)을 동시에 점검 가능하도록 하였다. 탐색기의 시선축과 표적의 중심축을 일치시키기 위한 원점 이동 기능이 있으며 다음과 같은 규격으로 표적의 이동 속도와 가속도 조절이 가능하다.

- 표적 구동 각도 : -14~+14 deg
- 표적 구동 각속도 : 1.0~9.9 deg/sec
- 표적 구동 각가속도 : 10~20 deg/sec<sup>2</sup>
- 원점이동 및 저속이동 속도 : 0.05~1.0 deg/sec

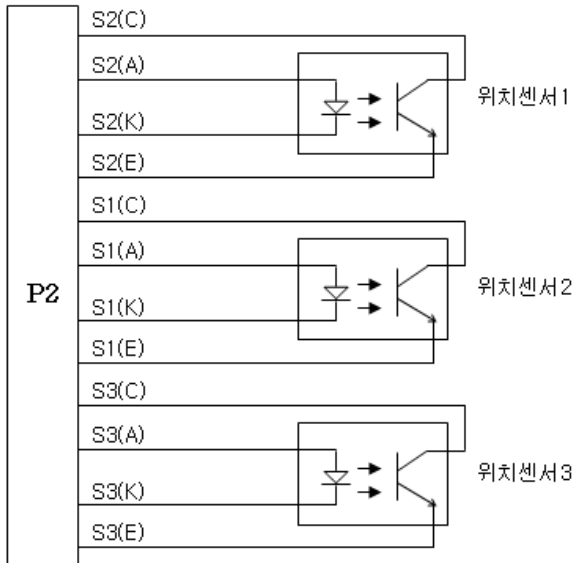


Fig. 7. Circuit diagram of position sensor section

표적 구동장치는 표적 발생장치를 지지하고 있는 김발(Gimbal)과 김발을 구동하기위한 서보 모터 및 위치센서로 구성된다. 구동축 서보 모터는 정밀 위치제

어가 가능한 백래쉬가 없는 하모닉 구동모터를 선정하였으며, 위치센서 조립체는 구동축 김발의 위치를 감지하고 회전 각도를 제한할 수 있도록 설계했다. 또한, 비정상적인 동작으로 리미트(Limit)를 넘었을 때 장비의 안전을 보장하기 위해 리미트 센서보다 약간 큰 회전각도 위치에 스톱퍼(Stopper)를 설치했다.

김발의 위치를 감지하여 표적모의제어기의 1축제어기에 그 정보를 제공하는 위치센서 뭉치는 3개의 포토커플러(Photo Coupler) 위치센서로 구성된다.

위치센서1은 (+) 방향을, 위치센서2는 원점(0,0) 위치를, 위치센서3은 (-) 방향을 감지하고 김발 측면에 부착된 광로차 단판에 의해 로직신호(Low/High)를 출력한다. 리미트 센서와 원점 센서는 DC24V로 구동되는 OPTO-ISOLATOR 형태를 적용하여 위치 정밀도를 증가시켰으며 소켓 형태를 적용하여 고장수리가 용이하도록 하였다.

2) 표적모의 구동제어기

표적모의 구동제어기는 표적 구동모터를 구동하기 위한 인터페이스 장치로서 IO2K\_SQA2S-CE SQIO 모듈, 구동축 서보 드라이버, 릴레이, 단자판으로 구성된다. IO2K\_SQA2S-CE SQIO 모듈은 탐색기 점검 운용 소프트웨어가 탑재된 제어전산기로부터 받은 구동 모터 제어 명령 신호를 라인드라이버 형태(CW/CCW Pulse)로 변환하여 서보 드라이버에 전달하며, 표적이동 구동속도는 다음과 같은 펄스 값으로의 변환식에 의해 결정된다.

$$\text{PulseRate [Hz]} = \frac{N_p}{360^\circ} \times V_t,$$

Np : 펄스수(1,600,000)

Vt : 구동속도

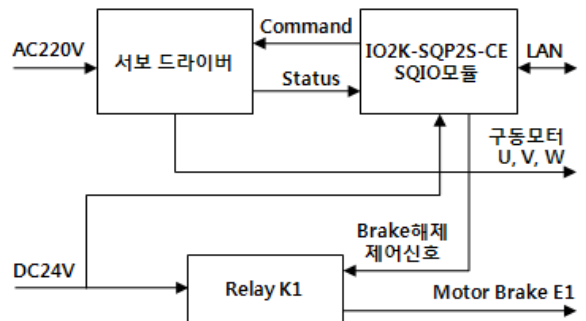


Fig. 8. Functional diagram of target drive controller



구동축 서보드라이버는 IO2K\_SQA2S-CE SQIO 모듈에서 보내는 제어신호를 구동모터 구동 전력으로 변환하는 기능을 한다. 단자판은 입력된 DC12V, DC24V 전원 공급을 구분하기 위한 것이며 릴레이는 구동모터의 브레이크를 해제용 DC24V 전원을 공급 및 차단하는데 사용된다. 릴레이 제어신호는 제어전산기에서 발생하여 IO2K\_SQA2S-CE 모듈을 통해 전달된다.

다. 영상균질도 점검장치

영상균질도 점검은 영상균질도 점검판으로 시준기 렌즈를 가린 상태에서 탐색기와 표적의 시선을 원점(0.0)으로 지향한 후 탐색기가 획득한 영상에 대한 균질(Uniformity) 정도를 계산하여 확인하는 것이다. 탐색기의 영상균질도 성능 점검을 위해 Fig. 9와 같이 표적 모의장치 내부에 영상균질도 점검판(적외선 차단 원판)과 영상균질도 점검판을 구동하기 위한 모터 조립체 및 위치센서를 적용하였다. 영상균질도 점검판은 방사를 0.95 이상이 되도록 적외선 비반사 코팅을 적용하였으며 온도 전달에 민감하지 않은 재질을 사용하였다. 영상균질도 모터는 구동제어기의 영상균질도 제어 신호, 표적 모의장치 내부의 리미트 조합에 의해 구동이 되도록 설계/제작 했다.

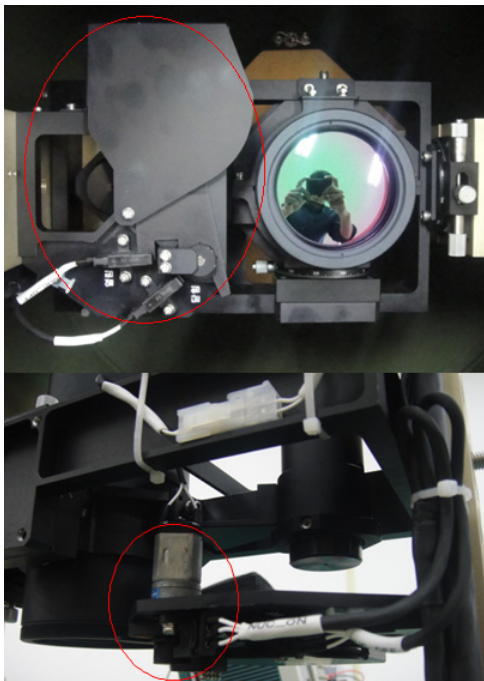


Fig. 9. Test section of image uniformity

영상균질도 점검을 위해 닫힘 신호를 인가하면 DC 모터에 의해 점검판이 탐색기의 FOV 영역내에 위치하게 된다. 이 상태에서 제어전산기에 탑재되어 운용되는 탐색기 점검 운용 소프트웨어는 탐색기를 제어하여 탐색기 영상을 수신하고 다음 수식을 적용하여 영상 균질도를 계산한다<sup>[3]</sup>.

$$Uniformity = \sqrt{\frac{1}{m \times n} \sum_{j=11=1}^n \sum_{i=11=1}^m (V_{(i,j)mean} - V_{mean})^2}$$

$$V_{(i,j)mean} = \frac{1}{N} \sum_{K=1}^N V_{(i,j)}^K$$

: 각 픽셀 신호의 N프레임 동안의 평균

$$V_{mean} = \frac{1}{m \times n} \sum_{j=11=1}^n \sum_{i=11=1}^m V_{(i,j)mean}$$

: N프레임 동안의 각 픽셀 평균값들의 평균

N: 누적 프레임 수

m,n: 프레임내 영상의 크기(m×n 픽셀)

3. 광축 점검치구 설계

일반적으로 점검장비는 점검 대상이 되는 장비를 점검하기에 앞서 자체의 신뢰성 확보가 중요하다. 표적 모의장치는 다양한 자체점검 기능을 보유하도록 설계하였으며 광축 점검치구를 이용한 정렬기법을 통해 신뢰성을 향상시켰다. 광축 점검치구는 탐색기에 대한 표적 모의장치의 광축 정확도 상태를 확인하여 축 정렬 상태를 유지할 수 있게 하는 장치이다. 표적 모의장치에 설치하여 운용하며, 표적모의 구성품들의 구동축 및 광축을 조정하여 적외선영상 탐색기의 광축과 표적 모의장치의 광축을 일치시킨다.

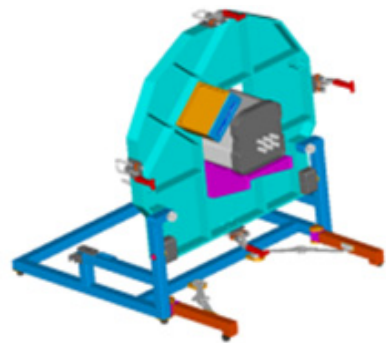


Fig. 10. Optic axis testor

Fig. 11은 광축 점검치구에 적용된 열화상카메라를 이용하여 광축 조정을 수행하는 화면이다. 열화상카메라의 영상 중심축에 표적 모의장치의 시준기를 통하여 주사되는 패턴의 교차점을 일치 시키고, 그 일치 정확성을 요구 규격 범위 내로 조정하면서 광축을 검사한다. 즉, 열화상카메라의 영상 화면에 X, Y축 선을 그려 넣은 후 적외선 영상의 X, Y축 선상에 중심점이 일치하도록 시준기 조립체의 좌측과 하단에 구현되어 있는 고각용 스테이지와, 방위각용 스테이지를 조정하여 위치를 고정시킨다.

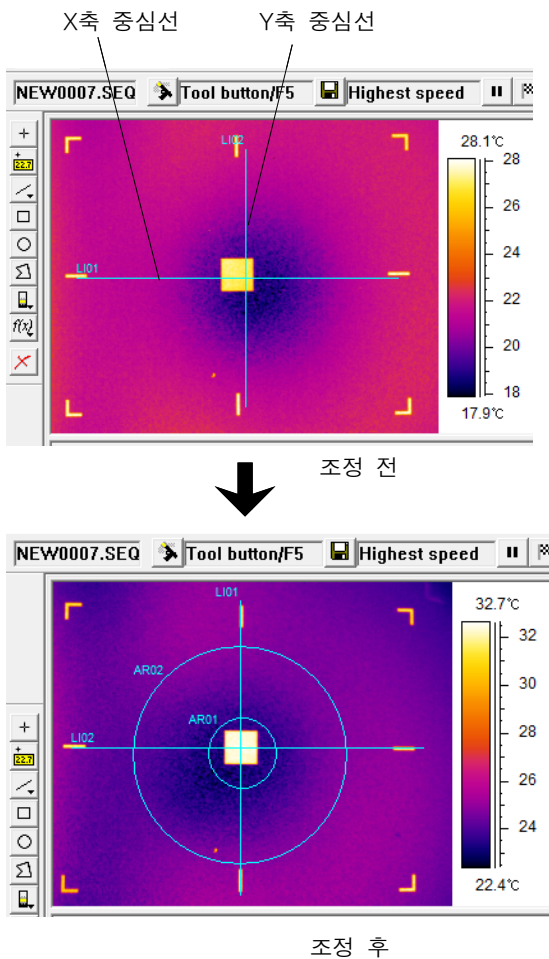


Fig. 11. Optic axis adjusting scene

광축조정이 완료된 후에는 열화상카메라와 분석장비 없이 표적 모의장치의 구동만으로 광축의 흐트러짐 상태를 확인할 수 있도록 구동축 점검 개념을 적

용하였다. 구동축 점검은 표적 모의장치의 시준기조립체 상부에 설치한 레이저 정렬기로부터 발생하는 레이저빔이 광축 점검치구의 구동축 점검창에서 이탈하지 않으면 정상이라고 판단한다. 구동축 점검창의 눈금은 구동축 정확도 요구 규격인  $\pm 0.2\text{deg}$ 를 눈금자로 형상화한 것으로서 구동축 정렬 정확도를 육안으로 용이하게 판단할 수 있다. 구동축 점검시 운용자가 구동축 점검창 반대편에서 레이저빔의 위치를 확인하여야 하므로 레이저빔이 투과 가능한 폴리카보네이트 (Polycarbonate) 재질 및 어두운 색상을 갖는 재질을 사용하였다. 구동축 점검은 광축조정이 완료된 표적 모의장치에 대해서 레이저빔의 위치가 점검창에 정확히 위치하도록 구동축 조정을 수행한 이후에 실시해야 한다. 구동축 조정은  $+14^\circ \sim -14^\circ$  이동구간을 반복 구동하면서 레이저빔이 구동축 점검창의 슬롯 내에서 수평으로 이동하는지를 확인하고 수평 이동이 안될 경우 레이저정렬기의 조정나사를 조정하여 수평 이동 궤적이 되도록 조정하는 절차이다.

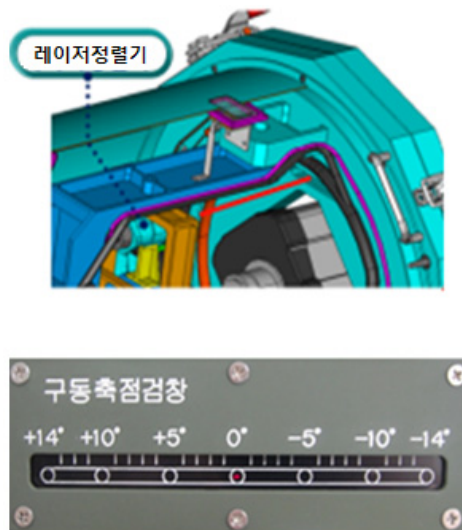


Fig. 12. Laser align unit(top), driving axis test window(bottom)

#### 4. 성능 확인

본 논문에서 설계한 표적 모의장치를 이용하여 개발 및 양산중인 탐색기에 대한 성능검증을 통해 실용성을 입증하였다. 본 장치를 통하여 영상표적을 모의하

고 탐색기의 공간 분해능, FOV(Field Of View) 상태에 대한 이상 유무는 별도의 모니터를 통해 육안으로 판단 가능하며, 탐색기의 표적 추적 및 영상균질도에 대한 성능 분석 수행 결과(점검성적서)는 다음과 같다.

가. 고정표적 추적 점검결과

순번	교체대상장비	점검항목	단위	기준 값	측정 값	판 정
1	탐색기	SKR_STS	---	0xF746	0xF746	정 상
2		BIT_STS	---	0xFFFF	0xFFFF	정 상
3		SKR_Y_LOSR	deg/s	0.0±0.1	0.01	정 상
4		SKR_P_LOSR	deg/s	0.0±0.1	0.02	정 상
5		SKR_Y_GIM	deg	0.0±0.5	-0.17	정 상
6		SKR_P_GIM	deg	0.0±0.5	0.07	정 상

모의표적을 발생하여 정확히 탐색기의 원점에 위치 시킴으로써 탐색기의 고정표적 추적 성능을 확인한 결과이다.

나. 이동표적 추적 점검결과

1 YAW [ -20° → +20°, 2.0 deg/s ]

순서	교체대상장비	세부항목	단위	기준 값	측정 값	판 정
1	탐색기	SKR_STS	---	0xF746	0xF746	정 상
2		BIT_STS	---	0xFFFF	0xFFFF	정 상
3		SKR_Y_LOSR	deg/s	2.0±0.2	2.01	정 상
4		SKR_P_LOSR	deg/s	0.0±0.2	0.02	정 상

2 YAW [ +20° → -20°, -2.5 deg/s ]

순서	교체대상장비	세부항목	단위	기준 값	측정 값	판 정
1	탐색기	SKR_STS	---	0xF746	0xF746	정 상
2		BIT_STS	---	0xFFFF	0xFFFF	정 상
3		SKR_Y_LOSR	deg/s	-2.5±0.2	-2.49	정 상
4		SKR_P_LOSR	deg/s	0.0±0.2	0.01	정 상

3 PITCH [ -20° → +20°, 2.0 deg/s ]

순서	교체대상장비	세부항목	단위	기준 값	측정 값	판 정
1	탐색기	SKR_STS	---	0xF746	0xF746	정 상
2		BIT_STS	---	0xFFFF	0xFFFF	정 상
3		SKR_Y_LOSR	deg/s	0.0±0.2	0.00	정 상
4		SKR_P_LOSR	deg/s	2.0±0.2	2.02	정 상

4 PITCH [ +20° → -20°, -2.5 deg/s ]

순서	교체대상장비	세부항목	단위	기준 값	측정 값	판 정
1	탐색기	SKR_STS	---	0xF746	0xF746	정 상
2		BIT_STS	---	0xFFFF	0xFFFF	정 상
3		SKR_Y_LOSR	deg/s	0.0±0.2	0.02	정 상
4		SKR_P_LOSR	deg/s	-2.5±0.2	-2.49	정 상

모의표적을 Yaw방향과 Pitch 방향으로 각각 2.0deg/s, -2.5deg/s 구동하여 탐색기의 이동표적 추적 성능을 분석한 결과이다.

다. 영상균질도 점검결과

순번	교체대상장비	점검 항목	단위	기준 값	측정 값	판 정
1	탐색기	영상균질도	mK	≤ 200.0	75.52	정 상

제2장의 ‘다’절에서 기술한 영상균질도 점검방법 및 계산식을 이용하여 확인한 결과이다.

5. 결론

유도무기에 탑재되는 적외선영상 탐색기의 성능 검증과 고장 확인이 가능하고 이동이 용이한 소형 경량의 표적 모의장치를 설계 및 제작하였다. 개발된 표적 모의장치를 이용하여 탐색기 영상의 균질도, 공간 분해능, FOV(Field Of View) 상태, 표적포착 및 고정/이동 표적의 추적 성능을 확인할 수 있다. 광축 점검치구를 설계하여 탐색기에 대한 표적 모의장치의 광축 정확도 상태를 확인하고 축 정렬 상태를 유지할 수 있게 함으로써 표적 모의장치의 신뢰성을 향상시켰다. 탐색기에 요구되는 형상의 원거리 열상표적을 평행광으로 제공할 수 있는 시준기를 자체개발 하였으며, 시준기 설계시 발생하는 나르시스 현상을 최소화하기 위해 적용한 설계기법에 대해 기술하였다.

References

- [1] 김종진, 허용관, 박상우, 이창원, 김태훈, 이종무, “적외선 탐색기를 위한 표적모의 시스템 개발”, 지상무기학술대회, Vol. 16, 2008.
- [2] 윤석재, 원제학, 김종진, 박상우, “나르시스현상 감소를 위한 적외선용 굴절식 시준기 설계”, 한국해양정보통신학회 2011 추계종합학술대회, pp. 712 ~ 715, Oct. 26, 2011.
- [3] 이종호, 임재완, 유인억, “적외선영상 탐색기의 영상성능 분석”, 유도무기학술대회, Vol. 14, pp. 531 ~ 538, 2007.
- [4] 이종호, 이호평, “적외선 영상 성능 평가”, MADC-S516-06361, 국방과학연구소, 2006.
- [5] 이해동, “적외선 열화상 카메라를 이용한 열측정 이론”, 2007. 6.
- [6] Gerald C. Holst, “Testing and Evaluation of Infrared Imaging Systems”, 1998.