

## 유도탄 전자기 내성 시험에 대한 고찰

# Study on Methods of Missile Electromagnetic Susceptibility (EMS) Test

이 대 현<sup>1\*</sup> · 오 택 근<sup>1</sup> · 오 세 권<sup>1</sup> · 김 형 재<sup>1</sup> · 박 동 현<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LIG 넥스원

<sup>2</sup>국방과학연구소

Dae-Hyun Lee<sup>1\*</sup> · TaeckKeun Oh<sup>1</sup> · Se-kwon Oh<sup>1</sup> · Hyung-Jae Kim<sup>1</sup> · Dong-Hyun Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>LIG Nex1, Gyeonggi-do, 13488, Korea

<sup>2</sup>Agency for Defense Development, Daejeon 34186, Korea

### [요 약]

본 논문에서는 전자기 적합성 (EMC; electromagnetic compatibility) 시험 규격에 대해 설명하고, 유도탄 구성품과 유도탄 시스템의 전자기 내성 (EMS; electromagnetic susceptibility) 시험에 대한 목적과 시험 구성을 확인하였다. 시험구성과 규격은 미 국방규격인 MIL-STD-461F와 MIL-STD-464C를 기반으로 유도탄 구성품과 유도탄 시스템의 구성을 제시하였고, 유도탄 구성품과 유도탄 시스템의 최종운용 상태인 비접지 상태가 구성되도록 설명하였다. 또한, 내성 시험 중 정상상태 확인 방법과 고려해야할 점에 대하여 소개하였다.

### [Abstract]

In this paper, the electromagnetic compatibility (EMC) test standard is described, and the purpose and test configuration for the electromagnetic susceptibility (EMS) test of the missile component and the missile system are confirmed. The test configuration and specifications are suggested by the configuration of the missile component and the missile system based on the US military standards MIL-STD-461F and MIL-STD-464C, and explained that the ungrounded state, the final operating state of the missile component and the missile system, was constructed. In addition, the methods for checking the steady state and the points to be considered during the immunity test were introduced.

**Key word** : EMC, EMS, Missile, MIL-STD-461, MIL-STD-464.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.5.423>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 September 2020; Revised 15 September 2020  
Accepted (Publication) 23 October 2020 (30 October 2020)

\*Corresponding Author : Dae-hyun Lee

Tel: +82-31-8026-4127

E-mail: daehyun.lee@lignex1.com

## 1. 서론

유도탄은 비행거리에 따라 단거리, 중거리, 장거리 유도탄으로 구분된다. 일반적으로 대전차 유도탄의 경우 비행거리가 1 km 이하인 경우 단거리, 3 km 이하인 경우 중거리, 3 km 이상인 경우 장거리 유도탄으로 구분하며, 대공 유도탄의 경우 10 km 이하의 단거리, 50 km 이하의 중거리, 그 이상은 장거리 유도탄으로 분류한다[1]. 유도탄은 다양한 구성품들로 이루어져 있으며 성공적인 임무수행을 위해서 모든 구성품들은 외부 전자기 환경 범위에서 반드시 정상동작을 해야한다.

그림 1과 같이 유도탄은 비행 전, 비행 중에도 다양한 전자기 간섭환경에 노출되게 된다. 비행 전에는 다른 지상 장비나 발사대에 장착된 다른 유도탄으로부터 발생하는 전자기파에 영향을 받으며, 비행 단계에서는 아군이나 적군의 고출력 지상 레이더에 의해 영향을 받을 수 있다. 또한, 대공 유도탄의 경우 여러 항공기에서 방사하는 레이더(또는 탐색기) 신호의 영향을 받을 수 있으며, 최근 많은 기술 발전이 이루어지고 있는 전자기 제밍(electromagnetic jamming)에도 많은 영향을 받을 수 있다. 따라서, 유도탄의 구성품들과 유도탄의 설계 과정에서는 전자기 간섭 환경에서 정상동작 할 수 있는 여러 가지 설계 기법이 반영되어야 하며 개발 간 유도탄 구성품의 전자기 내성시험과 유도탄의 전자기 내성시험을 통해 전자기 내성에 대한 설계 검증이 이루어져야 한다.

유도탄 구성품의 전자기 내성시험은 미 국방규격 MIL-STD-461F 규격의 복사내성(RS; radiated susceptibility)과 전도내성(CS; conducted susceptibility) 요구사항을 통해 수행될 수 있으며 유도탄은 MIL-STD-464C 규격의 외부 전자기 고주파 환경(External RF EME; external radio frequency electromagnetic environment) 요구사항을 기반으로 수행될 수 있다[2],[3].

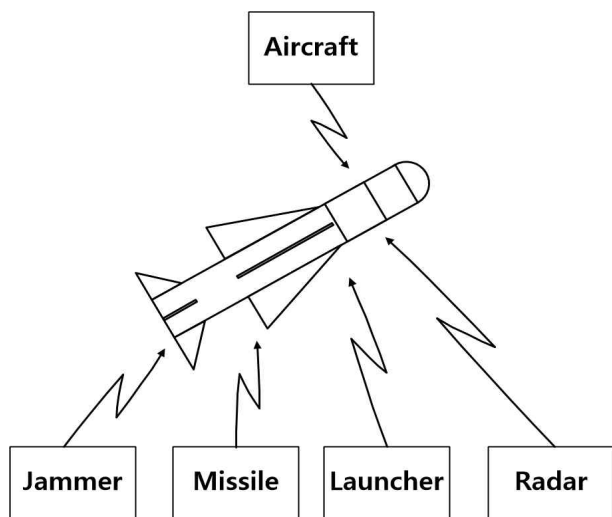


그림 1. 유도탄 전자기 간섭 환경  
Fig. 1. Electromagnetic interference environment of missile.

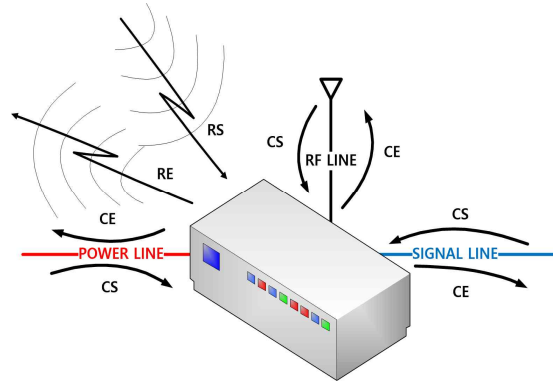


그림 2. 부 체계 및 장비내에서의 전자파 영향  
Fig. 2. Electromagnetic influences of subsystems and equipment.

본 논문에서는 유도탄 전자기 적합성 시험에 대하여 미 국방 규격을 토대로 유도탄 구성품 또는 부 체계(subsystems) 및 유도탄 혹은 체계(systems) 구성에서의 규격에 대해 소개한다. 또한, MIL-STD-461F 기반으로 수행되는 유도탄 구성품의 전자기 내성 시험과 구성 방법에 대해 설명하고 MIL-STD-464C 기반으로 수행되는 유도탄 상태에서의 외부 전자기 고주파 환경에 대한 시험과 구성방법, 고려해야 할 점에 대하여 소개한다.

## II. 부 체계와 체계의 전자기 적합성 규격

### 2-1 부 체계 및 장비의 전자기 내성 요구규격

MIL-STD-461F은 미 국방규격서로 부 체계 및 장비의 전자기 간섭 특성 통제 요구규격에 대해 기술하고 있다. 전자기 간섭 시험 방법과 절차에 대한 MIL-STD-462 규격서도 존재하였지만, 1999년 MIL-STD-461과 규격이 하나로 통합되었다. 그림 2는 부 체계 및 단일 장비에서의 전자기 영향에 대한 모습을 표현한 것이다. 하나의 부 체계나 장비는 전원 라인, 신호(데이터) 라인, RF (radio frequency) 송수신 라인의 입출력으로 구성되어 있다. 이 라인들로부터 야기되는 부분과 그 라인을 통하여 간섭받는 부분, 부 체계 및 장비 그 자체가 외부로부터 간섭받는 부분과 외부로 간섭을 일으키는 부분을 통해 크게 복사내성, 전도내성, 복사방사 (RE; radiated emission), 전도방사 (CE; conducted emission) 4가지로 나뉠 수 있다[4]. MIL-STD-461F에서는 그림 3과 같이 18가지 항목으로 구성품의 전자기 적합성에 대한 규격을 기술하고 있다. 요구규격 항목에 따라 대상과 주파수 등이 결정되고 세부 시험방법과 절차도 규격서에 기술되고 있다. 또한, 그림 4와 같이 수상함, 잠수함, 육군용 항공기, 해군용 항공기, 공군용 항공기, 항공우주 시스템, 육군 지상, 해군 지상, 공군 지상의 플랫폼에 따라 항목별 A(applicable), L(limited as specified in the individual sections of this standard), S(procuring activity must specify in

procurement documentation) 로 분류된다. A는 보통 필수적으로 적용하는 항목이며 L은 제한적으로 적용될 수 있고, S같은 경우는 조달의 요구에 의해서 규정이 되어야 적용하게 된다. 이는 시험 대상 기기(EUT; equipment under test)인 부 체계 및 장비가 만족해야 하는 필수 항목들을 식별할 수 있는 기준이 된다. 특히, MIL-STD-461F에서 CE102, CS101, CS114, RE102, RS103은 모든 플랫폼에서 적용 되어야 할 필수항목들로 기술 되어 있다.

CE101, CE102, CE106은 대상체의 전원선과 안테나 단자로부터 방사되는 전도방사 규격이다. 전원선은 30Hz에서 10MHz 사이에서의 방출되는 전류와 전압 값을 측정하고 안테나 단자는 10kHz에서 40GHz 까지의 방출량을 측정한다. 이 규격을 통해 전원선이나 안테나 단자로 전도방사되는 노이즈를 제한할 수 있다. CS101, CS103, CS104, CS105, CS106, CS109, CS114, CS115, CS116은 전도내성 규격으로 전원선은 30Hz에서 150kHz 사이에서의 노이즈 인가를 통한 내성시험을 하고 안테나 포트는 30Hz에서 20GHz 사이의 원하지 않는 신호의 상호변조와 혼변조의 검증 및 노이즈에 대한 내성을 시험한다. 추가적으로 그 밖의 케이블에서 대해서도 10kHz에서 100MHz 까지의 내성에 대해서 규격을 제시하고 있다. RE101, RE102, RE103은 복사방사 규격으로 30Hz에서 100kHz 까지의 자기장의 방출과 10kHz에서 18GHz의 전기장의 방출에 대해서 규격을 정의하고 있다. 추가적으로 안테나의 불요 복사(spurious radiation)와 고조파(harmonic)에 대해서도 10kHz에서 40GHz까지 규격을 정의하고 있다. RS101, RS103, RS105는 복사내성 규격으로 30Hz에서 100kHz까지의 자기장을 통한 내성과 2MHz에서 40GHz의 전기장에 대한 내성 규격을 정의하고 파도 전자기장에 대한 규격도 기술하고 있다. 시험 대상 기기가 선정되면 규격서 요구규격에 따라 수행하여야 할 시험항목을 선정하고 시험 대상 기기의 기능, 용도, 체원, 전원사양, 사용 주파수 등을 확인하여 시험절차서를 작성하고 시험을 수행하게 된다. 부 체계 및 장비에서의 시험은 체계에서의 적용을 고려하여 가능한 체계에서의 동작과 동일하게 구성되어 시험되어야 하며 대상체의 시험을 위한 주변장치나 케이블들은 시험체외 대상임을 식별하여 시험 구성되어야 한다.

유도탄 구성품의 전자기 복사 내성을 확인하기 위해서는 RS101, RS103, RS105 항목에 대한 시험을 수행해야 된다.

RS101은 30Hz~100kHz에서의 자기장 복사에 의한 내성이며, RS101은 함체와 해군 지상장비의 부 체계 및 장비에만 필수적이며 다른 플랫폼에는 시험필요성에 따라 제한적으로 적용할 수 있다. RS103은 2MHz~40GHz에서의 전기장 복사에 의한 내성이며 모든 플랫폼에서 부 체계 및 장비에서의 필수적인 시험 항목이다. 체계 및 시스템의 외부 전자기 고주파 환경 시험과 가장 유사한 부 체계 및 장비에서의 내성시험이라고 할 수 있다. RS105는 급작스런 전자기펄스(EMP; electromagnetic pulse)에 인한 간섭의 내성시험이며 복사내성 시험 중 모든 플랫폼에 대해 시험필요성이 언급된 품목에 대해서만 제한적으로 수행한다.

TABLE IV. Emission and susceptibility requirements.

Requirement	Description
CE101	Conducted Emissions, Power Leads, 30 Hz to 10 kHz
CE102	Conducted Emissions, Power Leads, 10 kHz to 10 MHz
CE106	Conducted Emissions, Antenna Terminal, 10 kHz to 40 GHz
CS101	Conducted Susceptibility, Power Leads, 30 Hz to 150 kHz
CS103	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Intermodulation, 15 kHz to 10 GHz
CS104	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Rejection of Undesired Signals, 30 Hz to 20 GHz
CS105	Conducted Susceptibility, Antenna Port, Cross-Modulation, 30 Hz to 20 GHz
CS106	Conducted Susceptibility, Transients, Power Leads
CS109	Conducted Susceptibility, Structure Current, 60 Hz to 100 kHz
CS114	Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection, 10 kHz to 200 MHz
CS115	Conducted Susceptibility, Bulk Cable Injection, Impulse Excitation
CS116	Conducted Susceptibility, Damped Sinusoidal Transients, Cables and Power Leads, 10 kHz to 100 MHz
RE101	Radiated Emissions, Magnetic Field, 30 Hz to 100 kHz
RE102	Radiated Emissions, Electric Field, 10 kHz to 18 GHz
RE103	Radiated Emissions, Antenna Spurious and Harmonic Outputs, 10 kHz to 40 GHz
RS101	Radiated Susceptibility, Magnetic Field, 30 Hz to 100 kHz
RS103	Radiated Susceptibility, Electric Field, 2 MHz to 40 GHz
RS105	Radiated Susceptibility, Transient Electromagnetic Field

그림 3. MIL-STD-461F 전자기 적합성 시험 요구규격  
Fig. 3. Requirements standard of electromagnetic compatibility in MIL-STD-461F.

TABLE V. Requirement matrix.

Equipment and Subsystems Installed In, On, or Launched From the Following Platforms or Installations	Requirement Applicability																	
	CE101	CE102	CE106	CS101	CS103	CS104	CS105	CS106	CS109	CS114	CS115	CS116	RE101	RE102	RE103	RS101	RS103	RS105
Surface Ships	A	A	L	A	S	S	S	A	L	A	S	A	A	A	L	A	A	L
Submarines	A	A	L	A	S	S	S	A	L	A	S	L	A	A	L	L	A	L
Aircraft, Army, Including Flight Line	A	A	L	A	S	S	S			A	A	A	A	L	A	A	L	A
Aircraft, Navy	L	A	L	A	S	S	S			A	A	A	L	A	L	L	A	L
Aircraft, Air Force		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L		A	
Space Systems, Including Launch Vehicles		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L		A	
Ground, Army		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L	L	A	
Ground, Navy		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L	A	A	L
Ground, Air Force		A	L	A	S	S	S			A	A	A		A	L		A	

Legend:

- A: Applicable
- L: Limited as specified in the individual sections of this standard
- S: Procuring activity must specify in procurement documentation

그림 4. MIL-STD-461F 전자기 적합성 시험 요구규격 매트릭스  
Fig. 4. Requirements standard matrix of electromagnetic compatibility in MIL-STD-461F.

2-2 체계 및 시스템의 전자기 내성 요구규격

MIL-STD-464C

MIL-STD-464C는 공중, 해상, 우주 및 지상 체계 및 시스템의 전자기 환경영향 요구규격에 대해 기술하고 있다. 표 1은 규격서에서 기술하고 있는 전자기 적합성 요구사항의 분류를 나타낸다. 총 15가지 항목에 대해서 기술하고 있으며 항목 별 요구 조건과 규격만 기술하고 상세 시험절차는 제시되지 않는 것이 특징이다. 다만, 부록을 통해서 규격에 대한 지침과 요구사항의 근거 등을 기술하여 시험방법과 절차에 대한 가이드를 제시하고 있다. 체계 및 시스템의 규격에 의해서 기술된 전자기 내성에 대한 적용 시험은 외부 전자기 고주파 환경시험이다. 플랫폼에 따라 전기장의 침투치와 평균치 기준을 통해 최대 외부 전자기 환경에 대해 기술하고 있다. MIL-STD-464C에 기술된 외부 전자기 환경의 프로파일은 수상함, 지상 시스템, 회전익, 고정익 등 6가지의 규격이 제시되어 있으며 유도탄 같은 경우 고정 날개를 가지는 비행체로 분류되어 그림 5와 같이 고정익에 대한 규격인 MIL-STD-464C Table 6. Maximum external EME for fixed-wing aircraft including UAVs, excluding shipboard operations를 적용한다. 주파수의 범위는 10kHz~50GHz사이이며 2MHz~30MHz 구간과 같이 전체의 최대값과 평균값이 동일한 경우 CW(continuous wave)신호를 생성하여 시험을 수행하고, 그 외의 경우에는 MIL-STD-461F의 4.3.10.4.2 Modulation of susceptibility signals에 정의되어 있는 것과 같이 펄스 변조(PM; pulse modulation)을 이용하여 신호를 생성한다.

표 1. MIL-STD-464C 전자기 적합성 시험 요구사항의 분류

Table 1. Classification of electromagnetic compatibility test requirements in MIL-STD-464C

MIL-STD-464C Requirement	
1	Margins
2	Intra-system electromagnetic compatibility (EMC)
3	External radio frequency(RF) electromagnetic environment (EME)
4	High-power microwave (HPM) sources
5	Lightning
6	Electromagnetic pulse (EMP)
7	Subsystems and equipment electromagnetic interference (EMI)
8	Electrostatic charge control
9	Electromagnetic radiation hazards (EMRADHAZ)
10	Life cycle, E3 hardness
11	Electrical bonding
12	External grounds
13	TEMPEST
14	System radiated emissions
15	EM spectrum compatibility

TABLE 6. Maximum external EME for fixed-wing aircraft, including UAVs, excluding shipboard operations.

Frequency Range (MHz)		Electric Field (V/m - rms)	
		Peak	Average
0.01	2	88	27
2	30	64	64
30	150	67	13
150	225	67	36
225	400	58	3
400	700	2143	159
700	790	80	80
790	1000	289	105
1000	2000	3363	420
2000	2700	957	209
2700	3600	4220	455
3600	4000	148	11
4000	5400	3551	657
5400	5900	3551	657
5900	6000	148	4
6000	7900	344	14
7900	8000	148	4
8000	8400	187	70
8400	8500	187	70
8500	11000	6299	238
11000	14000	2211	94
14000	18000	1796	655
18000	50000	533	38

그림 5. MIL-STD-464C UAV를 포함한 고정익 항공기의 최대 외부 전자기 고주파 환경 규격

Fig. 5. Standards of maximum external RF EME for fixed-wing aircraft, including UAVs in MIL-STD-464C.

III. 유도탄 구성품 및 시스템 전자기내성 시험 구성

3-1 유도탄 구성품 전자기 내성시험 구성

그림 6은 일반적인 유도탄의 구성을 나타낸다. 특히, 탐색기(seeker), 유도 제어 장치(guided control unit), 구동장치(actuator), 관성 항법 장치(inertial measurement unit) 등은 다양하고 복잡한 전자장치 및 부품들로 구성되어 있기 때문에 서로간의 전자기 환경에 대한 내성확인이 반드시 필요하며 이는 MIL-STD-461의 규정된 규격을 기반으로 시험되어야 한다. 지상에서 운용되는 유도탄 구성품의 경우는 보통 지상, 육군(ground, army) 기준으로 설정하고, 그림4에서 제시된 것과 같이 해당되는 플랫폼으로 적용하여 시험항목을 구성한다. 지상, 육군에 적용되는 항목은 CE102, CS101, CS114, CS115, CS116, RE102, RS103 총 7가지이며 이중 복사 내성에 대한 필수 시험은 RS103이다.



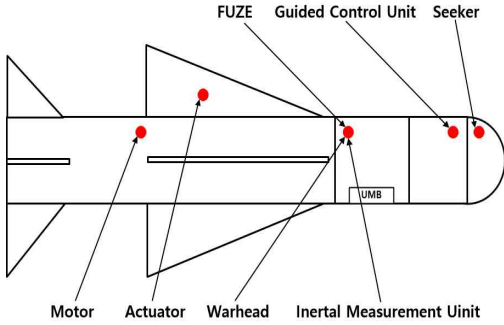


그림 6. 일반적인 유도탄 구성  
Fig. 6. General configuration of missile.

그림 7은 유도탄 구성품 단위의 RS103 시험에 대한 구성도이다. 대상체와 그 대상체를 점검하는 점검 장비(TS; test set), RF amplifier, signal source, sensor 등 전계인가 시험용 장비, 외부 전원공급기(PS; power supply), LISN(line impedance stabilization network)으로 구성된다. 시험 대상기기 구성에서의 배치나 체결은 체계와 장착되는 방식과 동일하게 구성 되어야 하며 이 때 점검 장비와 연결되는 점검용 케이블, 외부 전원공급기에서 LISN을 거쳐 시험 대상기기에 연결되는 전원 케이블은 시험대상에서 제외된다. 시험대상에서 제외되는 품목으로 인한 영향을 최소화하기 위해서 케이블들은 이중 쉴드로 제작하며 내부 통신라인은 트위스트 페어 처리한다. 시험대상 기기와 연결되는 커넥터 부위는 EMI용 테이프나 알루미늄 테이프로 마감하여 전계의 영향을 최소화한다. 구성품의 접지는 실제 장치를 모의한 접지면에 접지하게 되어 있지만, 유도탄의 경우 비접지 상태로 운용되기 때문에 그림 8과 같이 비전도성 표면의 시험 셋업으로 구성되어야 한다.

그림 9는 내성 시험 요구규격의 한계치를 나타낸다. 플랫폼에 따른 전계의 세기와 주파수를 제시하고 있다. 유도탄 구성품의 경우 GROUND에 해당하게 되며, ARMY의 경우 전 주파수 대역에서 50V/m의 기준으로 전계를 인가해야 하며 센서를 통하여 50V/m의 전계가 측정됨을 확인하여 시험을 수행한다. 18GHz에서 40GHz 구간의 경우 요구사항에 따라 필요시에만 수행하게 된다. 전계 인가 시 스캔 스텝과 사이즈는 CW(continuous wave)와 PW(pulse wave)로 나뉘어 질수 있다. CW 스캔은 그림 9와 같이 주파수 스캔 속도를 선정하게 되며 PW 스캔은 3초 이상 또는 시험대상 기기의 응답 시간 중 더 긴 시간을 선택하여 사용한다. 시험대상 기기는 점검 장비에 의해서 스캔시간 내에 정상동작 여부를 확인할 수 있어야 하며 BIT(built-in test), 신호, 전원 계측 등으로 확인될 수 있다. 검증 항목으로는 통신, 디지털 및 아날로그 신호, 전원을 기준으로 정해진 전계 시간 내에 이상이 없음을 반복적으로 확인할 수 있어야 하며 점검 장비를 통한 결과가 불합격이 될 경우 알람을 통하여 전계 인가가 정지될 수 있도록 구성해야 한다.

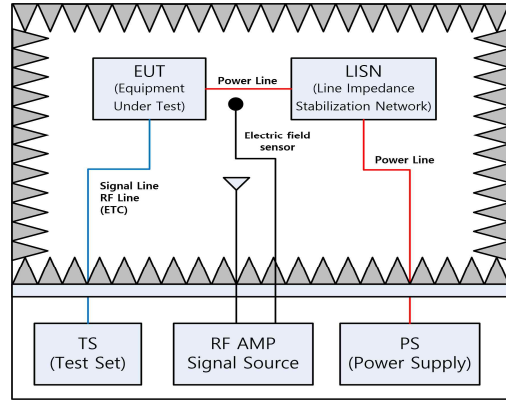


그림 7. 유도탄 구성품 시험 구성도  
Fig. 7. Configuration of missile subsystem.

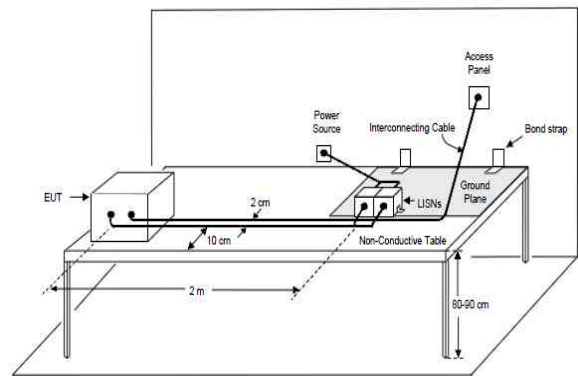


FIGURE 3. Test setup for non-conductive surface mounted EUT.

그림 8. MIL-STD-461F 비전도성 표면의 EUT 시험 셋업  
Fig. 8. Test setup for non-conductive surface mounted EUT in MIL-STD-461F.

TABLE VII. RS103 limits.

PLATFORM	FREQ. RANGE	LIMIT LEVEL (VOLTS/METER)							
		AIRCRAFT EXTERNAL OR SAFETY CRITICAL	AIRCRAFT INTERNAL	ALL SHEPS (ABOVE DECKS) AND SUBMARINES (EXTERNAL)*	SHEPS (METALLIC) (BELOW DECKS)	SHEPS (NON-METALLIC) (BELOW DECKS) **	SUBMARINES (INTERNAL)	GROUND	SPACE
2 MHz	A	200	200	200	10	50	5	50	20
	N	200	200	200	10	50	5	10	20
30 MHz	AF	200	20	-	-	-	-	10	20
	A	200	200	200	10	10	10	50	20
1 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	200	200	10	10	10	10	20
18 GHz	AF	200	20	-	-	-	-	10	20
	A	200	200	200	10	10	10	50	20
40 GHz	A	200	200	200	10	10	10	50	20
	N	200	60	-	-	-	-	50	20
40 GHz	AF	200	60	-	-	-	-	50	20
	A	200	200	200	10	10	10	50	20

KEY: A = Army  
N = Navy  
AF = Air Force  
\* For equipment located external to the pressure hull of a submarine but within the superstructure, use SHEPS (METALLIC) (BELOW DECKS)  
\*\* Equipment located in the hangar deck of Aircraft Carriers

그림 9. MIL-STD-461F의 복사내성 시험 규격  
Fig. 9. Standards of radiated susceptibility test in MIL-STD-461F.

TABLE III. Susceptibility scanning.

Frequency Range	Analog Scans Maximum Scan Rates	Stepped Scans Maximum Step Size
30 Hz - 1 MHz	0.0333 $f_0$ /sec	0.05 $f_0$
1 MHz - 30 MHz	0.00667 $f_0$ /sec	0.01 $f_0$
30 MHz - 1 GHz	0.00333 $f_0$ /sec	0.005 $f_0$
1 GHz - 40 GHz	0.00167 $f_0$ /sec	0.0025 $f_0$

그림 10. MIL-STD-461F의 내성 시험 스캔 규격  
Fig. 10. Standards of susceptibility test scanning in MIL-STD-461F.

3-2 유도탄 전자기 내성시험 구성

유도탄 구성품 단위에서 RS103의 내성시험을 통과한 구성품들은 단계별 점검을 통해 유도탄시스템 상태로 조립된다. 유도탄의 경우 유도탄 구성품의 상위 체계 단위로 식별될 수 있고, MIL-STD-464C를 참조하여 내성 시험을 하게 된다. 시스템 규격서의 15개 항목 규격 중 전자기 내성시험 항목인 external RF EME는 최종 운용 상태인 유도탄 시스템 단위에서의 복사 내성시험이다. 앞서 언급한 것과 같이 유도탄 시스템의 경우 고정익 항공기 항목으로 식별되며 제시된 주파수 별 전계 세기에서의 전자기 내성을 만족해야 한다. MIL-STD-464C에서는 스캔 속도와 스캔 스텝에 대한 정의가 없기 때문에 구성품 규격서인 MIL-STD-461F의 복사내성 시험규격을 참고한다.

그림 10은 MIL-STD-461F의 복사내성 시험 규격에서 정의하는 스캔 스텝과 스캔 속도를 나타낸 것이다. 스캔 스텝과 스캔 속도는 유도탄 시스템의 정상상태를 확인하는 점검 장비 또는 원격측정장치와의 데이터 획득 속도를 고려하여 테일러링 (tailoring) 되어야 한다. 시험 규격과 유도탄의 상태 확인 방법이 정해지면 시험하고자 하는 유도탄 시스템 각 구성품의 주요 사용 주파수를 확인하고, 파장의 길이를 고려하여 전계 인가 위치를 선정해야 한다. 주로 RF를 사용하는 탐색기나 외부로부터 신호를 주고받는 구성품들이 우선적으로 고려되어야 한다. 또한, 고속으로 신호처리와 연산이 이루어지는 유도 제어 장치와 외부로 노출되어 있는 배꼽(UMB; umbilicus) 연결기, 추력기 등도 외부 전자기에 대한 영향을 받을 수 있는 통로가 되기 때문에 전계 인가 위치로 고려되어야 한다. 시험 구성은 구성품 시험과 마찬가지로 그림 11과 같이 구성되며 점검 장비, RF amplifier, signal source, sensor 등 전계인가 시험용 장비, 외부 전원공급기, LISN를 사용한다. 유도탄의 설치는 슬링 등의 나일론 끈으로 매달거나 비전도성 받침대를 사용하여 전계의 반사 등이 영향이 미치지 않도록 한다. 또한, 유도탄 시스템도 비접지가 되어야 하며, 사용되는 점검용 케이블은 구성품 시험과 마찬가지로 시험 대상 체의 품목이며 이중 실드와 트위스트 페어를 적용하여 제작한다. 그림 12는 점검케이블의 차폐 및 접지 분리 방법을 표현한 것이다. 접지된 점검장비에 연결된 점검용 케이블을 전도성 알루미늄 호일로 감싸 차폐가 될 수 있도록 하

고, 그 사이에 절연체를 사용하고 그 위를 다시 알루미늄 호일로 감싸 중간에 접지가 분리되도록 구성한다.

마지막으로 정상여부를 판단하기 위한 점검항목을 설정해야 한다. 유도탄에는 다양한 구성품들이 유기적으로 연동되어 시험의 결과를 검증할 수 있는 구성품들의 상태 점검항목을 선정하는 것이 매우 중요하다. 전계의 위치에 따라 구성품의 점검항목을 선정할 수 있으며 구성품과 마찬가지로 통신, 디지털 및 아날로그 신호, 전원을 기준으로 정상상태를 확인한다. 유도탄의 상태를 점검하는 점검장비를 통한 방법과 유도탄 내부의 원격측정장치와 원격측정장치 점검장비를 이용하여 무선 혹은 유선으로 유도탄 상태 데이터를 수신하여 정상상태를 확인할 수 있는 방법이 있다.

점검장비의 운용은 주기적으로 유도탄의 상태를 확인할 수 있는 점검으로 수행되어야 하며 스캔 속도와 스텝사이즈를 고려하여 주파수 별 전계인가 시간보다 짧은 시간에 한 주기의 상태 확인 점검이 이루어질 수 있도록 설정되어야 한다. 또한, 상태 점검이 불합격한 경우에는 그 주파수를 기록하고 중단된 전계 주파수 범위보다 앞선 주파수부터 시험이 재수행되어야 한다.

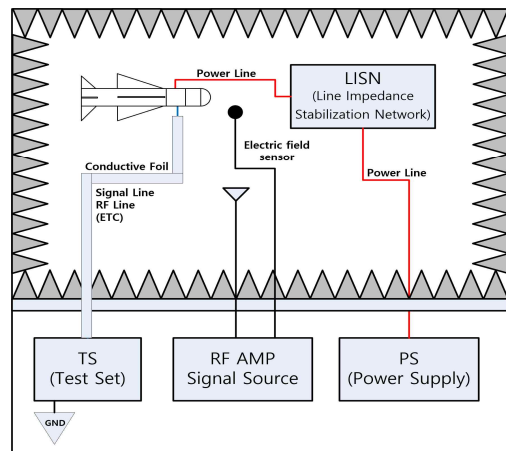


그림 11. 유도탄 시스템의 시험 구성도  
Fig. 11. Configuration of missile system.

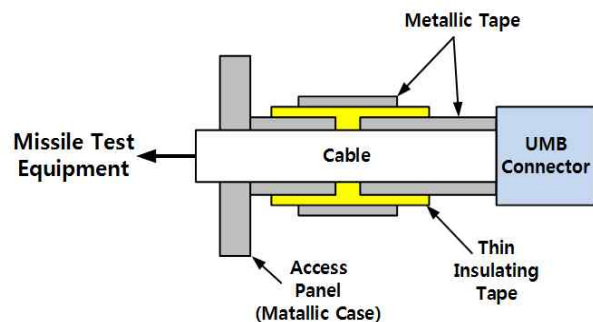


그림 12. 점검 케이블 차폐 및 접지 분리  
Fig. 12. Configuration of separate grounding and shielding on the test cable.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 유도탄 구성품과 유도탄 시스템의 전자기 내성 적용 규격에 대해 소개하고 전자기 내성시험에 대한 방법을 제안하였다.

유도탄의 최종 운용단계에서 비접지로 운용됨을 고려하여 유도탄 구성품과 유도탄 시스템을 비접지하는 방법으로 구성하였고, 구성품의 비전도성 표면의 배치, 유도탄 연결 점검 케이블의 접지 분리 등을 통해서 비접지 상태를 구성할 수 있음을 제시하였다. 또한, 유도탄 시스템에서의 전계위치 선정방법은 사용 주파수를 고려하여 취약점(weak points)이 고려되어 위치가 선정되도록 제안하였고 마지막으로, 점검장비를 통한 정상상태 확인사항은 BIT, 원격측정장치를 통한 신호, 전원에 통해 검증이 될 수 있음을 제안하였다.

제안한 시험 구성 및 전계위치 선정방법, 점검장비를 통한 정상상태 확인 방법을 이용하면 유도탄뿐만 아니라 여러 무기 체계 전자기 내성 시험에 활용가능 할 것으로 기대된다.

#### References

- [1] S. J. Lee, *Missile Bible*, 1<sup>st</sup> ed. Seoul, Korea: Planet Media, pp. 176-179, 2016.
- [2] MIL-STD-461F, Department of defense interface standard: Requirements for the control of electromagnetic interference characteristics of subsystems and equipment, department of defense: united states of america, 2007, [Internet]. Available: [http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461F\\_19035/](http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-461F_19035/)
- [3] MIL-STD-464C, Department of defense interface standard: Electromagnetic environmental effects requirements for systems, department of defense: united states of america, 2010, [Internet]. Available: [http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-464C\\_28312/](http://everyspec.com/MIL-STD/MIL-STD-0300-0499/MIL-STD-464C_28312/)
- [4] M. Heo, A study electromagnetic compatibility test for military aircrafts, Ph.D. dissertation, Dankook University, Gyeonggi, Korea, 2012.



**이 대 현 (Dae-Hyun Lee)**

2008년 2월 : 경희대학교 동서의료공학과 (공학사)  
 2010년 2월 : 경희대학교 동서의료공학과 (공학석사)  
 2013년 5월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원  
 ※관심분야 : 유도무기, 탄 체계, 신호처리, 임베디드 시스템



**오 택 근 (TaeckKeun Oh)**

2010년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)  
 2015년 2월 : 연세대학교 전자전기공학과 (공학석사)  
 2015년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원  
 ※관심분야 : 마이크로파 회로해석 및 설계, 임베디드 시스템, 유도탄 체계



**오 세 권 (Se-Kwon Oh)**

2011년 2월 : 명지대학교 정보통신공학과 (공학사)  
 2013년 2월 : 명지대학교 정보통신공학과 (공학석사)  
 2013년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원  
 ※관심분야 : 유도무기, 탄 체계, 체계공학, 소프트웨어공학



**김 형 재 (Hyung-Jae Kim)**

2009년 2월 : 건국대학교 의용전자공학과 (공학사)  
 2011년 8월 : 경희대학교 동서의료공학과 (공학석사)  
 2013년 4월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원  
 ※관심분야 : 유도무기, 탄 체계, 신호처리, 임베디드 시스템



**박 동 현 (Dong-Hyun Park)**

2011년 8월 : 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부 (공학사)  
 2013년 8월 : 한양대학교 전자컴퓨터통신공학과 (공학석사)  
 2014년 10월 ~ 현재 : 국방과학연구소 연구원  
 ※관심분야 : 유도무기, 정보통신