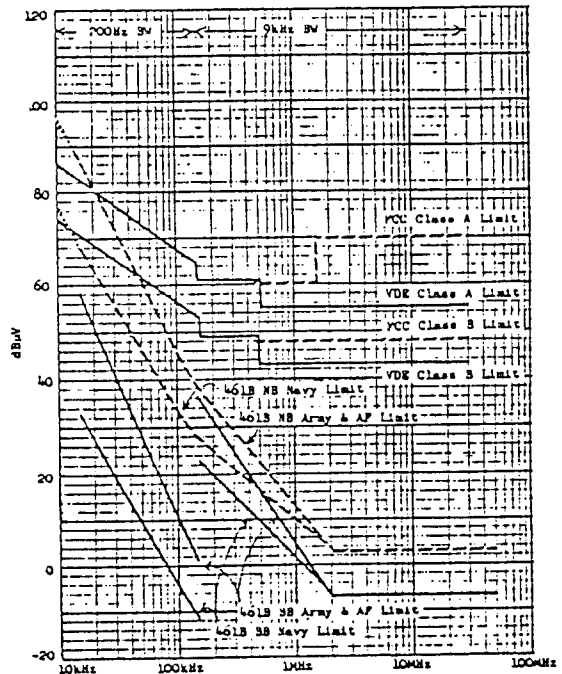


군사규격에 의한 전자파 간섭 시험

군사장비에 대한 EMI 문제는 2차 세계대전 이후 전자 장비에 대한 의존도가 높아짐에 따라 크게 변화하였다. 2차 세계대전 초기에는 주로 항공기의 엔진점화장치에서 발생하는 3-30 MHz 대역의 무선주파수간섭(RFI)이 통신장비에 문제가 되었으며 간섭현상도 그다지 심각하지 않았다 [1]. 그러나 전자공학의 급속한 발전에 따라 고성능 통신장비 및 레이더가 등장하였으며 각종 전자장비도 고출력화, 고밀도화됨에 따라 장비자체에서 방사되는 전자파잡음의 세기가 증가하게 되었다. 이에 반해 체계(System) 탑재 전자장비들이 점차 마이크로프로세서화 됨에 따라 제어신호의 수준은 더 낮아져서 전자파간섭에 더욱 취약하게 되었다. 또한 현대의 전장(Battle Field)은 수많은 전기/전자장비가 동시에 운용됨에 따라 발생하는 전자파로 인해 더욱 복잡한 전자파환경이 형성된다.

군사장비의 전자파간섭 요구성능이 일반 상용장비보다 더욱 엄격하다는 것은 관련규격을 비교해보면 잘 알 수 있다. 그림 1은 전도방사(CE)한계치를 군사규격과 상용규격인 VDE, FCC 와 비교한 결과인데 각각 다른 시험조건에서의 한계치를 동일 조건으로 환산시킨 값으로 군사규격의 전자파잡음 한계가 상용규격보다 훨씬



간종만, 이응주, 이철수, 최태인
국방과학연구소 전자기연구실

그림 1. 군사규격과 상용규격의 전도방사 한계치 비교

전 낮게 요구하고 있기 때문에 규격만족이 어렵고 요구 규격을 만족시키기 위해서는 추가적인 억제대책을 강구해야 한다 [2]. 따라서 장비의 무게와 비용이 증가하게 된다는 것을 알 수 있다. 또한 일반 상용장비는 대부분이 장비자체로서 기능을 발휘하기 때문에 관련 전자과간섭 시험시설 및 장비도 소형이지만 항공기, 장갑차, 전차등과 같이 각종 전기/전자장비가 탑재된 체계의 전자과간섭 시험을 위해서는 체계 전체를 시험시설내에 넣고 전장에서 전자과환경과 유사한 전자장으로 시험평가를 수행해야 하므로 대형 시험시설이 필요하다.

본고는 군사장비에 대한 전자과간섭관련 군사규격과 시험평가 방법에 대해 간단히 소개하였다.

II. 본 론

각종 군사장비의 운용상황에서 전자과간섭 요구성능의 만족여부를 확인하기 위한 시험장(Test Site)조건은 다음과 같다 [3].

1. 시험장 조건

가. 주위 전자과잡음 수준(Ambient Electromagnetic Level)

복사방사(RE)시험은 수신안테나를 사용하여 피시험체에서 복사되는 전자과를 측정하므로 시험전에 측정위치의 전자과잡음 수준을 측정해야 한다. 주위 전자과잡음 수준은 피시험체를 OFF 시킨 상태에서 측정하며 적용되는 규격서의 시험한계치(Limit)보다 6 dB 이하에 있어야 한다. 그러나 전도방사(CE)시험은 전류 프로브를 사용하여 전도성잡음을 측정하기 때문에 주전원이 여파되어 있으면 전자과잡음 수준을 측정할 필요가 없다.

나. 시험장 종류

1) 차폐시험시설(Shielded Enclosure)

차폐시험시설에서 전자과간섭 시험을 수행할때 시험시설의 차폐효율 및 전원의 필드특성은 다음조건을 만족하여야 하며 전자과의 벽면반사를 방지하기 위해 전자과흡수재(Absorber)를 벽면에 부착시킨다.

○ 시험시설의 차폐효율

MIL - STD - 285에 따라 측정하였을때 시험주파수 범위에서 80 dB 이상 [4]

○ 시험시설의 전원필터 특성

MIL - STD - 220 A 에 따라 측정하였을때 10 KHz 이상의 주파수에서 80 dB 이상 [5]

2) 야외 시험장(Open Field Site)

야외 시험장은 충분히 큰 차폐 시험시설을 사용할 수 없거나 또는 피시험체의 특성이 차폐시설의 사용을 제한할때 사용될 수 있다. 이때 시험장 주위의 전자과잡음 수준은 적용규격서의 시험 한계치보다 6 dB 이하에 있어야 하므로 체계 복사방사(RE)시험보다는 체계 복사내성(RS) 시험이 많이 사용된다.

다. 접지판(Ground Plane)

부속장비 전자과간섭 시험에 주로 사용되는 접지판은 구리판 또는 황동판이 사용되고 시험시설과 양호한 접속(Bonding)특성을 나타내야 하며 아래와 같은 조건을 만족하여야 한다.

○ 접지판 두께

- 구리판 : 0.25mm 이상

- 황동판 : 0.63mm 이상

○ 접지판 면적 : 2.25m² 이상

○ 접지판의 짧은쪽 길이 : 76cm 이상

○ DC 접속저항 : 2.5m.Ω 이하

○ 접속점 사이의 거리 : 90 cm 이하

2. 시험종류 및 시험방법

일반적으로 군사장비는 많은 부속장비로 구성되며 각

표 1. MIL - STD - 461B/C 적용기준

Class	Description	Applicable Part
A	Equipments and subsystems which must operate compatibly when installed in critical areas, such as the following platforms or installations:	
A1	Aircraft (including associated ground support equipment)	2
A2	Spacecraft and Launch Vehicles (including associated ground support equipment)	3
A3	Ground facilities (fixed and mobile, including tracked and wheeled vehicles)	4
A4	Surface Ships	5
A5	Submarines	6
B	Equipments and subsystems which support the Class A equipments and subsystems but which will not be physically located in critical ground areas. Examples are electronic shop maintenance and test equipment used in non-critical areas; aerospace ground equipment used away from flightlines; theodolites, nav aids and similar equipments used in isolated areas.	7
C	Miscellaneous, general purpose equipments and subsystems not usually associated with a specific platform or installation. Specific items in this class are:	
C1	Tactical and special purpose vehicles and engine-driven equipment	8
C2	Engine generators and associated components, uninterruptible power sets (UPS) and mobile electric power (MEP) equipment supplying power to or used in critical areas	9
C3	Commercial electrical or electro-mechanical equipment	10

부속장비는 케이블 하네스(Cable Harness)에 의해 상호 연결되어 있어 발생하는 전자파잡음이 복합적으로 나타난다. 따라서 군사 규격서에서는 체계의 구성 및 운용개념에 따라 전자파간섭 시험을 부속장비 (Subsystem/Equipment), 체계내 (Intra-System) 및 체계간 (Inter-System) 전자파 간섭 시험단계로 나누어서 수행하고 있으며 부속장비를 연결시켜주는 케이블 하네스에 대한 전자파 차폐율 시험도 요구하고 있다 [6.7].

가. 부속장비 전자파간섭 시험

군사장비에 대해 세계 공통적으로 사용되고 있는 전자파간섭 시험규격은 MIL-STD-461/462이다 [3.8]. 전자장비에 대한 시험한계치를 규정한 MIL-STD-461A는 1967년에 제정되어 수차례의 수정을 통해 1986년에 MIL-STD-461C 개정판이 발간되었으며, 주요 변경내용은 장비가 운용되는 전자파환경에 따라 적용기준을 달리 하였고 핵폭발시 발생하는 강력한 전자파펄스(EMP:Electromagnetic Pluse)에 대한 시험항목(CS10, CS11, RS05)을 추가 하였다[8.9]. 현재 MIL-STD-461A(Notice 1-6), 461B(Part 1-10) 및 461C(Part 1-10)는 시

험 규격서로서 모두 사용되고 있으며 주로 장비의 개발 시기에 따라 적합한 규격서가 선택되고 있다.

부속장비는 그림 2와 같이 전원선을 통해 필요한 전원을 공급받고 케이블 하네스에 의해 타 장비와 연결되기 때문에 전자파잡음은 케이블과 장비 하우징(Housing)등을 통해 외부로 방사된다. 따라서 MIL-STD-461에서는 장비자체에서 방사되는 전도 및 복사방사 시험 한계치는 물론 타 장비로 부터 방사되는 전자파잡음에 대한 내성시험 한계치도 규정하고 있다. 표 1-3은 현재 가장 많이 사용되고 있는 MIL-STD-461C의 적용기준, 장비별 요구 시험항목(예: A3등급 장비에 대한 요구 시험항목) 및 시험항목별 시험내용을 기술하였다.

부속장비별 시험항목은 먼저 장비의 설치위치와 운용개념에 의해 등급(표 1 참조)이 결정되고 그 등급에 따라서 적용시켜야 할 Part가 정해진다. 그러면 그 적용Part에 기술된 장비별 요구시험항목표(표 2 참조)에 의해서 부속장비의 전자파간섭 시험항목이 결정된다.

표 2. 장비별 시험항목(A3 등급장비)

Requirement Specific Equipment/Subsystem	Equipment Category																						2															
	Microsect	Transmitters	Antenna Multicouplers	Amplifier, Tuned, RF	Amplifier, Untuned, RF	Intercom/Interphone	Modem	Repeater	Amplifier, Power/Audio	Modulator	Multiplexers	Laser Drivers	IR Drivers	Transponders	Beacons	Power Supplies	Sensor/Antennae	Inertial Guidance	Teletypewriters	Readers	Visual Displays	Digital Equipment		Prographic Equipment	Trainers / Simulators	Telephones SWED	Scans/Synthes	Test Equipment	Time/Frequency STDS	Ultrasonic Devices	Telephones	Surface Launched Missiles	Commercial Equipment (Army Only)	All Other Not Listed Equip	Applicable Paragraph			
CE01	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	2			
CE03	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	3		
CE06	Y _L	Y _L	T	Y _L	Y _L									Y _L	Y _L																				Y _L	4		
CE07	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	5			
CS01	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	6			
CS02	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	7		
CS03	Y _L		T	T	T	Y _L			Y _L					Y _L			T				Y _L												Y _L		Y _L	8		
CS04	Y _L		T	T	T	T			T																									Y _L		9		
CS05	Y _L		T	T	T	Y _L			Y _L					Y _L							Y _L													Y _L		Y _L	10	
CS06	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	11		
CS07	Y _L																																				12	
CS09	Y _L	T	Y _L	Y _L	Y _L				Y _L					Y _L			Y _L	T				Y _L						Y _L						Y _L		Y _L	13	
CS10	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	14		
CS11	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	15		
RE01	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	16	
RE02	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	17	
RE03		Y _L												Y _L	Y _L																				Y _L	Y _L	18	
RS01	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	19	
RS02	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	20
RS03	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	21
RS05	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	Y _L	22

Y: 적용 (필수), Y_L: 제한적용, T: 적용 (필요시)

표 3. 시험항목별 시험내용

Method	Title Frequency Range
Conducted Emission	
CE01	Power and Interconnecting Leads, up to 15 kHz
CE03	Power and Interconnecting Leads, 15 kHz to 50 MHz
CE06	Antenna Terminals, 10 kHz to 26 GHz
CE07	Transients, Power Leads, Spikes, Time Domain
UM04	Power Leads, Engine Generators, Etc., 15 kHz to 50 MHz
UM05	Power Leads, Commercial Eqpt./Critical Areas, 50 kHz to 50 MHz
Conducted Susceptibility	
CS01	Power Leads, 30 Hz to 50 kHz
CS02	Power Leads, 50 kHz to 400 MHz
CS03	Intermodulation, 15 kHz to 10 GHz
CS04	Rejection of Undesired Signal, 30 Hz to 20 GHz
CS05	Cross Modulation, 30 Hz to 20 GHz
CS06	Spikes, Power Leads
CS07	Squelch Circuits
CS09	Structure Currents, 60 Hz to 100 kHz
CS10	Damped Sinusoidal Transients, Pins and Terminals, 10 kHz to 100 MHz
CS11	Damped Sinusoidal Transients, Cables, 10 kHz to 100 MHz
Radiated Emission	
RE01	H-Field, 0.03 to 50 kHz
RE02	E-Field, 14 kHz to 10 GHz
RE03	Sourious and Harmonics, Radiated Technique
UM03	E-Field, Tactical and Special-Purpose, 150 kHz to 1,000 MHz
UM04	E-Field, Engine Generators, Etc., 14 kHz to 1,000 MHz
UM05	E-Field, Commercial Eqpt./Critical Areas, 150 kHz to 400 MHz
Radiated Susceptibility	
RS01	H-Field, 0.03 to 50 kHz
RS02	H- and E-Fields, Spikes and Power Frequencies
RS03	E-Field, 14 kHz to 40 GHz
RS05	Electromagnetic Pulse Field Transients
UM04	E-Field, Engine Generators, Etc., 2 MHz to 10 GHz

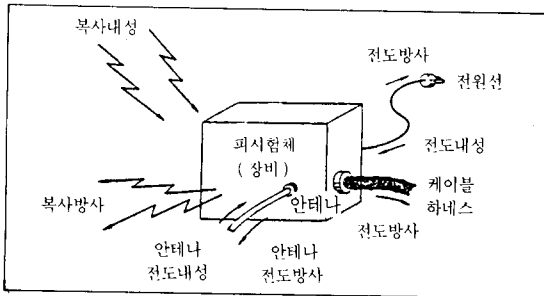


그림 2. 부속장비 전자파간섭 시험개념

나. 케이블 차폐를 시험

그림 2에서 보여준 바와 같이 MIL-STD-461에서는 부속장비 단위의 전자파간섭 시험만을 요구하기 때문에 케이블 하네스 자체에 대한 전자파간섭 시험이 필요하다.

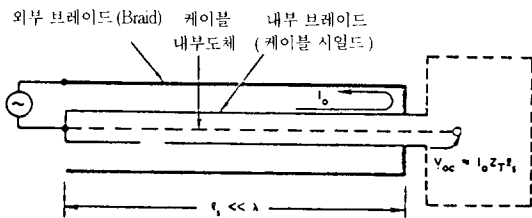


그림 3. 케이블 전자파 차폐율 시험

부속장비를 상호 연결시켜 주는 케이블 하네스에 대한 전자파간섭 시험은 외부 전자장과 케이블 내부 도체 신호사이의 전자파 결합을 방지하기 위한 것으로서 케이블 시일드 (Shield)의 표면전달 임피던스 (STI: Surface Transfer Impedance, Z_s)를 측정하여 차폐율로 환산한다 [10,11]. 표면전달 임피던스는 그림 3과 같이 케이블 시일드에 흐르는 전류와 이 전류에 의해 케이블 내부 도체에 유기된 전압의 비를 말하며, 시험용 케이블의 제작방법과 시험방법은 MIL-C-85485에 상세히 기술되어 있다.

다. 체계내 전자파간섭 시험 (Intra-System EMC)

그림 4는 부속장비 단계에 적용되는 MIL-STD-461와 체계단계에 적용되는 MIL-E-6051D 사이의 관계를 나타내었다 [6,12]. 최 외곽 점진내에 있는 모든 부속장비가 MIL-STD-461에 의거한 전자파간섭 시험평가를 통해 양립성 (EMC)을 가지고 체계에 탑재되었다 하더라도 각 부속장비는 제한된 공간내에 밀집하게 배치되므로 체계 자체의 전자파양립성을 보증할 수 없다. 따라서 체계내 전자파간섭 시험이 요구된다.

MIL-E-6051D는 체계 전자파환경, 낙뢰 보호대책, 정전기, 접속 및 접지등이 포함된 복합적인 체계 규격서로서 체계를 구성하는 모든 장비에 적용된다 [12]. 이 규격서의 주요 목적은 체계의 정상운용상태에서 전 체계의 전자파양립성을 보증하는 것으로, 모든 장비는 적어도 6dB (전기기폭관 (EED)의 경우는 20dB)의 전자파 안전여유치 (Safety Margin)을 가져야 한다. 즉, 모든 구성장비는 체계의 정상 운용상태에서 발생하는 전자파 잡음보다 적어도 2배 이상 되는 전자파환경하에서도 정상운용되어야 한다. 그러나 MIL-E-6051D는 체계 전자파양립성 시험을 수행하는데 필요한 시험절차와 시험장비에 대해 기술하지 않고 체계 계약자에게 상세한 시험 계획을 수립하도록 하였다.

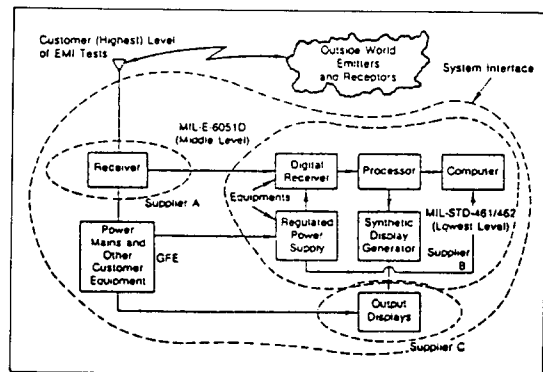


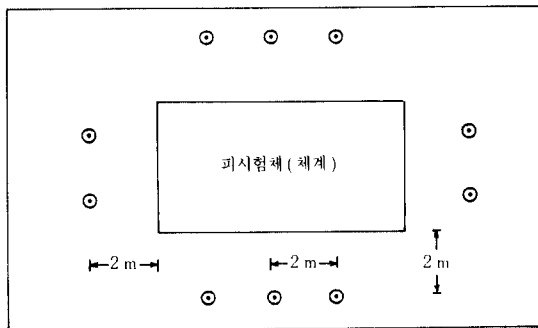
그림 4. 체계내 전자파간섭 시험

라. 체계간 전자파간섭 시험 (Inter-System EMC)

체계간 전자파간섭 시험은 체계가 운용될 전자파환경 하에서 전체계의 전자파양립성을 평가하는 시험으로서 일반적으로 복사방사 및 복사내성 시험으로 나눌 수 있으며 주요 목적을 지닌 체계에 대해서는 전자파펄스, 낙뢰 및 정전기방전 시험등이 추가된다 [13].

1) 체계 전자파 복사방사(RE)

체계 전자파 복사방사 시험은 체계에서 복사되는 전자파 잡음이 근처 다른 체계에 전자파간섭 현상을 일으키는가를 측정하는 것이다. 시험 요구신호는 150KHz-1GHz 주파수범위의 광대역 (Broadband) 신호이며 그림 5와 같이 여러 위치에서 최대 복사방사량을 측정한다 [6.14].



⊙: 수신안테나 위치

그림 5. 체계 복사방사 시험

표 4. 체계 전자파환경 조건

전계의 세기 주파수	변 조 방 법			
	CW	AM	FM	PM
100kHz - 2MHz	25V / m	25V / m	-	-
2MHz - 20MHz	50V / m	50V / m	-	-
20MHz - 100MHz	50V / m	50V / m	50V / m	-
100MHz - 400MHz	25V / m	25V / m	-	-
400MHz - 500MHz	25V / m	25V / m	-	50V / m
500MHz - 1GHz	50V / m	50V / m	-	50V / m
1GHz - 9.3GHz	-	-	-	50V / m
9.3GHz - 18GHz	-	-	-	25V / m

2) 체계 전자파 복사내성 (RS)

체계 전자파 복사내성 시험은 외부의 전자파 환경하에서 체계가 운용중일때 체계의 성능저하현상을 측정하는 것으로서 일반적인 전자파환경 조건은 표 4와 같다 [13].

송신안테나와 체계사이의 시험거리는 요구 전계의 세기를 고려하여 2-6 m사이에서 결정되지만, 제한된 안테나의 Spot 크기 (Illumination Area) 때문에 복사내성 시험은 체계를 Spot 크기에 따라 여러부분으로 나누어서 수행되어야 하므로 많은 시험시간이 소요된다.

III. 결 론

일반적으로 군사장비의 복잡한 구성과 체계가 운용될 전자파 환경조건때문에 군사장비에 대한 전자파간섭 시험규격 (MIL-STD-461) 이 일반 상용장비에 대한 시험규격 (VDE, FCC) 보다 더욱 엄격하게 규제하므로 규격만족이 어렵고 요구규격을 만족시키기 위해서는 추가적인 억제대책이 강구되어야 하며 체계의 전자파간섭 요구성능의 만족여부를 확인하기 위해서는 대형 차폐시험시설이 필요하다.

군사장비에 대한 전자파 시험규격은 체계의 운용 전자파 환경에 따라 적용기준을 달리하여 장비단위부터 체계 단위까지 시험평가를 수행하고 있으며 주요 목적을 지닌 체계에 대해서는 전자파펄스, 낙뢰시험등을 요구하고 있다. 또한 각종 고성능 전자장비가 운용될 현대 전장의 복잡한 전자파환경에서 체계의 성능을 보증하기 위해 요구 시험규격의 시험주파수범위가 40GHz 까지 확장되고 복사내성 시험시 전계의 세기도 200V / m까지 증가될 전망이다.

참고문헌

- (1) Ron Brewer, MIL-STD-461C/462, EMC EXPO 1987, May 1987, pp. T12.18-12.20
- (2) R. B. Cowdell, The Relationship Between MIL-Spec. and Commercial EMI Requirements, 1986 IEEE International Symposium on EMC, Sep. 1986, pp. 396-400
- (3) Department of the Army, MIL-STD-462 Notice 3 "Electromagnetic Interference Characteristics, Measurement of", 9 Feb. 1971.
- (4) Department of Defense, MIL-STD-285 "Attenuation Measurement for Enclosures, Electromagnetic Shielding, for Electronic Purposes, Method of", 25 June 1956.
- (5) Department of Defense, MIL-STD-220A "Method of Insertion-Loss Measurement", 25 June 1952.
- (6) E. L. Bronaugh and W.S. Lambdin, Electromagnetic In-

terference Test Methodology and Procedures, EMI/EMC Handbook Vol.6, Interference Control Technologies, 1988.

(7) Department of Defense, MIL-C-85485A "Cable Electric, Filter Line, Radio Frequency Absorptive", 10 May 1983.

(8) Department of Defense, MIL-STD-461C "Electromagnetic Emission and Susceptibility Requirements for the Control of electromagnetic Interference", 4 Aug. 1986.

(9) Frank E Rock, The New MIL-STD-461C/462 N5 EMC Specs, EMC EXPO 1987, May 1987, pp. T 26.1-26.3

(10) S. A. Schelkunoff, The Electromagnetic Theory of Coaxial Transmission Lines and Cylindrical Shields, Bell Syst. Tech J., Vol.13, Oct. 1934, pp.532-579

(11) Albert R. Martin, An Introduction to Surface Transfer Impedance, EMC Technology Vol. 6, NO. 3, July 1982, pp.44-52

(12) Department of Defense, MIL-E-6051D "Electromagnetic Compatibility Requirements, Systems", 7 Sep.1967.

(13) U. S. Army Missile Command, Electromagnetic Environmental Criteria for U.S.Army Missile Systems:EMC, EMR, EMI, EMP, ESD and Lightning, Technical Report RD-TE-87-1, Feb.1987.

(14) U. S. Army Aberdeen Proving Ground, TOP-2-2-613 "Broadband Electromagnetic Interference Testing for Vehicles and Electrical Subsystems-Noncommunications", 12 Oct.1983.