

고출력·누설 전자파 안전성 평가 제도 연구

2012. 12.

제 출 문

본 보고서를 「고출력·누설 전자파 안전성 평가 제도 연구」 과제의
최종 보고서로 제출합니다.

2012. 12. 31.

연구책임자 : 이성동 (전자환경안전과 전자보호담당)

연구원 : 박수영 (전자환경안전과 전자보호담당)

정동찬 (전자환경안전과 전자보호담당)

송홍중 (전자환경안전과 전자보호담당)

안희남 (전자환경안전과 전자보호담당)

요 약 문

본 연구에서는 국제표준에 따라 고출력 전자기파 방호를 위한 방호설비 성능기준 및 측정방법에 대한 기술기준 제정(안)을 제안하고, 민간 주요정보통신설비에 대해 효율적인 방호성능 도출에 필요한 정보기기 내성 평가방법을 제안하였다.

고출력 전자기파 방호설비 성능기준 및 측정방법 마련을 위해 국내외 적으로 적용되고 있는 IEC 61000 기준 및 MIL-STD-188-125 기준을 분석하여 국내 적용에 적합한 기준으로 MIL-STD를 선정하였으며, 국내 주요 정보통신설비 규격에 적합한 표준 항목을 선정하여 기술기준(안)으로 반영하였다.

MIL-STD 적용시 국내 정보통신설비의 내성기준과 MIL-STD에서 규정하고 있는 설비의 내성기준에 대한 차이로 발생할 수 있는 기준 도입의 적정성에 대한 문제를 해결하기 위해 국내 전자파 적합성 기준에 의해 인증받은 장비를 MIL-STD에 의한 인증기준에 따라 시험·검증하였다.

고출력 전자기파에 대한 정보기기 영향 연구는 군 및 국가 시설이 아닌 민간의 주요시설에 대한 방호대책 기준 마련을 위해 고출력 전자기파 공격에 대한 주요 정보통신설비의 방호 개념을 새롭게 정의하고, 정의된 개념 및 방호 목적에 부합하는 방호설비 성능기준 마련을 위한 정보기기 전자기 내성 도출 방법을 제안하였다.

제안된 새로운 방법은 정보기기의 내성 판단 기준을 설비의 중요도와 시스템 전체로의 파급효과 등을 고려하여 정하도록 함으로써 기존의 방호기준보다 29 ~ 34 dB 더 낮은 차폐성능으로도 효율적으로 고출력 전자기파 위협을 차단할 수 있도록 하였다.

SUMMARY

In this study, we have proposed draft technical rule for performance criteria and measurement method of the high power electromagnetic wave protection facilities using international standards and proposed a efficient method of evaluating the information equipment immunity.

In order to provide performance criteria and a method of measuring performance standard for high-power electromagnetic wave protection facilities, we were analyzed MIL-STD-188-125 and IEC 61000 standard series and selected MIL-STD-188-125 on the criteria suitable for domestic application . We are selected standard item that conforms to the specifications of major information and communication equipment in the country and applied in the draft technical standards.

In the case of applying the MIL-STD-188-125, difference occurs between the equipment immunity are defined in MIL-STD and our country. In order to solve the problem, we were test the equipment that is authenticated by reference domestic electromagnetic compatibility according to the MIL standards.

Study of the impact of information equipment of high-power electromagnetic waves , the newly defined the concept of EMP protection in order to making criteria of protection for major facilities in the private sector.

We suggested the method for deriving information equipment immunity for provid protective equipment performance criteria for protection purpose and concepts defined. The new method proposed that shall be determined taking into account the importance of the facilities and ripple effects of system-wide problem of information equipment.

목 차

제1장 서 론	1
제1절 연구의 배경	1
제2절 구성 및 개요	2
제2장 고출력·누설 전자파의 개요	5
제1절 고출력 전자파	5
제2절 누설 전자파	16
제3장 고출력·누설전자파 안전성평가 제도 연구	20
제1절 개요	20
제2절 안전성평가 기술기준	23
제3절 안전성평가 시험방법	35
제4절 기술기준(안) 개선 필요성	40
제4장 고출력 전자기파 정보기기 영향 연구	41
제1절 개 요	41
제2절 핵 고출력 전자기파 영향실험	44
제3절 비핵 고출력 전자기파 영향실험	48
제4절 정보기기 영향 시험 및 분석	59
제5장 결 론	62
참고문헌	64
부록 1고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 고시(안)	65

표 목 차

표 2-1 IEC61000-1-3에서의 HEMP 영향실험	12
표 2-2 LoVetri의 고출력 전자기파 시험결과	13
표 2-3 누설전자파 신호 종류에 따른 위험성 분류	19
표 3-1 표준별 고출력 전자기파 방호시설 성능기준	24
표 3-2 시험대상기기	27
표 3-3 전자파 방사내성 시험 조건	28
표 3-4 방사내성 시험 결과	29
표 3-5 시험에 사용된 EMP 필터	30
표 3-6 시험에 사용된 EMP 필터의 성능시험 결과	31
표 3-7 잔류 EMP 전도내성 시험조건	31
표 3-8 통신선(LAN선)의 단펄스 시험결과	33
표 3-9 내부 전기적 인입점에서 잔류전류 요구사항	35
표 3-10 RF 안테나선 인입점에서 잔류전류 요구사항	35
표 3-11 방사성 방호성능 측정 최소 주파수	36
표 3-12 전도성 방호성능 시험을 위한 펄스 요구사항	39
표 4-1 차폐 랙(80dB)에 50 KV/m 펄스 인가한 경우	46
표 4-2 차폐 랙(80dB) 한 쪽 문을 열고 50 KV/m 펄스 인가한 경우	47
표 4-3 차폐 랙(80dB) 양 쪽 문을 열고 50 KV/m 펄스 인가한 경우	47
표 4-4 노트북을 동작시키고 50 KV/m 펄스 인가 한 경우	48
표 4-5 1대역(1 GHz 이하) 정보기기 영향시험 결과	58
표 4-6 2대역(1 ~ 4GHz) 정보기기 영향시험 결과	59
표 4-7 주요 정보기기 내성 분류 등급 예시	61

그 림 목 차

그림 2-1 초기 HEMP 발생 메커니즘	5
그림 2-2 펄스의 상승 및 하강 특성	6
그림 2-3 표준 후기 HEMP 파형	7
그림 2-4 표준 HEMP 시간 파형	8
그림 2-5 HEMP와 HPEM 특성 비교	8
그림 2-6 복사성 및 전도성 침입 경로	11
그림 2-7 복사성 전자기파 차폐를 위한 3가지 방법	14
그림 2-8 전도성 필터의 종류 및 설치 예	15
그림 2-9 광 및 전기신호 변환	16
그림 2-10 누설전자파의 발생	17
그림 2-11 누설전자파 누출 및 복원 개념	18
그림 3-1 방사내성 시험설정 및 시험장 환경	28
그림 3-2 EMP 잔류전류 내성시험 구성 및 환경	32
그림 3-3 방사성 방호성능 측정지점	37
그림 3-4 기준레벨 및 시험레벨 측정방법	37
그림 3-5 전도성 방호성능 시험 배치도	38
그림 4-1 고출력 전자기파 방호 개념	41
그림 4-2 핵 고출력 전자기파 영향실험 구성도	44
그림 4-3 핵 고출력 전자기파 영향실험실	45
그림 4-4 비핵 고출력 전자기파 종류별 주파수 특성	49
그림 4-5 측정 시험설정 및 측정시험장	50
그림 4-6 1대역 측정 전기장	51
그림 4-7 2대역 측정 전기장	52
그림 4-8 시험용 챔버 및 측정실	53
그림 4-9 1대역 실험시 나타난 예러	56

그림 4-10 메인보드 고장이 발생한 시험 환경 및 고장 부위	57
그림 4-4 비핵 고출력 전자기파 종류별 주파수 특성	49
그림 4-5 측정 시험설정 및 측정시험장	50
그림 4-6 1대역 측정 전기장	51
그림 4-7 2대역 측정 전기장	52

제1장 서론

제1절 연구의 배경

본 연구는 최근 북한의 핵폭탄 개발 및 전자폭탄의 개발 등에 따라 크게 대두되고 있는 고출력 전자기파에 대한 정보기기의 영향을 평가하고, 주요 정보통신시설을 보호하기 위한 방호시설의 성능기준 및 안전성 평가 방법 등의 안전성평가 제도에 대한 내용을 포함하고 있다.

고출력 전자기파는 핵폭발 시 발생하거나 전자폭탄 또는 고출력 전자기파 발생기 등 의도적인 설비에 의해 발생하며, 이렇게 발생하는 강력한 전자기파는 기기에 직접 영향을 주어 고장 또는 파손을 일으키거나 전력선, 통신선 등에 유도되어 높은 전압 또는 전류로 기기를 고장 또는 파손시키는 영향을 주게 된다.

고출력 전자기파에 주요 기간설비들이 노출되는 경우 정보통신, 전력, 철도 등의 설비에 영향을 주어 송·배전 시설 및 전력 공급 제어시설의 파손에 따른 전력공급의 중단, 유선전화, 휴대폰 등 기간통신서비스의 중단, 철도 제어시스템의 고장에 따른 철도 운행 중단, 금융 관련 서버의 고장에 따른 데이터 파손 등 국가 혼란을 초래할 수 있는 중요 문제들이 발생할 수 있다.

이러한 위협으로부터 주요 시설을 보호하기 위해서는 외부로부터 공기중으로 방사되는 전자파와 전선 또는 통신선 등에 유도되어 설비 내부로 유입되는 전류(또는 전압)를 차단하는 시설을 설치하여야 하며, 통상 전자파 차폐실을 설치하여 보호하고 있다.

이번 연구에서는 핵으로부터 발생하는 고출력 전자기파로부터 시설 보호를 위해 설치하는 방호시설의 성능기준과 성능 평가방법을 명시한 고출력·누설전자파 안전성평가 기준(안)을 제시하였으며, 다양한 비핵 고출력 전자기파의 특성을 분석하고 정보기기의 내성에 대한 시험을 수행하였다.

제2절 구성 및 개요

본 연구보고서는 크게 「전파법」 개정(안)에 의한 고출력·누설 전자파 안전성평가 기준(안)을 제안하는 부분과 비핵 고출력 전자파가 정보기기에 미치는 영향을 분석하는 두 개의 부분으로 구성되었으며 각각의 연구 개요는 다음과 같다.

1. 고출력·누설 전자파 안전성평가 기준(안) 마련 연구

지난 2012년 10월에 정부입법으로 국회에 상정된 「전파법」 개정(안)에서 제56조의 신설을 통해 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출 방지를 위해 방호 차폐실 또는 장비 보호시설 등을 구축한 자가 ‘안전성 평가’를 의뢰하는 경우 미래창조과학부에서는 고출력·누설 전자파 안전성평가를 수행하도록 하고 있다.

개정(안)이 통과되면 「전파법」의 개정(안)에 따라 안전성평가가 수행되어야 하며, 관련하여 안전성평가 시행을 위한 방호 차폐실 또는 장비 보호시설에 대한 성능기준과 성능평가 시험방법을 미래창조과학부 또는 국립전파연구원 고시로 제정을 하여야 하며, 이 고시에 대한 제정(안)을 본 연구를 통해 도출하였다.

누설전자파는 고출력 전자파와는 반대의 개념으로 내부 정보기기 사용 중 비의도적으로 발생하는 전자파이며, 이를 수신·처리하는 경우 정보기기에서 처리하는 중요한 정보를 복원 할 수 있다. 이러한 누설전자파는 고출력 전자파 보호를 위한 차폐실 또는 장비 보호시설로 차단이 가능하므로 본 연구에서는 고출력 전자파와 누설 전자파를 모두 차단 할 수 있는 성능기준을 제시하도록 하였다.

고출력 전자파에 대한 방호시설 성능기준은 국가 안보와 관련된 사항으로 대부분의 국가에서는 자국에서 적용하는 세부적인 기준 값 및 시험방법 등을 공개하지 않고 있으며, 유일하게 미국의 군사 표준인 MIL-STD- 188-125에서 이를 공개하고 있다. 또한 IEC에서는 관련 표준을 제정하고 있으나

아직 표준이 완성되지 않아 국내 기술기준으로 도입하기에는 어려운 면이 있다.

따라서, 본 연구에서는 기준과 시험방법이 공개되어 국내외적으로 주로 적용되고 있는 MIL-STD 기준을 근간으로 국내 주요 정보통신시설을 보호하기 위한 고출력·누설 전자파 방호 시설의 안전성평가 기준 및 시험방법을 제안하였다.

2. 비핵 고출력 전자파에 대한 정보기기 내성 연구

비핵 고출력 전자파는 핵폭발과 함께 발생하는 핵 고출력 전자파와는 달리 별도의 전자파를 발생시키는 장치에 의해 발생하는 전자파로 주로 상대의 주요 시설을 무력화 하거나 손상을 주어 피해를 입힐 목적으로 발생시키는 전자파이다.

핵에 의한 고출력 전자파는 발생하는 에너지는 크지만 핵폭발과 동시에 1 회성으로 수십 나노초(ns)에서 수 초 동안의 짧은 순간에 발생하고 사라지는데 반해, 비핵 고출력 전자파는 고출력 신호발생장치에 전원 공급이 이루어지는 경우 수십분 이상 지속적으로 발생시킬 수 있으며, 다양한 주파수 대역을 갖는 신호를 임의로 발생시킬 수 있는 특징을 가지고 있다.

핵에 의한 고출력 전자파 방호시설에 대한 성능기준 및 시험방법 등은 일부 표준으로 공개되어 있으나 비핵 고출력 전자파에 대해서는 아직 표준이 제정되어 있지 않아 신호 소스의 분석부터 단계적인 연구가 필요한 부분이다.

본 연구에서는 대표적인 비핵 고출력 전자파 신호로 알려진 광대역, 중간대역 및 협대역 전자파 신호에 대한 시뮬레이션을 통해 주파수 특성을 검토하였고, 이 중 주파수 대역폭은 좁지만 에너지가 가장 큰 연속파 신호(CW, Continuous Wave)를 이용하여 정보기기에 고출력 전자파를 노출하는 경우 어떠한 오작동, 고장 등의 영향이 있는지를 시험을 통해 검토하였다. 이를 통해 향후 비핵 고출력 전자파에 대한 기준 마련의 기초자료로 활용 할 수 있도록 하였다.

정보기기 중 가장 일반적으로 사용하고 있는 데스크탑 PC와 LCD 모니터, 노트북에 대해 고출력 전자파에 대한 영향 시험을 수행하였고, 주파수 80 MHz에서 4 GHz까지 단계적으로 주파수를 변경하며 시험함으로써 정보기기가 취약한 주파수 대역과 고출력 전자파가 정보기기에 영향을 주는 경로 및 정보기기의 운용 중 나타날 수 있는 고출력 전자파 영향의 종류 등을 분석하였다.

제2장 고출력·누설 전자파의 개요

제1절 고출력 전자파

1. 고출력 전자파의 종류

고출력 전자파의 종류는 크게 핵 폭발에 의해 발생하는 핵 전자파와 핵 이외 의도적으로 고출력 전자파를 발생시키기 위해 제작된 발생장치에 의해 발생하는 비핵 전자기파로 나눌 수 있다. 이 중 지상 30 km 이상의 높이에서 핵 폭발을 발생시켜 지상에 강력한 전자파를 유기시키는 것을 고고도 핵 전자파 (HEMP, High-altitude EMP)라고 칭한다.

가. 고고도 핵 전자기파

핵무기가 고고도에서 폭발할 경우 발생하는 감마선은 폭발지점 아래의 고밀도 공기에 에너지를 축적하며, 공기 분자와 상호 작용하여 콤프톤(Compton) 전자를 생성한다. 이렇게 발생된 횡 전자류는 지표면 아래로 전파하는 횡 전기장을 발생시켜 수십 kV의 최대 전기장을 갖는 초기 HEMP (그림 2-1) 신호를 발생시킨다. 초기 HEMP 파형은 수 ns의 고속 상승시간과 100 ns 이하의 짧은 펄스폭을 갖는 특징을 나타낸다.

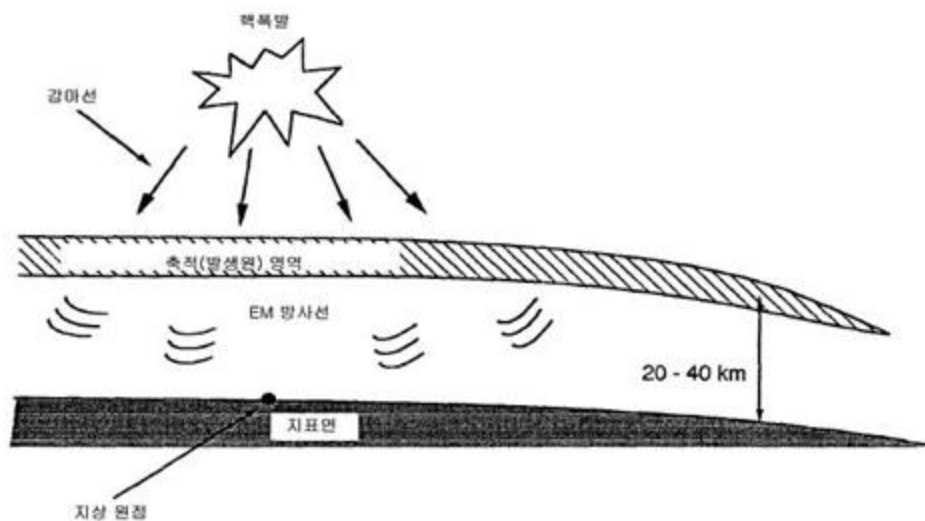


그림2-1 초기 HEMP 발생 메커니즘(IEC61000-2-9)

이러한 HEMP 파형은 시간에 따라 다른 특징을 나타내며, 일반적으로 초기, 중기, 후기로 나누어 그 특징을 분류한다.

1) 초기 HEMP 파형

초기 HEMP 파형은 핵폭발 직후 나타나는 높은 레벨의 전자기장으로 전자기기에 직접적으로 영향을 미친다. 이 파형은 IEC61000-2-9에 일반적인 표준으로 다음과 같이 제시되어 있으며, 펄스의 상승특성과 하강특성은 그림2-2로 제시되어 있다.

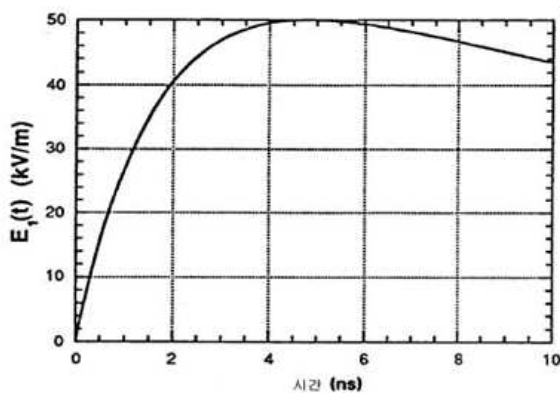
가) 첨두진폭 : 50 kV/m

나) 상승시간 : 2.5 ns (펄스 10%에서 90% 까지의 시간)

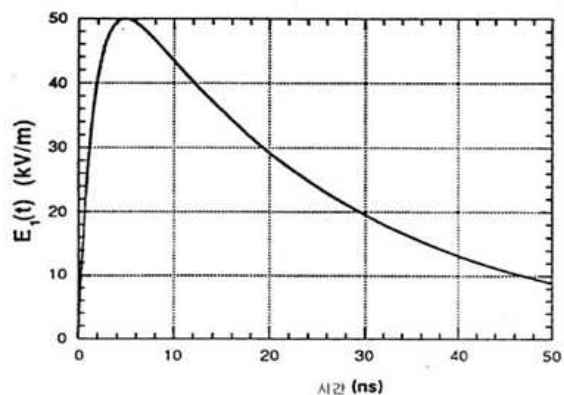
다) 첨두시간 : 4.8 ns (첨두진폭이 나타나는 시간)

라) 반 치 폭 : 23 ns

마) 에너지 플루언스 : 0.114 J/m^2



a. 펄스 상승 파형



b. 펄스 하강 파형

그림 2-2 펄스의 상승 및 하강 특성

초기 HEMP에 의한 전기장은 전원이나 통신선을 통해서 뿐만 아니라 직접적으로 기기의 소자나 함체포트를 통해서도 영향을 줄 수 있으며, 전기장의 파장이 수 십 cm에서 약 100 m 범위에 있기 때문에 케이블 길이에 따른 전기장의 영향이 누적되어 나타나지는 않는다.

2) 중기 HEMP 파형

중기 HEMP는 핵폭발 후 약 $0.1 \mu\text{s} \sim 0.10 \text{ s}$ 범위의 시간에 나타나며 다음의 특징을 갖는다.

- 가) 침투진폭 : 100 V/m
- 나) 반 치 폭 : 693 ns
- 다) 에너지 플루언스 : 0.0133 J/m^2

이러한 중기 HEMP 파형은 실외의 통신선 및 전원선과 같이 비교적 긴 회선을 통해 전파되는 특징을 가지고 있다.

3) 후기 HEMP 파형

후기 HEMP 파형은 자기유체역학(MHD) 영향에 의해 생성되며, $1 \text{ 초} \sim 1,000 \text{ 초}$ 범위의 시간동안 지구에 수 십 mV/m 의 전기장을 생성한다. 표준 파형은 다음과 같은 특징을 갖으며, 그림 2-3과 같은 형태를 나타낸다.

- 가) 침투진폭 : 38 mV/m
- 나) 상승시간 : 0.9 s
- 다) 양의 펄스폭 : 20 s
- 라) 음의 펄스폭 : 130 s

이러한 후기 HEMP 파형에 의한 방해는 양단이 접지에 연결된 긴 도전성 회선에서 만 발생 될 수 있으며, 100 km 길이의 선로에서 발생 가능한 개방 회로 전압은 약 4 kV 로 추정된다.

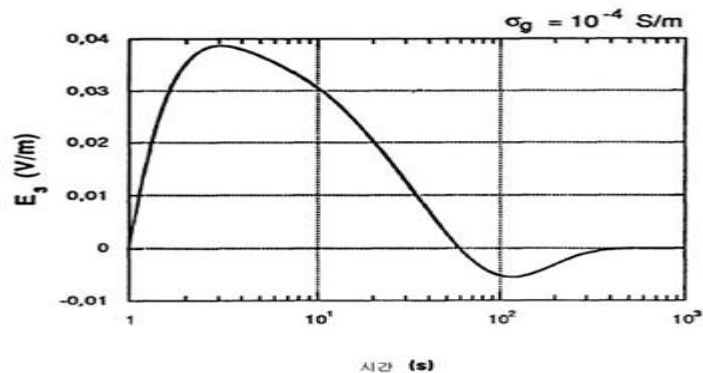


그림 2-3 표준 후기 HEMP 파형

고고도의 핵폭발에 의해 발생하는 고출력 전자파를 시간의 흐름에 따라 그래프로 나타내면 그림 2-4와 같이 전기, 중기, 후기 파형이 순차적으로 나타나는 형태가 된다.

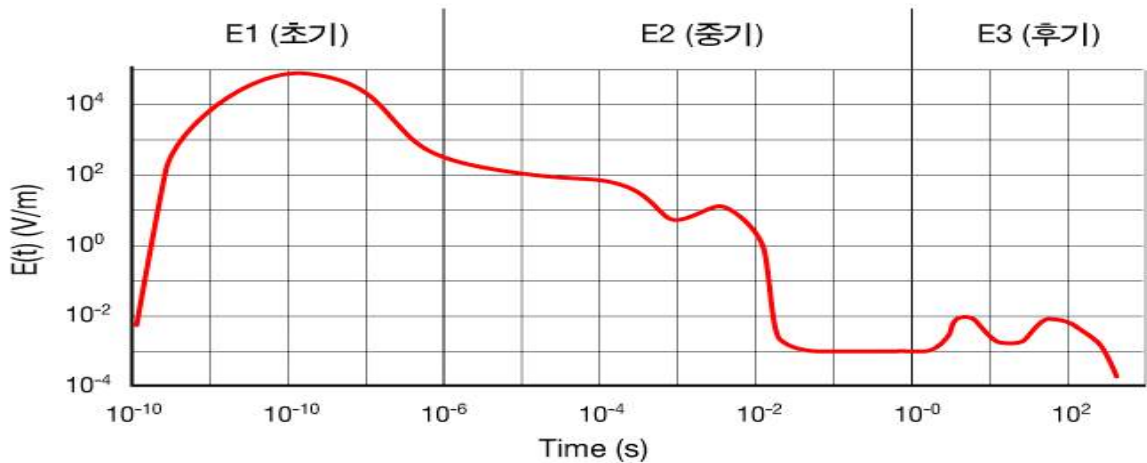


그림 2-4 표준 HEMP 시간 파형

나. 고출력 비핵 전자기파

고출력 비핵 전자파(HPEM : High Power ElectroMagnetic)는 전기장치, 전자장치 등을 파괴하려는 목적으로 신호발생기 등을 통해 의도적으로 발생시키는 고출력 전자기파를 의미하며, 신호의 주파수 대역폭 특성에 따라 협대역전자기파(HPM), 중간대역 전자기파(DS) 및 광대역 전자기파(UWB)로 분류된다.

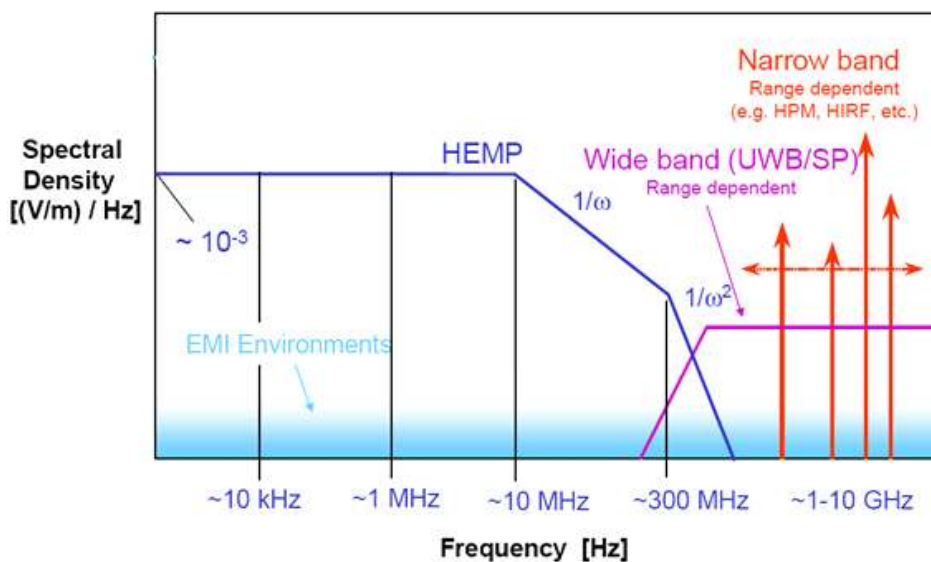
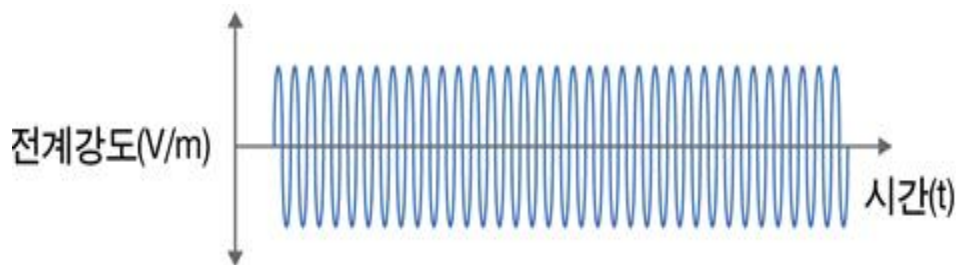


그림 2-5 HEMP와 HPEM 특성 비교

그림 2-5는 HEMP와 HPEM의 주파수 특징을 나타내고 있으며, 그림에서 보는 바와 같이 HEMP는 주로 300 MHz 이하의 대역에 높은 신호가 집중되어 있으며, HPEM의 경우 300 MHz 이상의 주파수에서 광대역 전자기파(UWB) 또는 협대역 전자기파(HPM)의 형태로 나타나는 특징을 가지고 있다. 특히, UWB의 경우 HPM 보다 넓은 대역에 대해 영향을 미치는 반면 전기장의 세기는 더 낮게 나타내며, 각각의 특징은 다음과 같다.

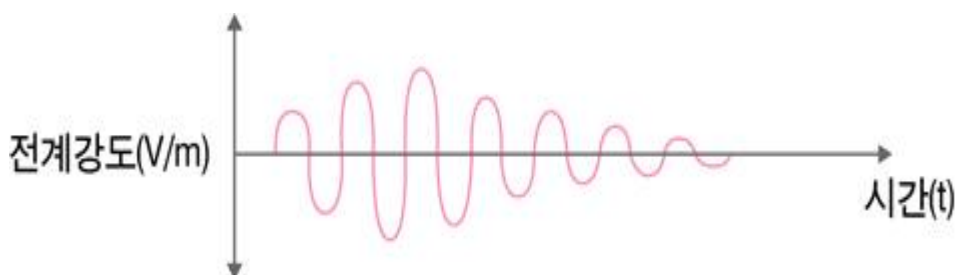
1) HPM(High Power Microwaves, 협대역 전자기파)

일반적인 CW(Continuous Wave) 신호발생기처럼 단일 주파수(1 ~ 수십 GHz)를 연속적으로 발생시키는 형태의 고에너지의 전자기파로, 레이더, 전자레인지 등에 사용되는 전자기파와 동일한 형태이다.



2) DS(Damped Sinusoidal, 중간대역 전자기파)

초기 급격하게 전계강도 상승 후, 점차 감쇠하는 형태의 전자기파로, 영향을 미치는 주파수 대역이 50 ~ 500 MHz 되는 신호이다.



3) UWB(Ultra-Wide Band, 광대역 전자기파)

수 ns 이하의 순간적인 전자기파로서 주파수 대역이 넓고, 첨두 전계강도는 높으나, 에너지는 낮은 전자기파



2. 고출력 전자파의 영향

가. 고출력 전자기파 침입 경로

일반적인 EMC에서 다루어지는 것 처럼, 시스템에서의 고출력 전자기파에 의한 영향은 직접적인 복사에 의한 영향과 전원 및 통신선 등에 유도되어 전도되는 신호에 의한 영향으로 분류되어질 수 있다.

복사 영향은 외부에서 생성된 고출력 전자기파에 의한 전기장은 공기를 통해 전파되며, 장비의 일부에 부착된 외부의 케이블과 안테나에 직접 커플링된다. 이러한 전기장은 기기의 케이스를 통과하거나 개구부를 통해 전송되기도 하며 기기 내부에서 회로 및 소자에 커플링되어 시스템 운용을 손상시키거나 고장을 발생시키게 된다.

전도에 의한 영향은 고출력 전자기파에 의해 형성된 전기장이 용량적(capacitively) 및 유도적(inductively)으로 전원, 통신 및 신호케이블에 높은 전압이나 전류를 형성시키거나 직접적인 주입을 통해 일어나며, 이들 전압이나 전류는 케이블을 통해 기기에 도달할 때까지 전송되어 기기를 손상시킬 수 있다. 그러나 일반적인 케이블의 전달함수가 1 MHz 이하로 전달된 방해의 주파수 성분이 제한된다면, 전원라인이나 음성전화라인에 피해를 입힐 수 있다. 하지만 최근의 통신/신호선 들은 통과 대역폭이 100 MHz 이상인 경우가 많으며 이 경우에는 이러한 주파수를 사용하는 시스템까지 피해를 고려하여야 한다.

그림 2-6은 복사성 및 전도성 고출력 전자기파에 의해 시스템이 영향을 받는 경로를 나타내고 있다.



< ① 복사성, ② 전도성 >
그림 2-6 복사성 및 전도성 침입 경로

나. 고출력 전자기파에 의한 시스템 영향

핵 또는 비핵 고출력 전자기파에 의해 발생하는 전기장에 의한 주요 설비의 영향은 일시적인 기능저하, 데이터 에러, 하드웨어의 손상 등의 형태로 나타나는 것이 일반적이다.

IEC61000-1-3에서는 핵 고출력 전자기파 시뮬레이터 이용하여 가전기기에 대한 영향 시험을 저(6.7 kV/m), 중(12.4 kV/m), 고(16.6 kV/m)의 HEMP 침투 전자기장 수준 세 가지를 사용하여 진행하였으며, 대표적인 시험결과는 표 2-1과 같다.

실험에 따르면 컴퓨터, 휴대폰, 일반 전화의 경우 6.7 kV/m 의 저수준 전기장에 의해서도 치명적인 기능저하가 발생할 수 있으며, 위성수신시스템의 경우에는 하드웨어 고장이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 16.6 kV/m 의 고수준 전기장에서는 대부분의 기기가 치명적인 기능저하를 나타내었으며, 컴퓨터, 일반 전화 등 정보통신용 기기에서는 영구적인 하드웨어 고장이 발생하는 것을 알 수 있다.

표 2-1 IEC61000-1-3에서의 HEMP 영향실험

시험 품목 유형	시험 품목	각종 시험 수준에서의 영향		
		저 수준	중간 수준	고 수준
이동 무선	A사	-	비치명적 기능저하	비치명적 기능저하
	B사	-	-	비치명적 기능저하
	C사	-	-	비치명적 기능저하
컴퓨터	D사	치명적 기능저하	치명적 기능저하	고장
	E사	치명적 기능저하	치명적 기능저하	-
	F사	-	-	치명적 기능저하
휴대폰	G사	치명적 기능저하	-	치명적 기능저하
	H사	-	-	치명적 기능저하
일반 전화	I사	치명적 기능저하	치명적 기능저하	치명적 기능저하
	J사	-	-	고장
위성 접시	K사	고장(미검증)	-	-
주) ‘-’ 는 비정상 관찰사항이 없거나 이전 고장 때문에 해당 수준에서 기기를 사용하지 않았음을 나타낸다.				

또한, IEC61000-1-5에서는 인위적인 고출력 전자기파인 HPEM에 대한 기기영향 실험 결과를 제시하고 있으며, LoVetri는 전자파 무반사실에서 1 m 거리에서 혼 안테나를 이용하여 PC에 100 V/m의 전기장을 형성시킨 다음 3가지 모델의 PC에 대해 전기장의 세기 변화에 따른 영향을 시험하였다.

표 2-2는 LoVetri의 시험 결과를 나타내고 있으며, 이 연구에서 세 가지 형태의 변조(CW, AM 변조, Pulse)를 사용하였고 모두 PC에 악영향을 주었다. 관측된 영향의 범위는 데이터의 손실 (loss of data)부터 리셋 (PC가 스스로 재부팅됨), 디스크 에러 (디스크 운용 시스템으로부터의 메시지, 복구를 위해 수동의 시스템 전원 차단이 필요함) 그리고 전원코드를 뽑았다가 다시 꼽아야 하는 전원 다운 (power down)이 해당 되었다. 악영향을 나타내는 최소 전기장은 30 V/m 정도로 분석되었으며, 이와 같은 영향 데이터는 전자 시스템에서의 고출력 전자기파 영향에 대한 검증으로 활용되었다.

표 2-2 LoVetri의 고출력 전자기파 시험결과

실험대상	주파수 (GHz)	전기장 (V/m)	신호형태 (변조)	결과(영향)
133 MHz Pentium	2.713	30	CW	Loss of data
	2.770	50	AM*	Loss of data
	1.133	50	AM, Pulse	Reset
	2.675	50,70	AM, Pulse	Loss of access
	2.887	75	AM	Loss of access
233 MHz Pentium II	1.070	100	Pulse	Disk write error
	1.460	100	CW, AM, Pulse	Power down
	1.480	100	CW	Power down
300 MHz Pentium II	1.040	45	Pulse	Power down
	1.400	100	CW	Power down
		100	AM	Power down
		100	AM	Reset
		75	Pulse	Power down
		75	Pulse	Power down
		50	Pulse	Power down
		85	Pulse	Power down

3. 고출력 전자기파 방호 대책

복사 및 전도의 형태로 전달되어 주요 정보통신기기에 영향을 주는 이러한 고출력 전자기파에 대한 방호는 높은 전자기파 환경에서 기기가 영향을 받지 않도록 내성을 증가시키는 방법과 고출력 전자기파의 발생 위치에서 정보 기기의 설치 위치까지의 전자기파 전달 경로를 차단하는 방법이 사용될 수 있다. 이 중 후자의 방법이 설비의 종류에 상관없이 일반적으로 적용될 수 있기 때문에 현재에 주로 적용되고 있으며, 통상적인 전자파 차폐실과 유사한 형태이다.

가. 복사성 전자기파 차폐방법

먼저 복사성 고출력 전자기파 침해에 대한 차단 기술로는 다음의 3가지 방법이 고려될 수 있다.

1) 전자파 차폐(Shielding)

보호하고자 하는 건물이나 건물 내의 일부 공간, 또는 개개 장비 등을 전자파 차단 물질이나 재료를 사용하여 둘러싸 고출력 전자기파가 설비로 전달되지 못하도록 하는 방법이다. 하지만, 작업자의 출입을 위한 출입문, 통풍을 위한 창문이나 통풍관, 전선 및 통신선의 인입을 위한 인입구 등은 일반적인 차폐재료로 차단할 수 없으므로 전자파 차단을 위한 특별한 구조를 도입하고 그 수를 최소화하는 방법을 사용한다.

2) 지하화

중요 서버 및 개인용 컴퓨터, 전기·전자장비는 의도적으로 고출력 전자기파를 발생시키는 소스가 근접하기 어려운 지하공간에 설치함으로써 이격거리에 따른 감쇠와 지형지물 및 암반 등에 의한 자연적인 차폐 효과에 의해 실제로 주요 정보기기에 전달되는 고출력 전자기파의 세기를 감쇠시키는 방법 사용이 가능하다.

3) 이격거리(distance) 확보

전자기파 세기는 공기중에서 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 외부와 충분한 이격 거리를 확보하여 고출력 전자기파의 세기를 감쇠시킬 수 있다. 이를 위해서는 의도적으로 전자파를 발생시켜 고장을 일으킬 수 있는 사람이 접근할 수 있는 거리를 가능한 길게 확보하는 것이 필요하다.



그림 2-7 복사성 전자기파 차폐를 위한 3가지 방법

나. 전도성 전자기파 차폐방법

전도성 전자기파를 차폐하는 방법으로는 외부에서 설비 내부로 유입되는 통신선, 신호선, 전선 등에 필요 대역 이외의 신호를 차단하는 차단 필터를 설치하는 방법과 통신선과 신호선의 경우 전자기파의 영향을 받지 않는 광신호로 변경하여 전달하는 방법을 고려할 수 있다.

1) 고출력 전자기파 차단필터 설치

전력선 또는 통신선을 통해 유입되는 전류·전압을 차단하기 위해 대상기간, 전송 경로상에 고출력 전자기파 차단 필터 설치하는 방법이다. 고출력 전자기파에 의해 전도되는 신호는 대부분 수 십 MHz 이하의 낮은 대역에 에너지가 집중되는 특징이 있기 때문에 대부분 저역통과필터의 형태이며, 수 kA의 피크와 수십 ns 정도의 빠른 응답속도를 갖는 필터 사용이 필요하다.



a. 전원 필터



b. 통신 필터



c. 필터 설치 예

그림 2-8 전도성 필터의 종류 및 설치 예

2) 광전(Opto-Electric)변환 모듈 사용

통신기술의 발달로 현재 거의 모든 통신신호는 광섬유를 이용하는 광통신을 통한 전송이 가능하며, 이러한 광통신의 경우 고출력 전자기파에 전혀 영향을 받지 않으므로 전도차폐의 대책으로 활용이 가능하다. 즉, 통신선의 경우 외부로부터 설비 내부로 유입되는 모든 통신방식을 광통신을 이용하고, 이를 위해서는 그림 2-9와 같이 설비 내·외부에 광·전 변환장치가 사용된다.

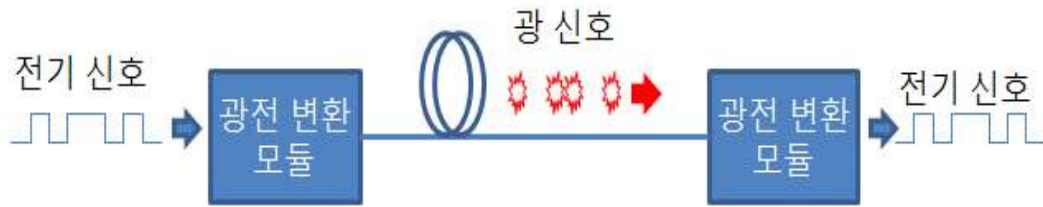


그림 2-9 광 및 전기신호 변환

3) 정보기기 자체에 대한 침해방지 성능(내성) 강화

전도성 EMP가 전자기기 내부로 유입되어 발생하는 오동작이 나타나지 않도록 기기 자체의 차폐 등을 통해 기기내성을 높여 설계하는 방식으로, 보호가 필요한 설비가 적은 경우에 경제적인 방법이다.

제2절 누설 전자파

1. 누설전자파의 발생 및 누출 경로

가. 누설전자파의 발생

전기신호를 이용하여 데이터 처리 및 통신을 하는 경우 선로 및 소자에서 전압 및 전류의 변화가 발생하며, 이러한 전압/전류의 변화는 주변에 의도하지 않은 전자기파를 발생시킨다.

일반적으로 이러한 전자파는 그 세기가 클 경우 다른 통신의 방해를 일으키거나 TV 및 라디오의 수신을 방해하는 등의 문제를 일으킬 수 있으므로 각 국은 기술기준 및 표준을 통해 외부로 누출되는 전자파의 양을 일정레벨 이하로 유지하도록 기준을 두고 있으며, 국내에서도 전자파 적합기준 중 전자파 장해방지 기준을 통해 제조·판매되는 제품을 규제하고 있다.

누설전자파는 이러한 전자파가 기존에 알려진 간섭문제 이외에 해당 정보 기기에서 처리하고 있는 중요한 정보를 포함하고 있어 원격지에서 이를 수신하고 적절한 처리를 하는 경우에 정보누출의 위험성을 갖는 전자파를 통칭하여 일컫는다.

이러한 누설전자파를 이용한 정보 복원 또는 차단 기술을 일반적으로 템페스트(TEMPEST, Transient Electro-Magnetic Pulse Emanation Standard)라고 칭하여, 누설전자파에 의한 정보 유출은 전기를 이용하여 정보를 처리 및 전송하는 PC, 모니터, 키보드, 프린터를 포함한 모든 정보통신기기에서 가능하다.

정보기기 사용 중 데이터의 처리 및 전송 시 신호의 전류 및 전압 변화에 의해 발생

누설전자파는 데이터 신호의 변화특성을 포함하고 있으며, 적절한 처리를 통해 복원될 수 있음

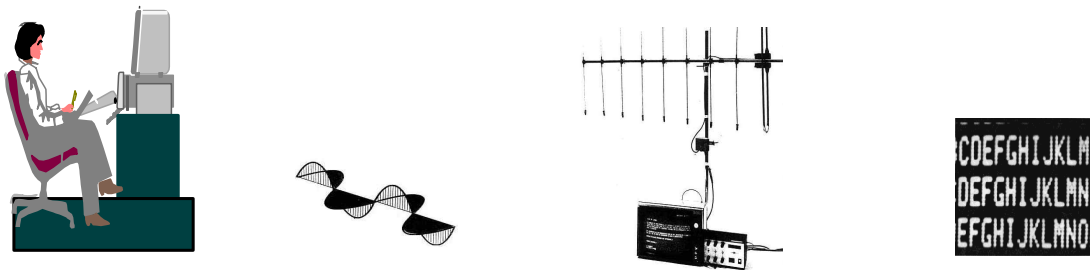


그림 2-10 누설전자파의 발생

나. 누설전자파 누출 경로

누설전자파의 누출 경로는 고출력 전자기파의 침입 경로와 동일하지만 방향은 정 반대이다. 즉, 고출력 전자기파는 설비 외부로부터 설비 방향으로 진행되는 전자기파이며, 누설전자파는 설비에서 외부로 진행되는 전자기파이다.

누설전자파 또한 공기를 통해 전달되는 복사성(방사성) 경로와 통신선, 전원선 등 외부로 연결된 도체를 통해 전달되는 전도성 경로를 통하여 누출되며, 이러한 누설전자파는 원 거리에서 안테나, 전류브로브, 수신기 및 신호처리 장치 등을 이용하여 복사 및 전도되는 신호를 수신하여 처리함으로써 정보 획득이 가능하게 된다. 그림 2-11은 이러한 누설전자파의 누출 및 정보복원의 개념을 나타낸 것이다.



정보기기 이용 ⇒ 누설전자파 복사/전도 ⇒ 전자파 수신 ⇒ 정보자료 복원

그림 2-11 누설전자파 누출 및 복원 개념

모든 정보기기에서 발생하는 전자기파가 누설전자파에 해당하지 않으며, 클럭신호, 동기신호 등은 누출되는 전자파 레벨은 비교적 높지만 정보를 포함하고 있지 않아 누설전자파로 분류하지 않는다.

2. 누설전자파 위험성

일반적인 도청의 경우 소형의 마이크 또는 카메라와 원거리 전송을 위한 송신장치를 포함하고 있어 이러한 신호 탐지를 통해 도청 여부의 확인이 가능하지만, 누설전자파는 정보의 수집에 수신안테나 및 수신기와 신호처리장치만을 이용하므로 누설전자파에 의해 정보가 누출되고 있는지에 대한 탐지가 불가능한 특징을 가지고 있다. 따라서 중요한 정보를 처리하는 설비에 대해서는 사전에 누설전자파에 대한 대책을 수행하여야만 한다.

누설전자파는 신호의 특징에 따라서 누출 위험성도 다르게 나타난다. 누설전자파에 의한 정보누출 위험성은 신호의 방출 레벨이 높을수록, 주변의 환경 노이즈가 낮을수록, 신호가 주기적으로 반복될수록 높게 나타나는 특징을 가지고 있다. 특히 모니터 신호와 같이 Refresh rate에 의해 동일한 신호가 1초에 60회 반복되는 경우 신호처리를 통해 이론적으로 신호대 잡음비를 최대 20 dB까지 향상시킬 수 있어 보다 주의를 기울여야 한다.

표 2-3은 이러한 개념에 따라 PC에서 발생하는 신호에 대한 위험성을 분류한 예이다.

표 2-3 누설전자파 신호 종류에 따른 위험성 분류

누설방출되는 비밀 정보	정보의 중요성 및 양	원래정보의 재생의 어려움	방출의 세기	정보누설의 총위험
영상 디스플레이정보	높음 (디스플레이 정보)	쉬움	강함	높음
키보드 정보	낮거나 중간	어려움 (각각의 키에 지정된 코드 해독이 필요)	약함	낮거나 중간
인쇄(Printed) 정보	낮음 (인쇄정보만)	어려움 (프린터 인터페이스 신호의 복조의 필요)	약함	낮음
통신데이터	중간이거나 높음(통신정보)	어려움 (LAN 인터페이스 신호의 복조의 필요)	약함	중간

3. 차단 대책

누설전자파에 대한 차단 대책은 고출력 전자기와 차단대책과 동일하게 전자파 차폐, 시설의 지하화 및 이격거리 확보 등의 방법이 적용 가능하다. 하지만, 차폐의 방향이 시설 내부에서 외부로 향하는 전자파를 차단하는 것이며, 일반적으로 고출력 전자기와 차단을 위한 차폐레벨 보다는 낮은 차폐 레벨로 누설전자파 차단이 가능하다.

일반적으로 전자파 차폐에 사용되는 차폐재료, 필터, 하니컴, 도파관 등은 모두 수동소자로 내부에서 외부 및 외부에서 내부로의 진행방향에 관계없이 동일한 성능을 나타내므로 고출력 전자기와 차폐시설을 설치한 경우 누설 전자파에 대한 차단도 이루어지는 것으로 판단할 수 있다.

제3장 고출력·누설전자파 안전성평가 제도 연구

제1절 개요

국내에도 군용시설 뿐만 아니라 민간시설에도 고출력 전자기파에 대한 방호 시설 구축 필요성에 대한 인식이 확산되고 있으며, 관련 방호시설 설계·구축을 위한 업체와 시험·평가를 수행하는 기관도 증가하고 있다.

주요 설비 보호를 위해서는 시설이 설치되는 공간을 특정 성능 이상의 차폐실로 구성하거나 차폐함체에 설치하는 방법 또는 기기 자체의 내성을 높이는 방법 등이 적용되고 있다. 어떠한 방법을 적용하든 그 성능이 고출력 전자기파의 방호에 적합한지를 확인하고 평가하기 위한 기준과 시험기관의 능력 확인을 위한 기준이 제시되어야 하지만 국내에는 이와 관련된 기술기준이나 표준이 아직 규정되지 않아 구축업체나 시험기관에서 외국의 표준 등을 자체적으로 해석하여 적용하는 경우가 대부분인 실정이다.

국내에서 제도적으로 고출력 전자기파에 대한 대책을 수립하도록 규정하고 있는 것은 2001년 1월 26일 제정된 「정보통신기반보호법」 제2조(정의)에서 “전자적 침해행위”로 고출력 전자기파에 의해 정보통신기반시설을 공격하는 행위를 포함하고 있는 것이 유일하다.

「정보통신기반보호법」은 정보화의 진전에 따라 주요사회기반시설의 정보통신시스템에 대한 의존도가 심화되면서 해킹·컴퓨터바이러스 등을 이용한 전자적 침해 행위가 21세기 지식기반국가의 건설을 저해하고 국가안보를 위협하는 새로운 요소로 대두됨에 따라 전자적 침해행위에 대비하여 주요 정보통신기반시설을 보호하기 위한 체계적이고 종합적인 대응체계를 구축하려는 목적에 의해 제정되었으며, 현재 세부 시행규정으로 해킹, 컴퓨터 바이러스, 논리 메일폭탄, 서비스 거부 등의 망을 통한 침해행위에 대한 세부 취약점 분석·평가 기준 및 시행방법은 규정하고 있으나 고출력 전자기파에 대한 세부 기준 및 시행 방법 등은 전혀 규정하고 있지 않다.

또한, 「정보통신기반보호법」은 제8조제1항에 따라 당해 정보통신기반시설을 관리하는 기관이 수행하는 업무의 국가사회적 중요성, 주요 기관이 수행하는 업무의 정보통신기반시설에 대한 의존도, 다른 정보통신기반시설과의 상호 연계성, 침해사고가 발생할 경우 국가안전보장과 경제사회에 미치는 피해규모 및 범위 및 침해사고의 발생가능성 또는 그 복구의 용이성의 5가지 항목에 의해 별도로 주요 시설을 제한하여 규정하고 있으며, 이 이외에 공공 및 민간 부분에서 대책이 필요한 경우에 대해서는 별도로 이 법에서의 범위에 포함하지 않는다.

따라서, 「정보통신기반보호법」에 의한 주요 정보통신기반시설의 고출력 전자파 취약점 분석·평가를 위한 기준 및 시험방법으로 적용이 가능하고, 이 법에서 대상으로하는 범위 이외의 주요 시설 등에 대해 고출력 전자파 대책 기준과 성능평가 방법을 규정하기 위해 별도로 「전파법」에 고출력·누설전자파 안전성평가 규정을 신설하도록 추진하였다.

가. 「전파법」 개정(안)

「전파법」 개정(안)은 지난 2012년 10월 정부입법으로 국회에 상정되어 2013년 12월 현재 국회 법안심사 소위 심의 중에 있으며, 2014년 3월 국회에서 통과되어 입법될 것으로 예상된다.

상정된 개정(안)은 현재 조항이 삭제되어있는 제56조에 “고출력·누설 전자파 안전성평가 등”에 대한 내용을 추가하는 방안을 포함하고 있다.

제56조(고출력·누설 전자파 안전성 평가 등) ① 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 방호차폐시설 또는 장비보호시설 등을 구축한 자는 미래창조과학부에 그 시설 등의 안전성 평가를 의뢰할 수 있다.

② 미래창조과학부는 제1항에 따라 안전성 평가를 의뢰받은 경우에는 안전성을 평가하고 그 결과를 통지하여야 한다. 다만, 평가결과가 안전성 평가기준에 맞지 아니하는 경우에는 이에 대한 대책을 마련하도록 권고할 수 있다.

③ 제1항 및 제2항에 따른 안전성 평가기준 및 방법 등에 관하여 필요한 세부 사항은 미래창조과학부가 정하여 고시한다.

개정(안)은 제1항에서 고출력 전자파로 인한 피해와 누설 전자파에 의한 정보유출을 방지하기 위하여 방호차폐시설 또는 장비보호시설 등을 구축한 경우 미래창조과학부에 그 시설 등이 목적에 적합한 성능을 가지고 있는지에 대한 안전성 평가를 의뢰할 수 있도록 규정하고 있다. 이 개정(안)에서는 의무적으로 방호차폐시설 및 장비보호시설을 설치해야 하는 범위에 대해서는 전혀 규정하지 않고 타 법에 의해 설치를 한 시설이나 자의적인 필요에 의해 설치한 시설에 대해 신청에 의해 미래부장관이 성능을 인정해 주는 내용이다.

제2항에서는 안전성평가 신청을 받은 경우 미래창조과학부의 역할을 규정하고 있으며, 미래창조과학부는 세부 기준에 따라 신청받은 시설에 대한 안전성평가를 진행하고 그 결과를 통보하도록 규정하고 있다. 또한 이러한 측정의 결과가 규정하고 있는 안전성평가 기준에 적합하지 않은 경우에는 이에 대한 대책을 권고하여 시설이 안전성평가 기준에 맞게 유지할 수 있도록 보완이 가능하도록 하였다.

제3항은 안전성평가 시행을 위해 필요한 성능기준, 시험방법 등에 대해 별도로 고시하도록 규정하고 있으며, 본 연구는 이 고시에 대한 제정(안)을 마련하는 것을 목적으로 하고 있다.

나. 고출력·누설 전자파 안전성평가 고시(안) 제정 방향

안전성평가 기준은 현재 고출력 전자기파 침해방지를 위한 방호차폐시설 및 누설 전자파에 의한 정보누출 방지를 위한 장비보호시설로 가장 많이 적용되고 있는 전자파 차폐실 및 차폐함체에 대한 성능기준과 시험방법을 우선적으로 제시하는 방향으로 기술기준 제정(안) 마련을 추진하였다.

또한 주요 정보통신설비 및 민간의 주요 설비의 경우 고출력 전자기파 뿐만 아니라 누설전자파에 대한 대책도 함께 이루어져야하는 특성을 감안하여 기술기준 마련을 추진하였다. 이에 따라 제2장에서도 언급한 것처럼 누설전자파에 대한 대책은 고출력 전자기파에 대한 대책과 대책 방법이 동일하며, 요구 성능은 더 낮은 특징을 가지고 있어 고출력 전자기파에 대한 대책을

만족하는 경우에는 누설전자파 대책도 만족하는 것으로 볼 수 있다. 따라서, 기술기준 및 시험방법은 고출력 전자기파에 대한 대책에 대해 검토하고 규정하였다.

안전성평가 기준 및 시험방법은 국내외 적용 가능한 표준과 이미 시설된 시설에 적용된 기준들을 조사하여 국내 현실에 맞도록 검토하였으며, 미국의 군사 표준인 MIL-STD-188-125와 국제전기기술위원회(IEC, International Electro-technical Commission)의 표준이 주로 적용되고 있어 이를 근거로 기술기준 제정(안)을 도출하였다.

제2절 안전성평가 기술기준

1. 고출력 전자기파 방호시설 적용 기준 선정

국내외적으로 고출력 전자기파 방호시설에 대한 성능기준을 제시하고 있는 표준은 MIL-STD와 IEC의 61000 시리즈가 대표적이며, 국내에는 별도의 기준이 없어 고시 제정(안)은 이 기준들을 도입하는 방향으로 추진하였다.

대상 위협에 대해서는 아직 민간 및 군 표준 어디에도 비핵 고출력 전자기파에 대한 방호시설 성능기준 및 시험방법이 명확히 규정되지 않았으므로 안전성평가 기준으로 도입하기에는 어려운 상황으로 기준이 완성되어 표준으로 제시된 핵 고출력 전자기파 (HEMP)에 대한 방호성능 기준을 제시하는 방향으로 범위를 잡았다.

현재 국내에서 고출력 전자기파에 대한 방호시설을 구축 또는 구축중인 시설은 군에서 사용하고 있는 시설과 국가지도통신망 시설이 대표적이며, 그 세부 적용기준은 공개되지 않으나 미국의 군 표준 MIL-STD-188-125를 근간으로 하고 있는 것으로 알려지고 있다. 또한, IEC 기준은 민간기준으로 민간시설을 주 대상으로 하고 있는 안전성평가 기준에 적합한 면은 있으나 시험방법 등 적용 부분에서 내용이 완성되지 않아 적용이 어려운 면이 있다.

표 3-1은 고출력 전자기와 관련 MIL-STD와 IEC 규격을 비교 검토한 내용이다. 기준 및 시험방법은 방사성 방호성능과 전도성 방호성능으로 크게 구분할 수 있다. 방사성 방호성능에서 고려가 필요한 세부 항목은 성능기준, 시험방법, 적용하고 있는 대상기기의 내성기준이 있으며, 전도성 방호성능에는 성능기준, 시험방법 및 정보기기 내성기준(신호선, 전원선, 합체 포트에 대한 EFT/Burst, 감쇄진동과 내성) 등이 있다.

표 3-1 표준별 고출력 전자기와 방호시설 성능기준

구 분	구분	군규격(MIL-STD)	민간규격(IEC)
방사성 방호성능	성능기준	80dB (MIL-188-125)	80dB (IEC 61000-6-6)
	시험방법	차폐성능 측정 (MIL-188-125)	차폐성능 측정 (IEEE Std-299)
	정보기기 방사성 내성기준	50 V/m (MIL-STD-461F)	5 V/m (IEC 61000-6-6)
전도성 방호성능	성능기준	80dB (MIL-188-125)	80dB (IEC 61000-6-6)
	시험방법	전도성 방호장치 성능 (MIL-188-125)	전도성 방호장치 성능 (IEC 61000-4-24)
	정보기기 EFT/Burst (신호선,전원선)	5 A (MIL-STD-461F,CS115)	±2 kV (IEC 61000-4-4)
	정보기기 EFT/Burst (합체 포트)	180 dBpT (MIL-STD-461F,RS101)	±2 kV (IEC 61000-4-4)
	감쇠진동과 내성	10 A (MIL-STD-461F,CS116)	1 kV (IEC 61000-4-18)

표 3-1에 나타낸 것처럼 HEMP 방호시설에 대한 IEC의 민간 기준 제시되어 있으나 이 중 전도성 방호성능 시험방법은 방호설비 전체의 전도차폐 성능에 대한 시험방법이 아닌 전도신호 방호장치(필터, MOV 등) 성능 시험만을 규정하고 있어 실제 방호설비에 방호장치가 설치된 후 나타날 수 있는 성능저하 문제가 고려되지 않는 문제가 있다.

또한 방사 차폐에 대해서도 명확한 차폐성능 측정방법이 제시되지 않아 기술기준으로 도입 시 시험방법상 논란을 야기 할 수 있다. 따라서 방사기준은 IEC 기준을 적용하고, 방사 시험방법 및 전도기준·시험방법은 MIL 기준을 도입하는 방안을 마련하였다.

2. 사용되는 기기 내성 차이에 대한 적용방안 검토

표 3-1에서 보듯이 군규격과 민간규격 모두 고출력 전자기파 방호시설에 필요한 방사성 방호성능 및 전도성 방호성능에 대한 기준과 시험방법을 제시하고 있다. 하지만 일부 규격이 다른 기준을 적용하고 있다.

방사성 방호성능 기준을 볼 때 군 규격은 시설의 방사 차폐성능이 80 dB 이상이 되도록 규정하고 있으며, 이 시설 내에 운용할 수 있는 정보기기의 내성을 50 V/m로 규정하고 있는데 반해, 민간 기준은 IEC 61000-6-6에서 6 등급의 경우 시설에는 동일한 80 dB의 차폐성능을 규정하고 있으나 이 설비 내부에 사용할 수 있는 정보기기의 내성은 군 기준보다 10배 낮은 5 V/m로 규정하고 있어 차이를 보인다.

군 기준의 경우 민간 기준보다 더 엄격한 기준의 적용을 위해 20 dB 정도의 여유 마진을 두고 차폐실 기준을 적용한 것으로 판단되며, 민간기준인 IEC 기준의 경우에는 별도의 마진 없이 기준이 정해진 것으로 판단된다. 실제 기기와 차폐실을 제작하는 경우 기기의 내성과 방호시설 차폐성능에서 제시되는 기준 이상을 확보하게 되므로 기준을 정할 때 별도의 마진을 두지 않아도 큰 문제가 없는 것으로 판단할 수 있다.

방사성 고출력 전자기파에 대한 차폐성능 기준 도출은 차폐시설 외부에 나타날 수 있는 최대 전자기장과 기기가 이상 없이 운용될 수 있는 최대 전기장 환경의 차이로 규정된다. 예를 들어, 보호되어야 할 주요 정보통신 설비 주변에 최대 10 kV/m의 전자기장이 형성될 수 있는 환경에 대한 보호를 고려할 때, 이 시설 내부에 사용될 기기가 10 V/m의 전자기장까지의 내성을 가지고 있다면 방호시설은 외부의 10 kV/m의 장을 기기가 견딜 수 있는 10 V/m까지 줄일 수 있는 차폐성능을 보유하면 되고, 이는 즉 1000 배

(60dB) 이상의 의 감쇠효과를 갖는 시설이면 충분하다는 의미이다.

이러한 개념을 고려할 때, 군 규격과 민간규격에서 동일한 방호시설의 차폐 성능(80 dB)를 제시하고 있으나, 적용하는 기기 내성은 50 V/m와 5 V/m로 10배의 차이가 나타남을 알 수 있다. 또한, 국내외적으로 일반적으로 사용되는 전자파 적합기준은 3 V/m의 내성을 요구하고 있어 IEC의 기준에서 제시하는 5 V/m와 또 다른 문제를 나타낸다.

즉, IEC의 5 V/m 내성을 가진 장비에 적용하도록 규정한 방호성능을 일반적으로 이용하고 있는 3 V/m 장비에 대해 적용하여도 문제가 없는지에 대한 검토가 필요하다.

일반적으로 기기를 제작할 경우 기준에 맞추어 정확한 내성을 갖도록 제작하는 것은 불가능하며, 따라서 대부분은 일정한 마진을 두고 더 높은 내성을 갖아 EMC 시험 시 문제가 없도록 설계·제작을 한다. 따라서 3 V/m의 내성 시험을 통과한 장비가 5 V/m의 전기장에도 문제가 없을 것에 대한 확인이 필요하다.

가. EMC 인증기기의 고출력 전자기파 방사내성 시험

EMC 인증을 받은 정보기기의 내성을 확인하기 위해 3 V/m 이상의 전기장에 대한 기기 내성을 시험하였다. 시험은 IEC 61000-4-3에서 규정하는 시험방법에 따라 10 V/m와 30 V/m의 전기장에 대해 시험을 수행하였다.

일반적으로 사용하는 정보통신기기에 대해 특성을 알아보기 위해 데스크탑 PC, 노트북 PC 및 프린터에 대해 다른 종류로 각 2대씩에 대해 시험을 수행하였으며, 시험 주파수는 1 GHz까지 수행하였으며, 하한 주파수의 경우 시험 장비의 성능을 고려하여 10 V/m인 경우에는 46 MHz, 30 V/m인 경우에는 80 MHz부터 측정을 수행하였다. 시험에 사용된 시료의 종류 및 시험 조건은 표 3-2와 표 3-3에 나타내었다.

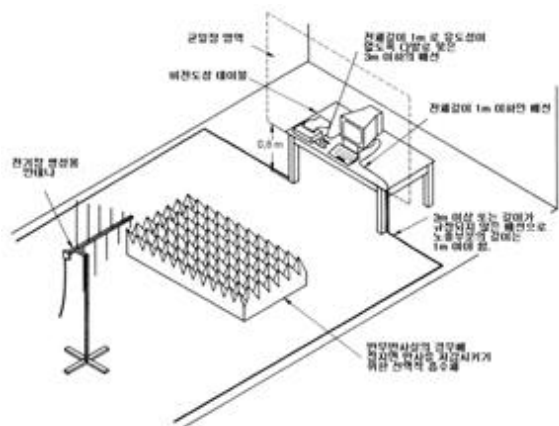
표 3-2 시험대상기기

구 분	시험 대상기기		대상기기 사진
PC1	제품명	데스크탑 컴퓨터	
	모델명	DM-C210	
	사양	200 ~ 240 VAC, 50/60 Hz, 4.0 A	
	특이사항	없음	
PC2	제품명	데스크탑 컴퓨터	
	모델명	DM-X100	
	사양	DC 19 V, 6.32 A(MAX)	
	특이사항	전원 아답터 사용	
프린터1	제품명	프린터	
	모델명	CLP-415N	
	사양	AC 220 ~ 240 VAC, 50/60 Hz, 4.0 A	
	특이사항	없음	
프린터2	제품명	프린터	
	모델명	HP Deskjet 460	
	사양	DC 18.5 V, 2 A	
	특이사항	전원 아답터 사용	
노트북1	제품명	노트북 컴퓨터	
	모델명	W2252TQT	
	사양	DC 19 V, 4.74 A	
	특이사항	전원 아답터 사용	
노트북2	제품명	노트북 컴퓨터	
	모델명	NT-Q45	
	사양	DC 19V, 3.16 A(MAX)	
	특이사항	전원 아답터 사용 (GND 단자 없음, L-N)	

표 3-3 전자파 방사내성 시험 조건

구 분	내 용	비 고
시험 방법	KN 61000-4-3에 준함	
시험주파수	46 MHz ~ 1 GHz(10 V/m) 80 MHz ~ 1 GHz(30 V/m)	Sweep : 1 % 유지 : 3초
시험 파형	1 kHz 정현파, 80 % 진폭변조	
시험 레벨	10 V/m(@ 3 m) 30 V/m(@ 1 m)	
안테나 편파	수평, 수직	
시험 인가면	대상기기의 정면	
시험품 동작상태	각 시험품의 대표적인 1개의 동작모드 - PC/노트북 : 동영상, LAN통신 상태 - 프린터 : 연속적인 프린트 상태	

시험은 반 무반사실에서 접지면에 흡수재를 설치하여 반사가 일어나지 않는 조건에서 수행하였다. 시험설정 및 시험장 환경에 대한 사진은 그림 3-1에 나타내었다.



a. 방사내성 시험 구성도

b. 방사내성 시험 환경

그림 3-1 방사내성 시험설정 및 시험장 환경

전자파 방사내성 시험결과 10 V/m의 전계강도에 노출되었을 경우에는 모든 대상기기의 동작에 아무런 이상이 없었다. 프린터는 30 V/m에서도 동작에 이상이 없었으며, 노트북의 자체 모니터도 정상 동작하였다.

프린터 이외 PC 및 노트북이 30 V/m의 전계강도에 노출되었을 때는 수직, 수평 안테나 편파 모두 PC 및 노트북 본체 자체에는 영향이 없었으나 모니터가 일부 대역에서 일시적으로 꺼졌다가 켜지는 현상이 있었으며, 마우스는 300 MHz 대역 이후부터 동작이 되지 않았고, 시험 종료 후 PC 및 노트북을 재시동했을 때 동작이 되었다. 모니터의 경우 전면에 있는 모니터 전원 스위치가 터치 방식의 스위치로 구성되어있어 전자파에 의해 스위치에 형성된 미소 전류에 의해 스위치가 동작하여 모니터가 On 또는 Off 된것으로 분석되며, 마우스의 경우 USB 케이블에 유기된 신호에 의해 마우스와 컴퓨터간 동기를 잃어 중단된 것으로 판단된다. 따라서 정보기기 자체의 동작에는 영향이 없는 것으로 판단이 가능하다.

표 3-4 방사내성 시험 결과

시험품	전계강도	시험주파수	안테나 편파	시험결과
PC1 + 프린터 1	10 V/m	46 MHz ~ 1 GHz	수평	이상없음
			수직	이상없음
	30 V/m	80 MHz ~ 1 GHz	수평	•모니터가 일시적으로 꺼짐 (210~240) •마우스 동작불능 (시험종료 후 정상동작)
			수직	•모니터가 일시적으로 꺼짐 (200~216) •마우스 동작불능 (시험종료 후 정상동작)
PC2 + 프린터 2	10 V/m	46 MHz ~ 1 GHz	수평	이상없음
			수직	이상없음
	30 V/m	80 MHz ~ 1 GHz	수평	•모니터가 일시적으로 꺼짐 (260~280) •마우스 동작불능 (시험종료 후 정상동작)
			수직	•모니터가 일시적으로 꺼짐 (280~310) •마우스 동작불능 (시험종료 후 정상동작)
노트북 1	10 V/m	46 MHz ~ 1 GHz	수평	이상없음
			수직	이상없음
	30 V/m	80 MHz ~ 1 GHz	수평	•모니터가 일시적으로 꺼짐 (320~344) •마우스 동작불능 (시험종료 후 정상동작)
			수직	•모니터가 일시적으로 꺼짐 (200~230) •마우스 동작불능 (시험종료 후 정상동작)

나. EMC 인증기기의 고출력 전자기와 잔류 EMP 전도내성 시험

잔류 EMP 전도내성 시험은 고출력 전자기와 발생시 필터를 통해 시설 내부로 유입되는 잔류전류에 대한 정보기기의 내성을 시험하는 것으로, 일반 EMC 내성시험에서는 유사한 항목의 시험이 없다. 따라서, 일반 EMC 인증 기기가 MIL-STD-188-125에서 규정하는 잔류 EMP 전도내성 시험에 만족할 수 있는지 확인을 위한 시험을 수행하였다. MIL-STD-188-125 규격에서 요구하는 잔류전류 레벨은 전원선의 경우 최대 10 A, 신호선의 경우 최대 0.1 A이다.

필터 통과후의 잔류 EMP 전도내성 시험을 위해 EMP 신호 발생기로부터 생성된 펄스전류가 규격을 만족하는 필터를 통과한 후 EMC 인증된 정보기기에 연결되어, 필터로부터 출력되는 EMP 잔류전류에 정보기기가 어떠한 영향을 받는지를 시험하였다.

시험을 위해 사용된 전원 및 통신용 EMP 필터의 사양 및 특성은 표 3-5 및 표 3-6에 제시된 바와 같다.

표 3-5 시험에 사용된 EMP 필터


구 분	필터 정보		필터 사진
전원선	제품명	단상 전원용 EMP 필터	
	모델명	FCF-I10-30A-X2	
	제조사/제조국	(주)아이스팩/한국	
	사양	250 Vac, 50/60 Hz, 30 A × 2	
	최대 잔류전류	17 A	
	특이사항	없음	
신호선 (LAN선)	제품명	LAN선용 EMP 필터	
	모델명	PIF-100T-401	
	제조사/제조국	Eurofarad/프랑스	
	사양	10/100 Base T, 4 pin	
	최대 잔류전류	1.1 A	
	특이사항	LAN선 8선 중 사용되는 4선만 연결	

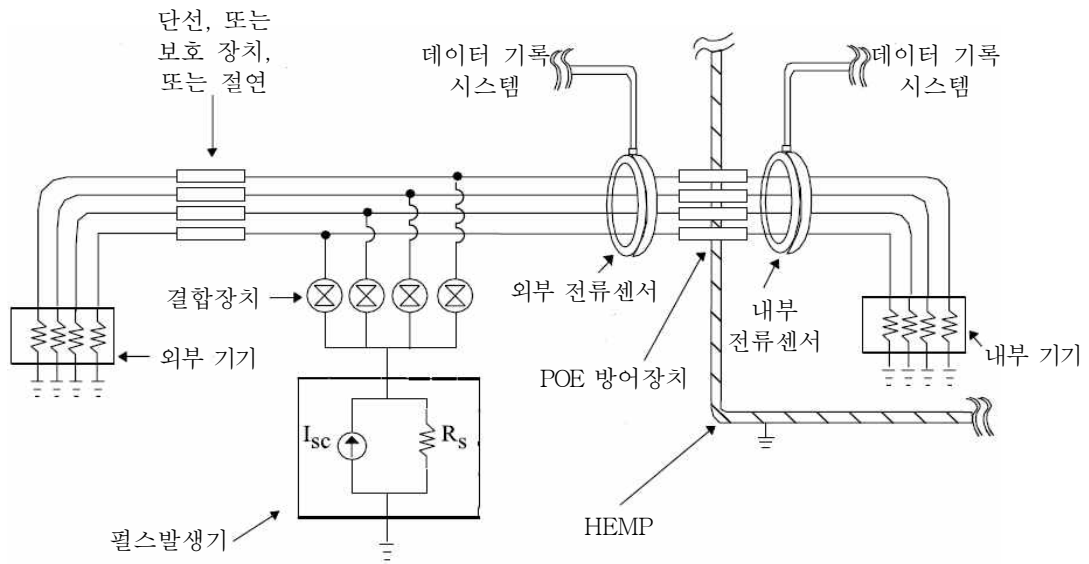
표 3-6 시험에 사용된 EMP 필터의 성능시험 결과

단상 전원용 EMP 필터	주입 전류		잔류 전류		
	주입률 %	최대값 A	최대값A ≤ 10	상승률A/s $\leq 1 \times 10^7$	Root ActionA/s $\leq 1.6 \times 10^{-1}$
	10	250	12.13	2.50×10^6	35.59×10^{-3}
LAN선용 EMP 필터	20	500	13.72	2.75×10^6	40.66×10^{-3}
	40	1,000	17.14	3.37×10^6	51.69×10^{-3}
	80	2,000	10.87	2.30×10^6	35.49×10^{-3}
	100	2,500	3.664	0.83×10^6	12.31×10^{-3}
	주입 전류		잔류 전류		
	주입률 %	최대값 A	최대값A ≤ 0.1	상승률A/s $\leq 1 \times 10^7$	Root ActionA/s $\leq 1.6 \times 10^{-3}$
	10	177	0.081	15.7×10^6	12.97×10^{-6}
	20	354	0.131	25.6×10^6	20.30×10^{-6}
	40	708	0.260	66.5×10^6	45.94×10^{-6}
	80	1,416	0.875	97×10^6	353.0×10^{-6}
	100	1,770	1.115	168×10^6	364.6×10^{-6}

EMP 펄스 발생기에 의해 필터의 입력단에 최대 5,000 A의 단펄스와 250 A의 중펄스를 시험선에 공통 모드로 인가하고, 필터의 출력단에 대상기기를 연결함으로써 EMP 잔류전류가 대상기기의 AC 입력포트(전원)와 LAN 포트(신호)에 연결되도록 설정하였다. 이 때, 잔류전류 크기에 따른 대상기기의 영향을 파악하기 위해 EMP 펄스발생기의 출력을 조정하여 최대 주입전류의 10 %, 20 %, 40 %, 80 %, 100 %인 순으로 증가시키며 전류를 주입 하였다.

표 3-7 잔류 EMP 전도내성 시험조건

구 분	내 용	비 고
시험 방법	MIL-STD-188-125-1에 준함	
시험선	각 시험품의 전원선, 신호선(LAN선)	프린터는 신호선 시험 제외
최대 시험레벨	5,000 A(단펄스), 250 A(중펄스)	Peak 전류
주입 모드	공통 모드	Verification 시험 조건
시험 측정	잔류 전류, 잔류 전압	단펄스 시험만 측정
시험품 동작상태	각 시험품의 대표적인 1개의 동작모드 - PC/노트북 : 동영상 - 프린터 : 연속적인 프린트 상태	



a. EMP 잔류전류 내성 시험구성도(MIL-STD-188-125-1)



<필터 입력측>



<필터 출력측>

b. 단펄스 시험구성 사진(전원선)

그림 3-2 EMP 잔류전류 내성시험 구성 및 환경

잔류 EMP 전도내성 시험결과 전원포트의 경우 대상기기 모두에 대해 정상 동작을 하였으며, 통신포트에 대해 기준에서 규정하고 있는 0.1 A 이하의 잔류전류에서는 아무런 영향이 없었으나, 노트북1의 LAN선 시험 시 5,000 A 단펄스 주입 후 통신 불능상태를 나타냈다. 이 경우 필터에서 출력된 잔류 전류는 표 3-8에서 볼 수 있듯이 0.145 A로 MIL-STD-188-125에서 규정하고 있는 잔류전류인 0.1 A를 초과한 경우였다. 따라서, 0.1 A 이내의 잔류 전류에서는 모든 대상기기가 정상동작 하였음을 확인할 수 있다.

표 3-8 통신선(LAN선)의 단펄스 시험결과

시험품	주입 전류		잔류 전류			시험품 동작상태
	주입률 %	최대값 A	최대값A ≤ 0.1	상승률A/s $\leq 1 \times 10^7$	Root ActionA/s $\leq 1.6 \times 10^{-3}$	
PC1	10	500	0.023	0.89×10^6	5.42×10^{-6}	이상없음
	20	1,000	0.032	1.50×10^6	13.24×10^{-6}	
	40	2,000	0.041	2.01×10^6	39.61×10^{-6}	
	80	4,000	0.094	4.55×10^6	52.96×10^{-6}	
	100	5,000	0.097	3.39×10^6	49.34×10^{-6}	
PC2	10	500	0.024	0.87×10^6	7.38×10^{-6}	이상없음
	20	1,000	0.028	1.29×10^6	11.23×10^{-6}	
	40	2,000	0.044	2.46×10^6	40.24×10^{-6}	
	80	4,000	0.095	3.06×10^6	55.61×10^{-6}	
	100	5,000	0.114	3.91×10^6	53.30×10^{-6}	
노트북1	10	500	0.025	0.72×10^6	9.49×10^{-6}	통신불능 (5,000 A 인가 시)
	20	1,000	0.032	1.38×10^6	18.37×10^{-6}	
	40	2,000	0.032	1.53×10^6	36.29×10^{-6}	
	80	4,000	0.145	5.94×10^6	61.77×10^{-6}	
	100	5,000	0.200	4.61×10^6	68.67×10^{-6}	
노트북2	10	500	0.015	1.57×10^6	3.27×10^{-6}	이상없음
	20	1,000	0.038	6.59×10^6	4.67×10^{-6}	
	40	2,000	0.060	12.0×10^6	10.40×10^{-6}	
	80	4,000	0.202	23.3×10^6	28.94×10^{-6}	
	100	5,000	0.091	11.2×10^6	16.32×10^{-6}	

다. 안전성평가 기준 적용 방안

앞에서의 시험에서 볼 수 있듯이, 적용하고자하는 IEC 및 MIL 기준에 대해 사용하는 기기의 내성에 차이가 있었으나, EMC 인증을 받은 정보기기에 대해 IEC기준에 의한 5 V/m 이상의 방사내성 시험 및 MIL에 의한 EMP 잔류전류 시험을 해 본 결과 각각의 방사 및 전도 내성기준을 만족함을 확인할 수 있었다.

시험을 통해 확인한 대상기기가 3 종류, 2가지 모델에 한정되어 모든 EMC 인증장비를 대표하는 시험결과로 볼 수는 없지만, EMC의 장애방지 기준이 통상적인 환경에서 기기 사용시 노이즈, 잡음 등을 포함한 이상이

발생하지 않도록 관리하기 위한 기준임에 반해 고출력 전자기파 기준의 경우 전쟁, 테러, 사고 등 위기 상황에서 수 ms ~ 수십 s의 짧은 시간에 나타나는 전자기파에 대해 주요 시설이 마비되어 사회적 혼란이 발생하는 것을 방지하기 위한 기준임을 고려할 때 이 시험 결과만으로도 주요 정보통신기가 마비되는 문제를 일으키지 않음 판단할 수 있을 것이다.

따라서 이러한 결과를 토대로 표 3-1에서 제시하고 있는 표준에 따른 고출력 전자기파 안전성평가 기준 마련이 가능함을 확인하였다.

3. 안전성평가 기준

방사성 고출력 전자기파 안전성평가 기준은 IEC 기준에 따라 80 dB를 규정하였고, 주파수에 따른 차폐성능기준은 MIL-STD-188-125 규정을 도입하였다. 이는 IEC의 경우 80 dB만을 규정하고 있고 주파수 및 주파수에 따른 기준레벨에 대한 별도의 언급이 없기 때문이다. 이렇게 도출된 방사성 방호 성능 기준은 다음과 같다.

주파수 범위	방사성 방호성능 차폐 기준dB
10 kHz - 10 MHz	$20\log f(\text{주파수}) - 60$
10 MHz - 1 GHz	80
$\text{차폐성능 (dB)} = 20\log_{10} \frac{V_1}{V_2} \quad (V_1 : \text{기준레벨 전압}, V_2 : \text{시험레벨 전압})$	

전도성 고출력 전자기파 안전성평가 기준은 MIL-STD-188-125 규정을 준용하였으며, 표준에서 제시되고 있는 다양한 포트에 대한 시험 중 정보기기 에 해당하는 포트에 대한 부분만을 선정하여 도입하였다. 성능시험 대상은 전원선, 오디오/데이터선, 제어/신호선 및 전선관 쉴드의 전기적 내부 인입점과 RF 안테나 인입점에 대해 규정하며, 성능시험 항목은 외부에 EMP 고출력 전자기파를 인가하였을 때, 최대 잔류전류, 최대 전류 상승률 및 실효값에 대한 기준을 두어 기준값 이하가 되도록 규정하였다.

표 3-9 내부 전기적 인입점에서 잔류전류 요구사항

전기적 인입점		주입 형태	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s)	실효값 (A \sqrt{s})
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 10	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-1}$
	중펄스	선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것		
기타 전원선 (내부 → 내부)	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 10	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-1}$
	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
오디오/ 데이터선 (외부 → 내부)	중펄스	선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것		
	저압선(단펄스)	선-접지	선 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
제어/ 신호선 (내부 → 내부)	고압선(단펄스)	선-접지	선 전류	≤ 1.0	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-2}$
	신호/ 저전류	관-접지	벌크 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
전선관 쉴드	중전류	관-접지	벌크 전류	≤ 1.0	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-2}$
	고전류	관-접지	벌크 전류	≤ 10	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-1}$

표 3-10 RF 안테나선 인입점에서 잔류전류 요구사항

전기적 인입점		주입 형태	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s)	실효값 (A \sqrt{s})
RF 안테나선 차폐	내부 도체	차폐-접지	선 전류	≤ 0.1	손상 또는 성능저하가 없을 것	
	차폐	차폐-접지	차폐 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
RF 안테나선 내부 도체 (신호선)	내부 도체	수신선	선-차폐	선 전류	≤ 0.1	손상 또는 성능저하가 없을 것
		송신선 송수신선	선-차폐	선 전류	≤ 1.0	
	차폐	선-차폐	차폐 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$

제3절 안전성평가 시험방법

안전성평가 시험방법은 방사성 방호성능 측정방법과 전도성 방호성능 측정방법으로 나누어 제안되었다.

1. 방사성 방호성능 측정방법

방사성 방호성능 측정방법은 구축된 고출력 전자기파 차단용 차폐실의 차폐성능을 측정하는 것으로, IEC 표준에 측정방법이 제시되지 않아 MIL-STD-188-125의 부록에 제시된 시험방법을 도입하였다. 일반적인 차폐성능 측정방법은 IEEE STD 299이 적용되고 있으나, MIL-STD에서 제시되는 측정방법의 경우 IEEE STD와 큰 틀에서 동일한 측정방법을 제시하고 있으나 고출력 전자기파 방호성능에 특화되어 측정주파수 및 측정 포인트 등을 더 구체적으로 제시하고 있다.

시험방법은 MIL-STD-188-125를 근간으로 시험방법을 제시하고, 시험방법으로 제시되지 않은 세부 사항은 IEEE STD 299를 따르도록 규정하였다. 시험방법은 측정 주파수, 측정지점 및 측정거리, 측정방법 등을 정의하고 있다.

성능평가를 위해 측정해야하는 주파수는 10 kHz에서 1 GHz 범위에서 대수적으로 유사한 분포를 갖도록 선정하며, 대역별로 구분하여 총 380개 주파수를 측정하도록 하였다. 표 3-11은 최소 측정주파수를 나타낸다. 실제 측정주파수의 선택은 가능한 균등하게 선택하지만 주변 환경 노이즈 등을 고려하여 간격을 조정할 수 있다.

표 3-11 방사성 방호성능 측정 최소 주파수

주파수 대역	측정주파수(개)	비 고
10 kHz - 100 kHz	20	<ul style="list-style-type: none"> 10 kHz ~ 20 MHz : 자기장 차폐 효과 측정 20 MHz ~ 1 GHz : 평면파 차폐 효과 측정
100 kHz - 1 MHz	20	
1 MHz - 10 MHz	40	
10 MHz - 100 MHz	150	
100 MHz - 1 GHz	150	

측정지점의 선정기준은 그림 3-3과 같이 차폐실 전체를 하나의 박스로 보고 3 m×3 m 간격으로 분할하여 중심점을 측정하며, 3 m×3 m 간격 분할이 어려운 경우 가능한 면적을 설정하여 그 중심점을 측정할 수 있다. 또한 이와 별도로 모든 기계 및 전기 관련 차폐실 내부로의 인입점에 대해 측정을 수행한다.

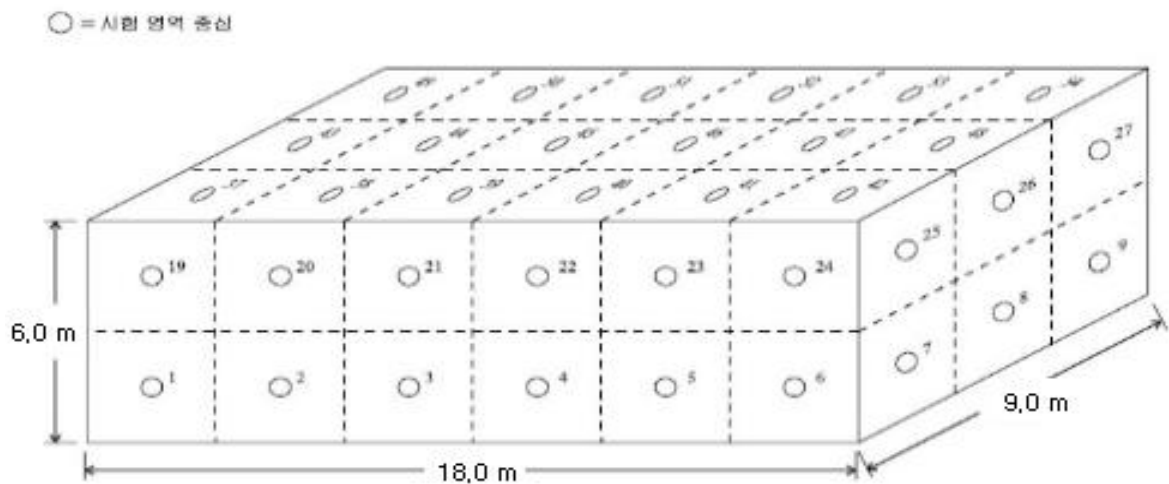


그림 3-3 방사성 방호성능 측정지점

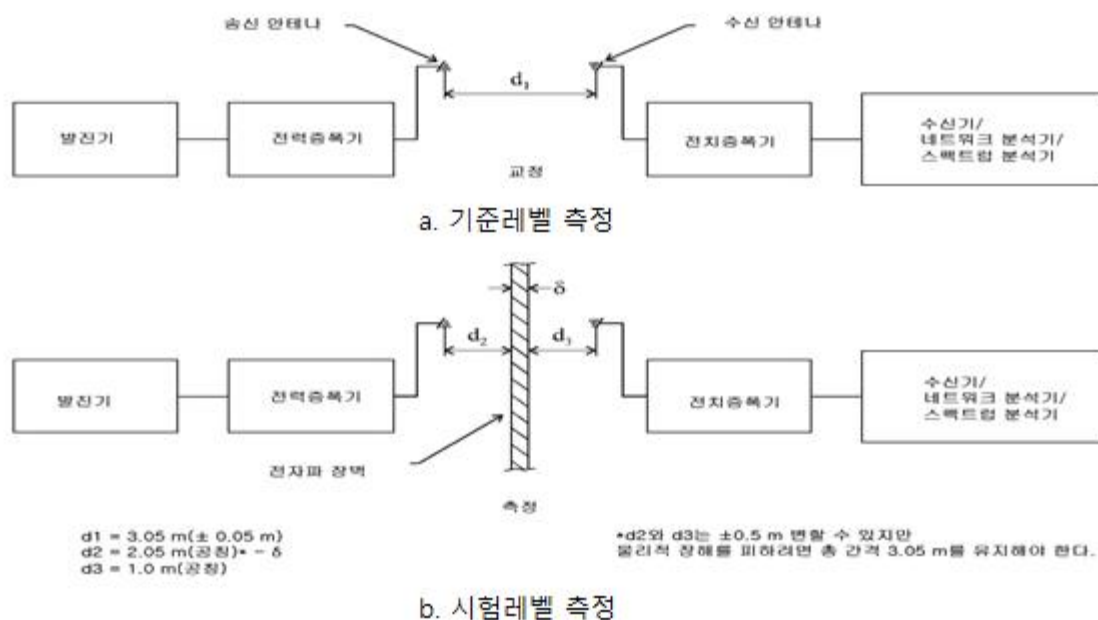


그림 3-4 기준레벨 및 시험레벨 측정방법

측정방법은 송신 안테나와 수신안테나를 아무런 방해 물질이 없는 자유공간 상에서 3 m 이격하여 기준레벨을 측정하고, 차폐실 외부에서 외벽면으로부터 (2 - 차폐실 두께) m 떨어진 위치에 송신안테나를 설치하고, 차폐실 내부에서 차폐실 내벽으로부터 1 m 거리에 수신안테나를 설치하여 시험레벨을 측정한다.

안테나는 바닥으로부터 1.5 ~ 2 m 이상 이격시키고, 안테나에 연결하는 RF 케이블은 안테나 연결부로부터 적어도 1 m 길이에 대해 휘어지지 않고 직선을 유지하도록 하여 측정하도록 한다.

2. 전도성 방호성능 측정방법

이 측정은 방호시설내부로 인입되는 전원, 통신, 신호선 등의 인입장치(필터 등)에 대해 측정하며, 시설 내부에 운용할 기기가 설치되기 전에 측정하도록 규정하고 있다. 세부적인 시험 방법은 MIL-STD-188-125 부록B “맥동 전류 주입(PCI) 시험 절차”를 준용하였다.

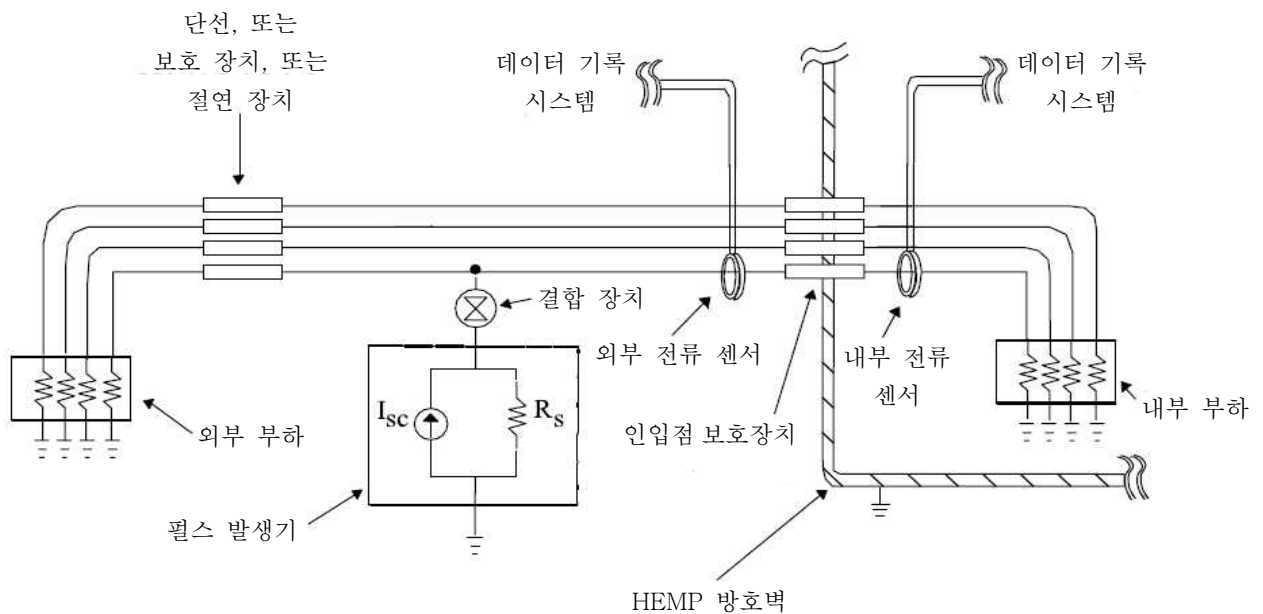


그림 3-5 전도성 방호성능 시험 배치도

시험은 그림 3-5와 같은 구성으로 수행하며, 펄스 발생기를 시험을 위한 선로에 주입하기 위한 결합장치, 시험 신호가 외부 부하에 미치는 영향을

방지하기 위한 보호 또는 절연장치, 인입점 보호장치 입력부(방호시설 외부) 및 출력부(방호시설 내부)의 시험전류 측정을 위한 전류센서와 각종 측정기를 이용하여 수행된다.

펄스발생기에서 출력되는 신호는 외부 센서가 설치되는 전기적 인입점을 기준으로 시험의 종류별로 최대 단락전류 5000 A에서 250 A, 소스 임피던스 60 Ω 또는 10 Ω, 펄스의 상승시간 20 ns 또는 1.5 ms, 반치폭 500 ns 또는 3 ms 의 특성을 갖는 신호를 주입하며, 세부적인 사양은 표 3-12에 나타내었다.

표 3-12 전도성 방호성능 시험을 위한 펄스 요구사항

전기적 인입점		주입 형태	최대 단락전류 \hat{I} (A)	소스 임피던스 Z_s (Ω)	상승 시간 τ_R (s)	반치폭 (s)	부하 임피던스 (Ω)
상용 전원선 (외부→내부)	단펄스	선-접지	2500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated}
	중펄스	선-접지	250	≥ 10	$\leq 1.5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	50
기타 전원선 (내부→내부)	비제한선 단펄스	선-접지	2500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated}
	제한선 단펄스	선-접지	$800/\sqrt{N}$ 또는 500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated}
오디오데이터선 (외부→내부)	단펄스	선-접지	$5000/\sqrt{N}$ 또는 500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	50
	중펄스	선-접지	250	≥ 10	$\leq 1.5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	50
제어/신호선 (내부→내부)	비제한선 단펄스	선-접지	$5000/\sqrt{N}$ 또는 500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rate}
	제한선 단펄스	선-접지	$800/\sqrt{N}$ 또는 500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated}
전선관 쉴드	매몰	관-접지	800	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2
	노출	관-접지	5000	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2

고출력·누설 전자파 안전성평가 기술기준(안)은 부록1에 첨부하였다.

제4절 기술기준(안) 개선 필요성

본 연구를 통해 도출한 「고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 고시(안)」은 「전파법」 개정(안)이 국회 심의중인 상황을 고려하여 현재 고출력 전자기파 관련 방호시설 표준이 완료되어 적용되고 있는 미 군 표준을 근간으로 작성되었다.

하지만 앞서도 살펴본 바와 같이 군사기준의 경우 사용되는 장비에 대한 내성기준에서 민간 장비와 차이가 있으며, 고출력 전자기파 발생시 방호 하여야 하는 성능에 대한 요구치도 차이를 보여 민간에 적용하는 경우에는 일부는 과도한 대책이 될 여지를 가지고 있다.

따라서 국내의 민간 주요설비에 보다 효율적으로 적용하기 위해서는 IEC, ITU 등 민간 표준화 기구에서 표준화 된 방호기준을 분석하고, 기술기준 마련을 위해 추가적으로 필요한 항목을 발췌하여 국내 실정에 적합한 보호 기준을 도출하여 적용하기 위한 연구가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 이를 위해서는 민간 주요설비에 대한 위협의 정의, 보호 범위의 설정 등을 근간으로 한 연구가 수행되어야 한다.

추가적으로 현재의 고출력 전자기파 방호 기준은 핵 고출력 전자기파(HEMP)에 대한 것이며, 이 이외에 전자폭탄, 테러 등에 사용되는 비핵 고출력 전자기파에 대한 기준을 마련하는 것이 시급한 과제라고 하겠다.

제4장 고출력 전자기파 정보기기 영향 연구

제1절 개 요

일반적인 고출력 전자기파 방호대책은 외부로부터 발생할 수 있는 고고도 핵폭발, 전자기파 테러 등 외부로부터 발생 할 수 있는 고출력 전자기파로부터 공공 및 민간의 주요 정보통신기기의 정상 운용을 보장하기 위해 시설하는 차폐실, 차폐함체, 시설의 지하화, 장비 내성 강화 등의 방법들을 의미한다.

방호대책을 수행하기 위해서는 각각의 방법이 방호시설로 적합한 성능을 가지는지 확인을 통해 방호 방법을 설정하고, 방호시설 구축 후에 적절한 성능으로 구축되었는지를 확인하기 위한 방호기준 마련이 필요하며, 이러한 방호기준은 외부에서 공격 가능한 전자기파 신호 레벨과 내부의 정보기기가 정상동작할 수 있는 전자기파 신호 레벨 산정을 통해 그 차이를 방호시설의 성능으로 설정하는 것이 일반적이다.

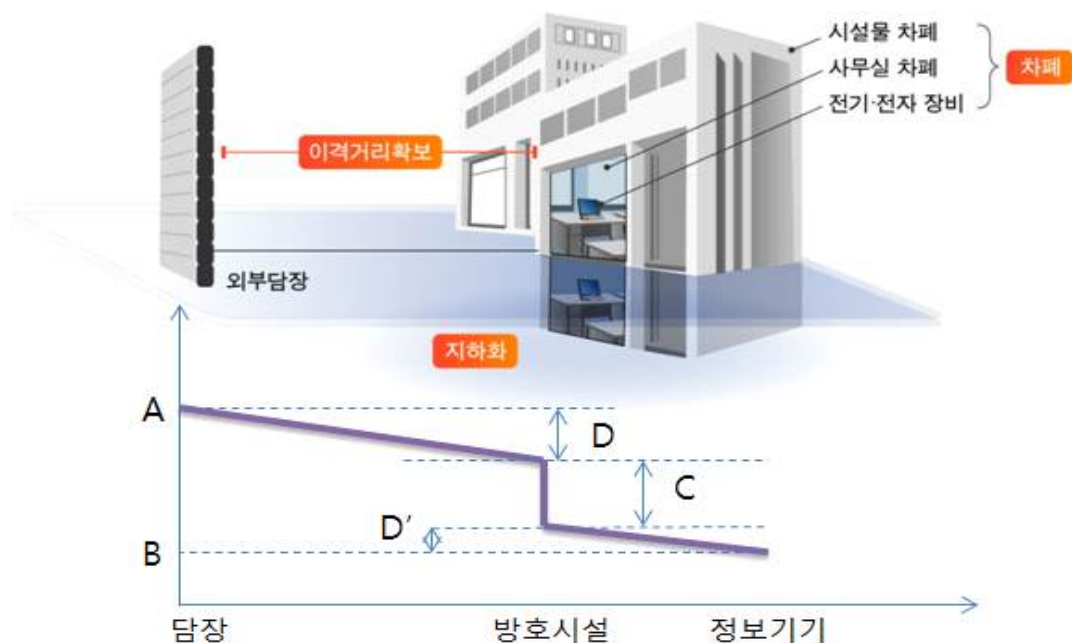


그림 4-1 고출력 전자기파 방호 개념

그림 4-1은 고출력 전자기파에 대한 주요 정보기기의 방호 개념에 대한 예를 나타내고 있다. 외부에서 공격 가능한 전자기파 신호레벨을 A라고 하고, 외부 공격위치와 방호시설 및 방호시설과 정보기기의 이격거리에 따른 자유 공간 감쇠를 각각 D와 D', 시설차폐, 사무실차폐, 지하층에 의한 차폐 등 방호시설에 의한 신호 감쇠를 C라고 하면, 정보기기 주변에 형성되는 전자기장의 세기는 B가 되며, 이 B가 정보기기 주변에 형성되는 전자기파 신호레벨이 된다.

정보기기가 아무런 영향 없이 정상동작하는 전자기장의 레벨(이하 “전자기 내성”)이 B보다 큰 경우에는 정보기기는 이 시설 내에서 문제없이 운용이 가능하다. 하지만, 정보기기의 전자기 내성이 B 보다 작은 경우에는 외부에서 고출력 전자기파를 발생시키는 경우 정보기기가 정상동작을 못하고 고장 등의 문제를 일으킬 수 있다.

따라서 방호설비는 전자기파 신호레벨 A와 정보기기의 전자기 내성 B의 차이 이상의 전자기파 저감 성능을 가져야 하며, 방호시설은 거리 이격에 따른 자연감쇠를 제외한 성능 이상을 가져야 한다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{방호 성능기준}(dB) = A(dBV/m) - B(dBV/m) \quad (\text{식4-1})$$

$$\text{방호시설 성능기준}(dB) = (A - B) - (D + D') \quad (\text{식4-2})$$

실제 구축이 필요한 방호시설의 성능기준은 방호성능기준에서 거리이격에 따른 자연감쇠, 지하인 경우 지하 시설에 따른 자연감쇠, 건물에 의한 감쇠 등을 제외하여야 하지만, 이러한 환경요인에 따른 자연감쇠의 경우 시설이 위치한 환경에 따라 다르게 적용되기 때문에 일반화 할 수 없으므로, 통상 방호시설 성능기준은 전체 방호성능기준으로 나타내고 있다.

방호시설 성능기준을 결정하는 주요한 개념 중의 하나가 바로 정보기기의 전자기 내성특성이다. 정보기기의 내성이 큰 경우에는 방호시설은 더 낮은

성능기준으로도 충분한 방호가 가능하며, 반대로 내성이 작은 경우에는 방호 시설이 보다 높은 성능을 가져야 하는 상호관계가 있다.

일반적으로 국내에 상용으로 출시되는 정보기기는 모두 「전파법」에 따른 전자파 적합성 기준에 따른 인증을 받아야 하며, 방사 RF 내성의 경우 일상적인 전파환경에서 대상 기기가 통신상의 노이즈나, 화면 떨림 등을 포함한 이상동작이 발생하여 운용에 불편이 발생하지 않도록 하기위해 일반 전파 환경에서 해당 기기의 사양에서 정한 성능 유지를 목적으로 규정하고 있는 제도이다.

하지만 고출력 전자기파 방호대책의 경우에는 일반적인 전자기 환경이 아닌 적의 공격이나 테러 등의 비상상황에서의 주요 정보기기의 안정성을 고려하는 것이며, 고출력 전자기파에 노출되는 시간 또한 수 십 ns (HEMP의 경우)에서 수 십 s 정도의 비교적 짧은 시간임을 고려 할 때 내성 기준에 대한 접근을 달리 하여야 하므로, 기존의 전자파 적합성 기준에 의한 정보 기기 내성을 적용하는 것은 과도한 대책의 문제를 야기할 수 있다.

고출력 전자기파에 대한 방호의 목적은 적의 공격 및 테러 등의 국가 비상 상황에서도 국가의 기반이 되는 공공 및 민간의 주요 정보통신설비의 정상운용을 통해 추가적인 사회 혼란을 방지하고, 구난·구호를 위한 비상통신의 확보, 정보통신망 피해에 의한 개인 사유재산의 손실 등을 방지하기 위해 수행되는 비상 대책이다.

따라서 각각의 주요 설비는 전자파 적합성 기준에서 고려하고 있는 잡음 및 일시적인 이상 등의 경미한 영향은 제외하고 설비 전체에 영향을 주어 장시간 정보통신을 마비시키거나, 주요 데이터의 손실 우려가 있는 영향에 대해서만 재평가할 필요가 있다.

본 연구는 이러한 관점에서의 정보통신설비 내성을 검토하기 위해 핵 및 비핵 고출력 전자기파 환경에서 정보기기에서 발생하는 영향을 실험을 통해 확인하고, 향후 방호기준 마련의 방향을 제시하였다.

제2절 핵 고출력 전자기파 영향실험

핵 고출력 전자기파에 대한 영향평가는 MIL-STD-188-125에 규정하고 있으며, 방사성 신호원은 펄스성으로 50 kV/m의 전기장을 형성시키고 정보기기 보호를 위해서는 80 dB의 방사성 차폐성능을 갖는 방호시설의 규격을 요구하고 있다.

본 실험에서는 일반적인 정보기기인 노트북, 데스크탑 PC 및 프린터 각 2개 모델에 대해 MIL-STD-188-125에 따른 방사성 시험을 통해 정보기기가 어떠한 영향을 받는지를 검토하였다.

정보기기의 영향을 검토하는 방법으로 3가지 단계를 두어 검토하였다. 먼저, MIL-STD에서 제시하는 방호성능기준인 80 dB의 차폐성능을 갖는 차폐함체 내부에 기기를 설치하는 경우에 대해 실험하였고, 두 번째로 정보기기 주변에 형성되는 전자기파의 세기를 높이기 위해 함체의 한 면을 개방한 경우에 대해 실험하였다. 마지막으로 차폐시설이 전혀 없는 상태에서 정보기기만을 두었을 때의 정보기기 영향을 실험하였다.

1. 실험설정 및 방법

실험은 MIL-STD-188-125 기준에 의한 수행을 위해 시험 장비를 보유하고 있는 조선기자재연구원에서 수행하였다. 시험 설정은 그림 4-2에서와 같다.

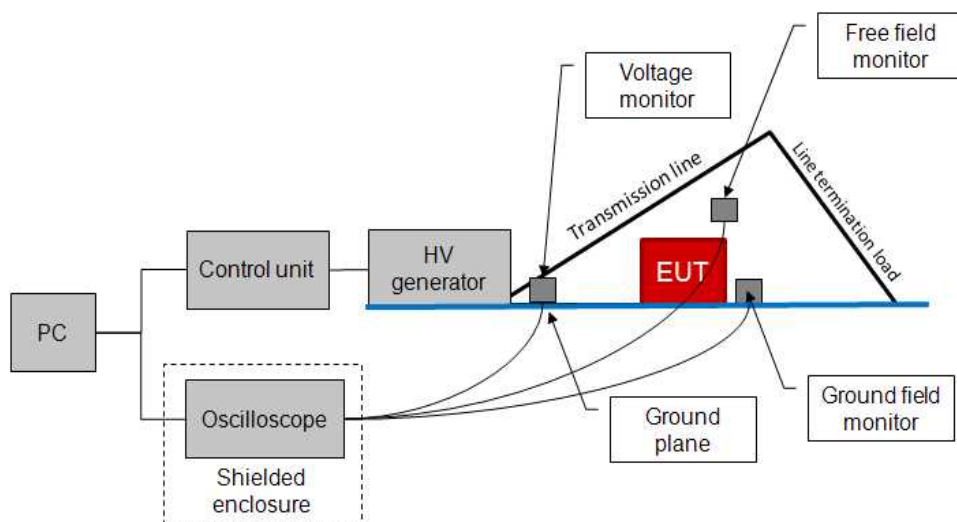


그림 4-2 핵 고출력 전자기파 영향실험 구성도

고출력 전자기파 발생장치의 구성은 측정용 PC를 통해 제어되는 고출력 신호발생기(HV Generator)에서 발생하는 고출력 전자기파를 대상기기에 방사하기 위해 설치된 Transmission Line과 신호의 종단을 위해 설치된 Line Termination Load로 구성되어 있으며, 대상기기를 Transmission Line 아래 접지판 위에 설치하고 주변에 설치된 Voltage Monitor, Free Field Monitor 및 Ground Field Monitor 센서에서 측정된 전압 및 전자기장 값을 PC에서 측정하는 형태이다.

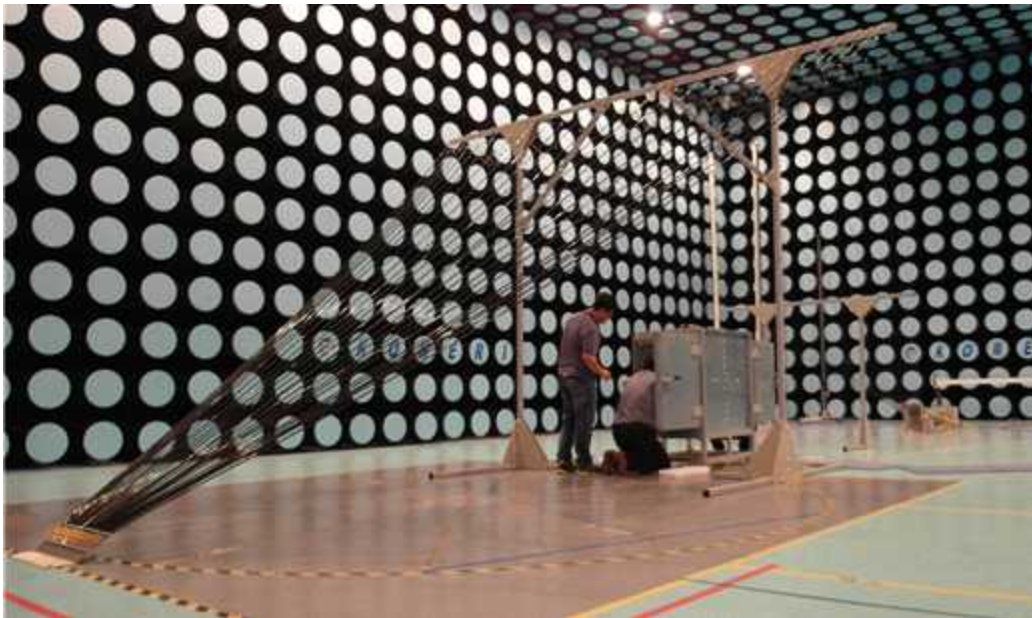


그림 4-3 핵 고출력 전자기파 영향실험실(조선기자재연구원)

시험은 다음과 같은 절차로 진행되었다.

- 가. MIL-STD 방호기준인 80dB 차폐성능이 있는 차폐함체에 대상기기를 설치한 후 정상동작 시킨다.
- 나. 펄스 발생기를 방사 시스템에 연결하여, 최소 분당 1 펄스의 속도로 필요한 펄스의 수를 인가한다.
- 다. 민감도 또는 성능 저하의 징후가 있는지에 대해 각 펄스 인가 동안 및 인가 후에 대상기기를 모니터링한다.
- 라. 차폐함체의 문을 열어 차폐 랙 내부의 전자파 강도를 증가 시키면서, 펄스 인가를 반복한다.
- 마. 펄스 인가 후에 대상기기의 동작 상태를 모니터링하고 기록한다.

바. 정보기기를 차폐함체 없이 테이블 위에서 동작 상태로 설치하고, 펄스를 인가 후 상태를 모니터링하고 기록한다.

2. 실험 결과

시험은 정보기기 주변에 형성되는 전기장의 세기를 달리하여 4단계로 진행하였다. 각각의 단계에서 형성된 전기장은 먼저, 80 dB 차폐함체 내부에 정보기기를 설치한 경우에는 내부 전기장은 10 kV/m 이하로 나타났다. 이는 사용된 전기장 센서의 최소 측정가능한 레벨이 10 kV/m이므로 80 dB 차폐함체 내부의 낮은 전기장은 측정할 수 없었다. 두 번째는 차폐함체의 한쪽 면을 개방한 후 측정을 수행하였으며, 이 경우 함체 내부에 형성된 전기장은 17.7 kV/m로 측정되었다. 세 번째는 차폐함체의 양쪽 면을 개방한 후 측정을 수행하였고, 전기장은 24 kV/m로 측정되었다. 마지막으로 차폐함체 없이 대상기기 단독으로 측정을 수행하였으며, 이 경우 전기장은 50 kV/m로 나타났다.

정보기기 3종류 6대에 대해 시험한 결과 4가지 단계 모두에서 이상 징후가 나타나지 않았으며, 각 단계별 시험장 설정 사진과 측정된 전기장도 및 결과는 표 4-1 ~ 표 4-4에 각각 제시하였다.

표 4-1 차폐 랙(80dB)에 50 KV/m 펄스 인가한 경우

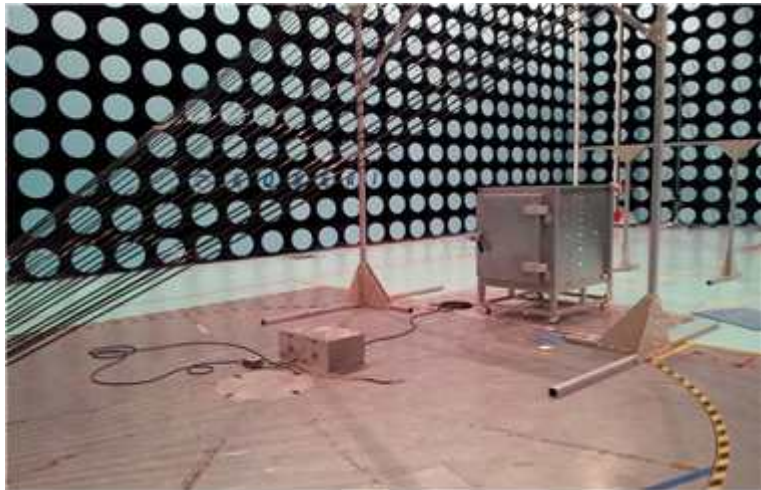
구 성	전계강도	결과
차폐 랙(80dB)에 안에 PC, 프린터, 노트북 동작 상태		
	센서 최소 측정값 이하 (10 KV/m)	정상

표 4-2 차폐 랙(80dB) 한 쪽 문을 열고 50 KV/m 펄스 인가한 경우


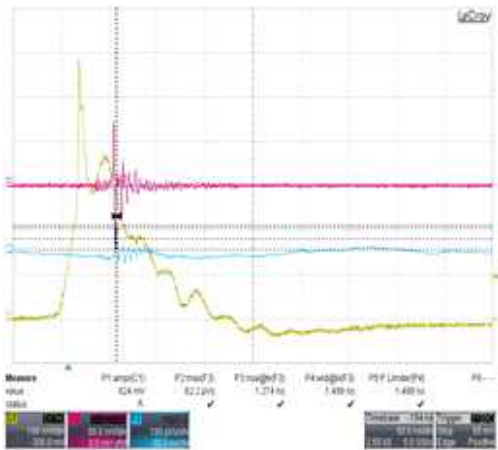
구 성	전계강도	결과
차폐 랙(80dB)에 안에 PC, 프린터, 노트북 동작 상태	17.7 KV/m	정상
		

표 4-3 차폐 랙(80dB) 양 쪽 문을 열고 50 KV/m 펄스 인가한 경우

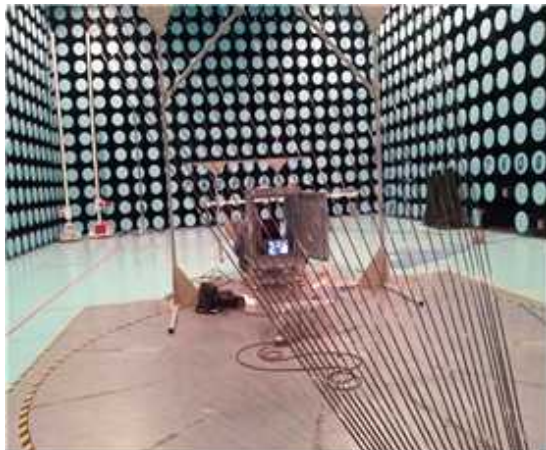
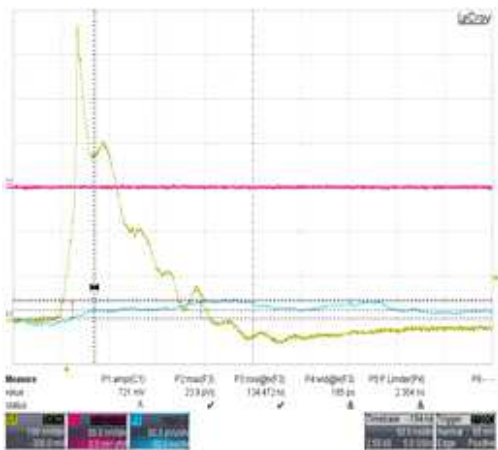
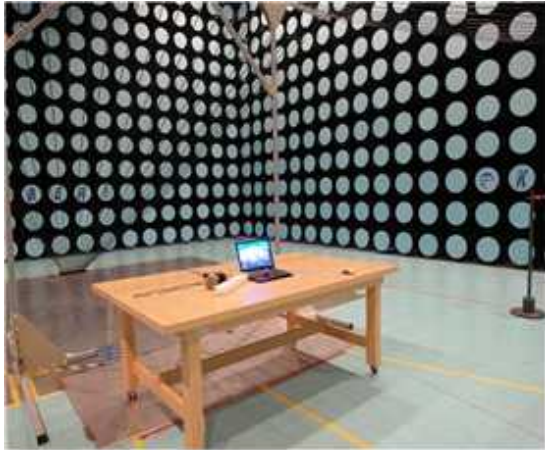
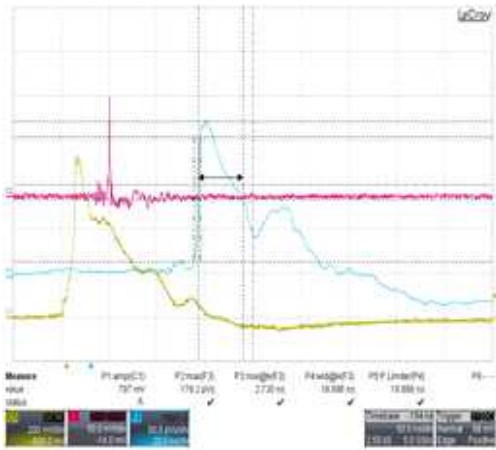
구 성	전계강도	결과
차폐 랙(80dB)에 안에 PC, 프린터, 노트북 동작 상태	24 KV/m	정상
		

표 4-4 노트북을 동작시키고 50 KV/m 펄스 인가 한 경우

구 성	전계강도	결과
테이블 위에 노트북 동작 상태	50 KV/m	정상
		

방호시설 관련 표준에서 제시하는 80dB 차폐시설 안에 설치된 정보기기 뿐만아니라 17.7 kV/m, 24 kV/m 및 HEMP 발생시 지상에 발생하는 최대 전자기파인 50 kV/m의 전기장에서도 각각의 정보기기가 아무런 영향을 받지 않은 것으로 측정되었다.

이러한 시험 결과로는 모든 정보기기에 대한 HEMP 내성을 대표할 수 없으나, 일반 전자파 적합 인증을 받은 정보기기도 HEMP와 같은 펄스성 고출력 전자기파에는 보다 높은 레벨에 대한 내성을 가지고 있음을 알 수 있다.

제3절 비핵 고출력 전자기파 영향실험

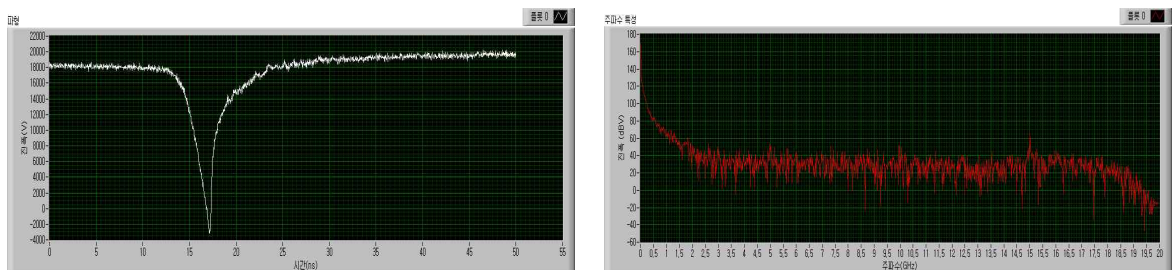
핵 고출력 전자기파는 그 파형특성이 1950년대부터의 시험 등을 통해 IEC 61000-2-9 등의 표준에 제시되어 있다. 따라서 시험을 위한 핵 고출력 전자기파 신호발생장치 등이 표준화 되어 이용되고 있다.

하지만 비핵 고출력 전자기파는 인위적으로 높은 전자기장을 형성시킬 수 있는 다양한 펄스를 만들 수 있으므로 특정한 파형으로 일반화 할 수 없으나,

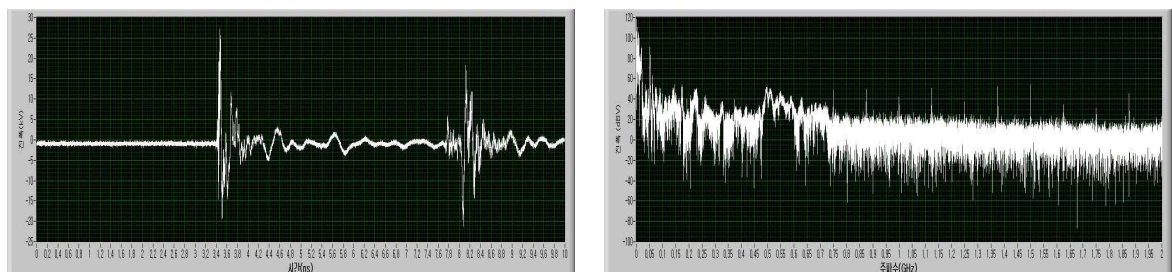
정보기기 영향을 분석하는 데 필수적인 두 가지 항목으로 분류하여 특징을 분류할 수 있으며, 그 중 하나가 신호의 세기이며 다른 하나가 주파수 대역폭이다.

신호 출력의 세기는 기술의 발달, 발생기의 규모 등에 따라 다양하게 만들 수 있으며, 정보기기의 내성은 이와는 상관없이 평가할 수 있으므로, 이번 연구에서는 이 부분을 제외하면 주파수 대역폭 특성으로 분석이 가능하다.

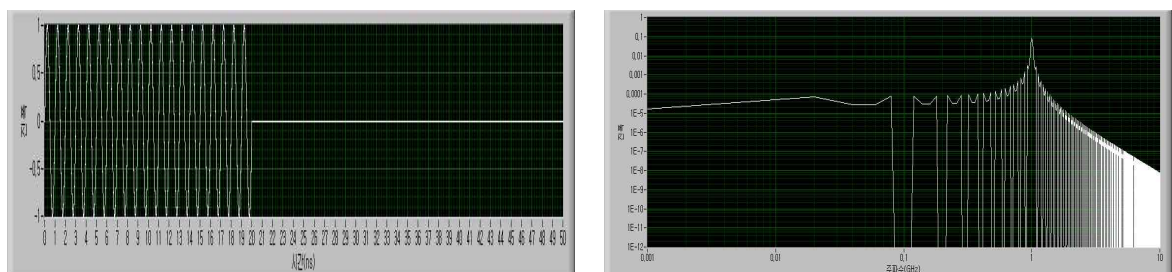
고출력 전자기파는 제2장 제1절에 언급한 것처럼 광대역, 중간대역, 협대역 신호로 나뉘며, 각각의 시간파형 및 주파수 대역 특성은 그림 4-4와 같다.



a. 광대역 신호 파형 및 주파수 특성



b. 중간대역 신호 파형 및 주파수 특성



c. 협대역 신호 파형 및 주파수 특성

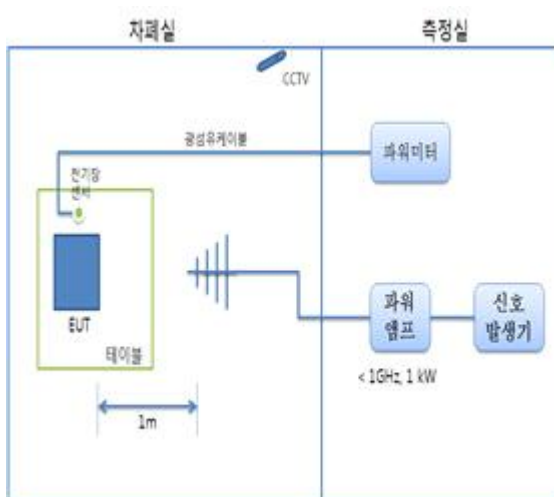
그림 4-4 비핵 고출력 전자기파 종류별 주파수 특성

각 신호의 특징은 영향을 미치는 대역의 범위에 차이가 있으며, 대역이 넓으면 넓을수록 시간영역에서의 피크 전압이 동일한 경우 각 주파수에서의 신호 레벨은 줄어드는 특성을 나타낸다.

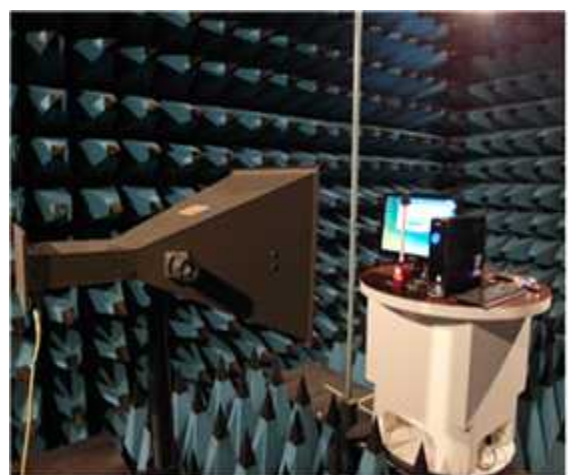
이러한 부분을 고려할 때 가장 높은 에너지로 정보기기에 영향을 줄 수 있는 신호형태는 협대역 신호이며, 이러한 협대역 신호를 이용하여 주파수별 영향 특성을 분석하면 추후 광대역으로 동시에 영향을 주는 경우에 대한 해석도 가능할 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 협대역 신호 중 CW 신호를 이용하여 고출력 전자기파에 노출된 경우 정보기기의 영향을 평가하였다.

1. 시험설정 및 방법

시험은 직접파에 의한 영향만을 고려하기 위해 전자파 무반사실에서 진행하였으며, 일반 내성시험시스템으로 높은 전기장을 형성시키기 위해 안테나와 대상기기와의 거리를 1m로 하여 측정하였다. 또한 대상기기에 형성되는 전자기장을 측정하기 위해 대상기기 옆에 센서를 설치하였으며, 측정은 전면과 후면 (데스크탑 PC는 측면 포함)에 대해 수행하였다. 그림 4-5는 측정시험장과 시험설정 구성도를 나타내었다.



a. 측정시험설정 구성도



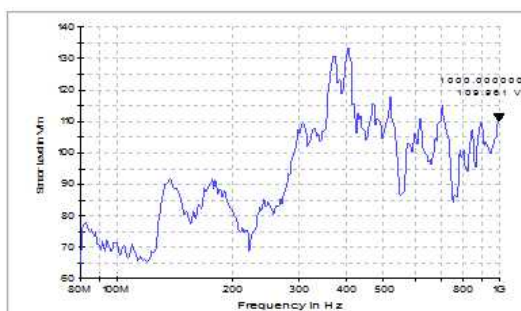
b. 측정시험장

그림 4-5 측정 시험설정 및 측정시험장

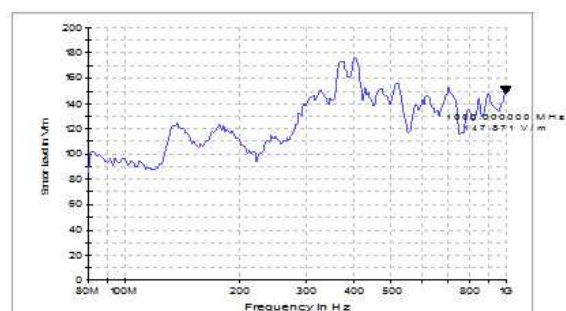
실험측정은 80 MHz에서 4 GHz 대역에 대해 수행하였으며, 파워앰프의 특성상 2개의 대역 (1대역 : 80 MHz ~ 1 GHz, 2대역 : 1 GHz ~ 4 GHz)으로 나누어 수행하였으며, 측정 전기장은 1대역은 90 V/m, 120 V/m, 150 V/m에 대해 수행하였고, 2대역은 100 V/m, 150 V/m, 200 V/m에 대해 수행하였다.

시험 전기장 세기는 1대역 측정 후 정보기기에 영향을 주는 전기장이 100 V/m 이상임을 확인하고 2대역 측정에서는 100 V/m 이상의 전기장에 대해 측정을 수행하기 위해 1대역과 다른 전기장 레벨을 선정하였고, 2대역 측정 중 200 V/m는 측정시스템에서 최대 측정할 수 있는 전기장을 초과하는 레벨로 모든 주파수에서 200 V/m를 형성하지 못하나 정보기기 영향 판단을 위해 시범적으로 수행하였다.

그림 4-6은 1대역에서 측정된 주파수별 전기장의 세기를 나타낸다. 측정은 3 m 거리에서 균일장을 측정한 데이터를 1 m에서 90 및 120 V/m에 적용하도록 한 것으로 300 MHz 이하 주파수 대역에서는 설정된 전기장 보다 낮은 전기장이 실제로 형성되었으며, 그 이상의 주파수에서는 더 높은 전기장이 형성되었다. 하지만, 이 연구에서는 높은 전기장 환경에서 정보기기에서 발생할 수 있는 영향을 도출하는 것으로 이러한 부분이 결과 도출에 영향을 미치지 않는다.



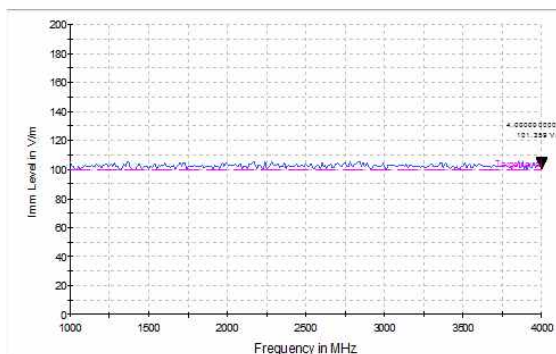
a. 90 V/m 측정 전기장



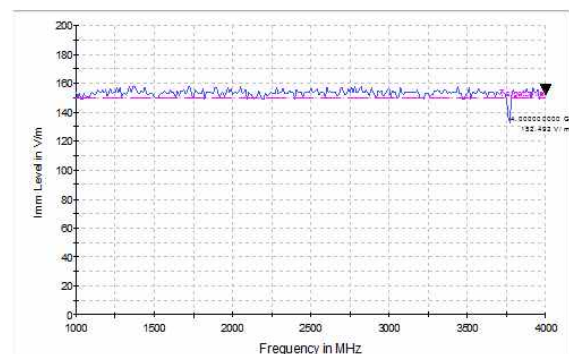
b. 120 V/m 측정 전기장

그림 4-6 1대역 측정 전기장

그림 4-7은 2대역에서의 측정전기장을 나타낸다. 2대역 측정시에는 각 주파수별 전기장 형성시 측정 대상기기 주변에 설치된 측정센서로부터 Feedback을 받아 앰프 출력을 조절하여 설정한 전기장 레벨을 맞추도록 한 후 측정을 수행하였다. 200 V/m의 경우 사용한 파워앰프의 사양 한계로 일부 주파수에 대해서는 설정된 전기장을 형성하지 못하였다.



a. 100 V/m 측정 전기장



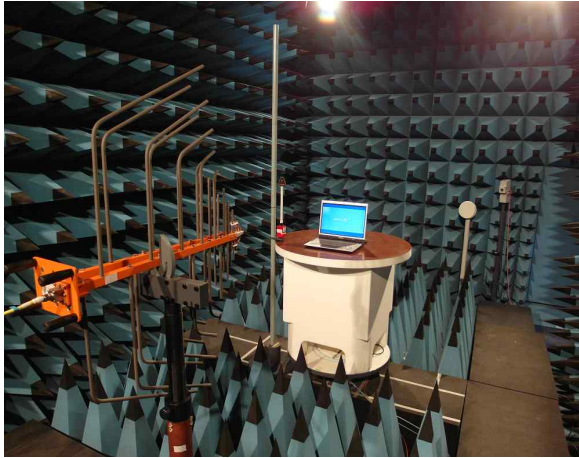
b. 150 V/m 측정 전기장



c. 200 V/m 측정 전기장

그림 4-7 2대역 측정 전기장

측정은 데스크탑 PC와 노트북 PC를 대상으로 수행하였으며, 대상 PC는 정상동작 상태에서 동영상을 플레이하도록 설정한 후 각각의 전자기장에서의 영향을 평가하였다. 대상기기의 이상동작을 확인하기 위해 챔버안에 CCTV를 설치하여 시험하는 주파수와 출력레벨 및 대상기기의 동작 이상 유무를 확인하였다. 그림 4-8은 챔버와 측정실을 나타낸 사진이다.



a. 시험용 챔버



b. 측정실 전경

그림 4-8 시험용 챔버 및 측정실

대상기기는 1대역의 경우 노트북 3대와 데스크탑 1대를 시험하였으며, 2대역은 노트북 1대와 데스크탑 2대를 시험하였다.

2. 시험결과

시험을 통해 동영상 정지, 동영상 끊김현상 발생, USB 인식 불가, PC 전원 꺼짐, 자동 재부팅, 모니터 꺼짐, 시스템 에러 및 하드웨어 손상 등의 정보기기 영향을 확인 할 수 있었다.

1대역 측정시 나타난 정보기기 영향은 다음과 같이 요약된다.

가. 약 90 V/m 미만의 전기장에서의 영향

- o 노트북 컴퓨터 및 PC 본체는 아무런 영향이 없음
- o 데스크탑 PC의 경우 LCD 30 V/m 이하에서도 특정 주파수에서 모니터의 Back Light가 꺼지는 현상 발생
- o 75 V/m 전기장에서 “USB 장치 인식실패” 메시지가 뜸
- o 75 V/m 전기장에서 모니터 전원이 꺼졌으며, 이후 모니터 전원이 들어오지 않는 고장 발생 (1개 모델의 모니터 고장)

나. 약 90 V/m의 전기장에서의 영향

- o 노트북 동작에는 이상이 없음
- o 특정 주파수에서 노트북 컴퓨터의 LCD 모니터 Back Light가 꺼지는 현상이 발생 (주파수 변경 시 원상 복구됨)
- o 특정 주파수에서 PC 본체의 전원이 꺼지는 현상 발생 (시험 종료 후 전원스위치 ON 시 PC 정상 동작)

다. 약 120 V/m의 전기장에서의 영향

- o 모니터 Back Light가 특정주파수에서만 꺼지는 현상 발생
- o 특정 주파수에서 Back Light가 완전히 꺼지는 현상 발생
 - 시험 후 노트북의 Back Light On/Off 키를 이용하여 Off 후 On시 정상으로 돌아옴
- o 시험 도중 동영상 끊김 현상이 발생
 - 시험 종료 후에도 끊김 현상은 지속되었으며, 노트북을 재부팅한 후에 정상으로 돌아옴
- o 특정 주파수에서 노트북 전원이 꺼지는 현상 발생
 - 시험 종료 후 전원스위치 ON 시 노트북 정상 동작
- o DeskTop PC 전면면에 있는 LED가 꺼짐 (PC 동작은 이상 없음)
- o DeskTop PC가 Safe Mode로 자동으로 재부팅하였음

라. 약 150 V/m의 전기장에서의 영향

- o 특정 주파수에서 동영상이 멈추는 현상 발생
- o 특정 주파수에서 노트북 PC가 다운되었으며, 강제로 전원을 Off 하고 다시 On 하였으나 시스템 오류로 윈도우가 동작을 안함
- o 특정 주파수에서 전원이 꺼짐

위의 시험결과에서 보듯이 가장 낮은 전기장에서 영향을 나타내는 것이 USB와 모니터의 전원 꺼짐 이었다. USB 인식실패는 USB 마우스 케이블에 유기된 전자기파가 마우스와 PC간의 동기를 방해하여 나타

나는 현상으로 분석되며, 시험 종료 후 USB 단자를 제거하고 다시 연결하였을 때 정상으로 동작하였다.

또한 모니터 전원꺼짐이 나타나는 원인은 시험에 사용된 모니터 전면부에 있는 전원 스위치가 터치 방식의 스위치로 터치 스위치에 유기된 전류가 모니터의 스위치를 동작시켜 발생하는 것으로 분석되었다. 원인 확인을 위해 터치 스위치 부분에 동테이프로 전자파를 차단하는 경우에 이러한 현상이 현저하게 감소함을 알 수 있었다. 이러한 문제는 이후의 다른 실험에서도 지속되며, 실제 정보기기 필요한 정보기기의 영향은 PC 본체에 대한 것으로 이후의 실험에서는 모니터를 전자기장 영향을 받지 않는 위치로 이동하거나 스위치 부분을 차폐 재료로 차폐한 후 진행하였다. 75 V/m에서 발생한 모니터 고장 및 일부 PC에서의 전원 꺼짐도 스위치 부분의 고장 및 유기된 전류에 의한 터치 스위치의 동작이 원인인 것으로 판단된다.

120 V/m의 전기장에서 동영상의 끊기며 재생되는 현상(700 MHz 대역)이 발생하였으며, PC 내부 회로의 Clock 동기 또는 비디오 동기 신호등이 간섭을 받은 후 소프트웨어적으로 문제를 일으키는 것으로 분석된다. 하지만, 정확한 원인은 추가적으로 확인할 필요가 있다. 이것은 데스크탑 PC에서 자동으로 종료된 후 Safe Mode로 재부팅되는 경우(413 MHz)도 동일한 원인인 것으로 판단된다.

150 V/m에서는 노트북 PC에서 윈도우 시스템 오류가 발생(341 MHz)하여 이후 시스템을 사용 할 수 없는 에러가 발생하였으며, 윈도우를 재 설치한 후 노트북을 사용할 수 있었다.

그림 4-9는 120 V/m에서 발생한 데스크탑 PC 자동종료 후 Safe Mode로 부팅된 시험 화면과 150 V/m 시험 시 발생한 노트북 윈도우 시스템 에러 화면이다.



a. Safe Mode 지부팅



b. 시스템 에러

그림 4-9 1대역 실험시 나타난 에러

2대역 측정시 나타난 정보기기 영향은 다음과 같이 요약된다.

- 가. PC 본체 및 모니터의 전원스위치(터치스위치)는 약 100 V/m의 전기장에서 오동작
 - o 50 V/m의 전기장에서는 영향이 없으나 100 V/m에서는 특정 주파수에서 오동작 (모니터 전원이 꺼지거나 켜지는 현상, PC의 윈도우가 종료되는 현상)
 - o 전기장 영향을 덜 받도록 스위치 주변을 금속박으로 처리한 경우 오동작이 나타나지 않음
- 나. 메인보드에 직접적으로 강한 전기장이 유기되는 경우 부품의 손상이 발생할 수 있음
 - o PC의 측면으로 150 V/m의 전기장을 인가한 경우 메인보드 내부의 Power TR이 손상됨
 - PC 측면의 환기구에 의한 차폐성능 저하가 원인으로 판단됨
- 다. 그 외 PC 및 노트북은 200 V/m까지 일부 소프트웨어적인 문제를 나타내었으나 하드웨어적인 손상은 없었음

2대역 측정시에도 1대역 측정시와 유사한 영향들이 나타났으며, 그 원인도 동일한 것으로 판단된다.

다만, 150V/m 전기장에서 데스크탑의 하드웨어 손상이 발생하였으며, 이 경우 주파수는 2.2 GHz 였고 방향은 측면을 향하고 있었다. 이 모델의 경우 측면에 환풍을 위한 팬과 환풍구가 있었으며, 환풍구 위치 주변에 있는 메인보드의 파워 트랜지스터가 과전류로 연소하면서 시험도중 많은 연기를 배출하였다. 그림 4-10은 시험환경과 시험 중 파워 트랜지스터 연소로 인한 연기 발생장면 및 보드 손상부위에 대한 사진을 나타내고 있다.



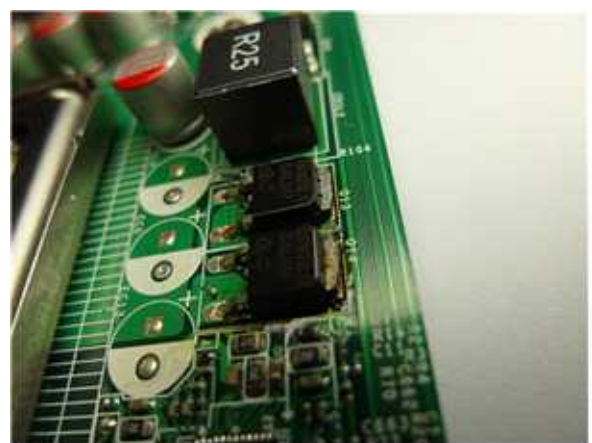
a. 측면 시험 환경



b. 시험 중 연기 발생



c. 고장 부품



d. 타버린 Power TR (2개)

그림 4-10 메인보드 고장이 발생한 시험 환경 및 고장 부위

메인보드 고장이 발생한 원인은 차폐가 취약한 환풍구를 통해 인입된 전자기장이 전력을 증폭하는 소자인 파워 트랜지스터 단자에 유기되어 용량 이상의 과전류가 발생한 것으로 추정된다.

이상의 실험에서 고출력 전자기파에 의해 발생 가능한 정보기기의 영향을 정리하면 표 4-5 및 표 4-6과 같으며, 실험 결과를 볼 때 1대역에서 영향이 발생하는 공통된 주파수 대역을 분류하기 어렵고 2대역에서도 동일하게 측정된 전 대역에 대해 고르게 영향이 나타나 특정 주파수와 기기 영향과는 크게 관련이 없는 것으로 보여진다. 하지만, 보다 많은 시료로 CPU Clock, Bus Clock 등 사양이 동일한 대상기기에 대해 영향시험을 수행한다면 주파수 연관성을 확인할 수 도 있을 것으로 판단된다.

표 4-5 1대역(1 GHz 이하) 정보기기 영향시험 결과

EUT	측정 방향	시험 전기장 (MHz)		
		90 V/m	120 V/m	150 V/m
데스크탑1	전면	· 동영상 정지 (102) · PC 전원 꺼짐 (837)	· 동영상 끊김현상 (80-100)	-
노트북1	전면	· 영향없음	· 영향없음	· 동영상 정지 (294-330, 340)
	후면	· 영향없음	· 동영상 정지 (331-359) · 동영상 끊김현상 (700-1,000)	· PC Halt (341)
노트북2	전면	· 영향없음	· 영향없음	· 노트북 전원 꺼짐 (434)
	후면	· 영향없음	· 노트북 전원 꺼짐 (413)	· 노트북 전원 꺼짐 (401)

표 4-6 2대역(1 ~ 4GHz) 정보기기 영향시험 결과

EUT	측정 방향	시험 전기장(GHz)		
		100 V/m	150 V/m	200 V/m
데스크탑1	전면	· 본체 재부팅 (1.8, 2.09) · 모니터 전원 꺼짐 (2.6, 2.72)	· 영향없음	· 영향없음
	후면	· 영향없음	· 영향없음	· 영향없음
	측면	· 본체 재부팅 (1.29)	· 메인보드 고장 (2.2)	X
데스크탑2	전면	· 동영상 정지 (1.39~1.73)	· 동영상 정지 후 자동 재부팅 (1.18, 1.32, 1.41)	· 동영상 정지 (~ 2)
	후면	· 영향없음	· 동영상정지 (3.97)	· 동영상정지 (3.97)
	측면	· 동영상 정지 (1.23~1.52)	· 영향없음	· 영향없음
노트북1	전면	· 동영상 끊김현상 (2.74 ~)	· 동영상 끊김현상 (1.87 ~)	· 동영상 끊김현상 (1.36 ~)

제4절 정보기기 영향 시험 및 분석

앞에서도 언급한 것처럼 고출력 전자기파 공격에 대한 방호시설의 성능기준을 마련하기 위해 필요한 정보기기 내성 및 영향 평가는 데이터 손실 없는 잠깐 동안의 통신두절이나 전송속도 저하 등의 불편함을 느끼는 요소는 제외하고 주요 정보통신설비 중 주요 기기의 고장이 장시간 지속되어 망 전체가 일정시간 이상 마비되거나 주요한 데이터를 저장하고 있는 기기의 고장으로 데이터에 손상이 발생하는 경우 등을 발생시킬 수 있는 영향으로 그 범위를 제한할 필요가 있다.

이러한 개념으로 앞에서 수행된 정보기기 영향 시험을 분석하면, 가장 낮은 전기장 레벨에서 나타나는 모니터나 PC의 터치 스위치에 의한 전원꺼짐 문제나

USB 디바이스 인식 오류 문제는 고려 대상에서 제외할 필요성이 있다고 판단된다. 이러한 문제는 대부분의 주요 설비들은 개인용 PC나 모니터의 등의 기기와 같이 터치 스위치를 채용하지 않고 하드웨어적인 접점을 갖는 스위치를 사용하여 이러한 문제를 대비하고 있으며, 향후 이러한 지침을 통해 개선하는 경우 고출력 전자기파에 의한 문제에서 제외 될 수 있다.

또한 USB 디바이스도 마우스, 프린터 등 USB 디바이스로 연결되는 필요한 장치는 길어야 수 초 발생하는 고출력 전자기파가 제거된 후 단자를 다시 제거 했다가 연결함으로써 정상동작에 이르게 할 수 있으며, 주요 기기인 메인 시스템의 데이터 처리나 통신 등과는 전혀 무관한 부분으로 마찬가지로 고려 대상에서 제외 할 수 있다.

동영상 끊김 현상이나 및 동영상 정지의 경우 프로세서 또는 내부 시스템에서의 동기, 클럭 등의 문제 또는 이로 인한 소프트웨어의 동작 문제 등으로 예측되며, 일부는 자동으로 전기장이 제거되면 복구되지만 일부는 재부팅을 하여야만 정상으로 돌아오는 경우이다. 네트워크 장비나 재부팅 시간이 짧은 데이터 처리 서버 등의 경우 큰 문제를 야기하지 않지만, 주요한 데이터를 저장하는 데이터 서버나 망의 주요부분 동기나 제어를 관장하는 시스템 등은 이러한 문제 발생시 망 또는 시스템 전체로 확산될 가능성이 있으므로 이러한 부분까지 고려하여 대책을 수립하여야 한다.

시스템 소프트웨어의 손상이나 하드웨어 손상의 경우 대부분의 주요 시스템에서 보호되어야 할 영향으로 기본적으로 모든 시스템에서 갖추어야 할 것이다.

이러한 개념으로 정보기기의 내성 분류 등급을 정리하면 표 4-7과 같이 나타낼 수 있다. 이를 통해 고출력 전자기파 방호 기준 적용시 설비별로 기기 내성을 달리 적용하면 영향이 큰 주요 설비는 더 높은 방호성능을 갖고, 영향이 적은 설비는 그 보다 낮은 방호성능을 적용하는 근거가 될 수 있다.

표 4-7 주요 정보기기 내성 분류 등급 예시

등급	내성 분류 기준	내성 예
가 등급	시스템 동작 이상 발생 방지	90 V/m
나 등급	하드웨어 손상 및 시스템 소프트웨어 손상 방지	150 V/m
다 등급	고출력 전자기파 대책 안함	-

즉, 기존에는 전자파 적합성 기준을 근거로 주요 정보기기가 3 V/m의 내성을 가지는 것으로 판단하고 적용하고 있다. 하지만 전자파 적합성 기준이 아닌 고출력 전자기파 방호의 개념에서 내성을 판단하면 표4-7의 예에서와 같이 주요 정보기기의 내성을 90 V/m 또는 150 V/m로 산정할 수 있다. 이를 앞의 (식 4-1)에 적용하면 각각 방호성능은 29 dB 및 34 dB 낮게 구축하는 것이 가능하다.

물론 이를 위해서는 보다 많은 시료에 대한 연구를 통해 일반화된 고출력 전자기파 내성 성능을 도출하는 것이 우선이라고 판단되며, 본 연구에서는 실험을 통해 고출력 전자기파에 대한 정보기기의 내성을 기존의 전자파 적합성 기준보다 높게 적용하는 것이 가능하고 더 타당한 방법임을 증명하는데 그 의미가 있다.

결과적으로 이러한 개념으로 고출력 전자기파 대책을 주요 정보통신기반 설비 전체에 적용하지 않고 선별적으로 필요한 대책을 적용함으로써 대책 시설의 구축에 소요되는 시간과 비용을 대폭 절감할 수 있고 이를 통해 국내 주요시설의 고출력 전자기파 대책 확산에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

제5장 결 론

본 연구에서는 「전파법」 개정(안)에 따른 「고출력·누설 전자파 안전성 평가 기준 및 방법 등에 관한 고시(안)」을 도출하고, 효율적인 고출력 전자기파 방호대책 수립을 위해 수행되어야 할 주요 정보통신기기의 영향 및 내성 적용방법을 제안하였다.

「정보통신기반보호법」 등에서 고출력 전자기파에 대한 대책을 규정하고 있으나 관련 방호시설에 대한 세부적인 성능기준이나 객관적인 성능평가 방법에 대한 국내 기준은 아직 제시되지 않아 외국의 표준 등을 필요기관에서 적절히 해석하여 적용하고 있는 실정이다.

이러한 문제를 해결하기 위해 국내 관련 방호시설에 적용하기 위한 고출력·누설 전자파에 대한 안전성평가 기준 및 시험방법에 대한 고시 제정(안)을 제안하였다.

고시(안)은 국내외 민간 및 군사 표준의 적용 가능성을 조사하였으며, 현재 민간 표준의 적용을 위해서는 세부적인 시험방법 등의 추가적인 표준화가 필요하여 우선적으로 미국의 군사표준인 MIL-STD-188-125 기준을 준용하여 기술기준(안)을 작성하였다.

군사 규격과 민간 규격의 사용되는 정보기기 성능기준 차이의 영향을 확인하기 위해 MIL 규격에 따른 일반 정보기기의 내성시험을 진행하였으며, 고출력 전자기파에 대해서는 일반 전자파 적합 내성인증을 받은 장비를 그대로 적용하여도 문제가 없음을 확인하였다.

정보통신기기 고출력 전자기파 영향 연구에서는 일반 전자파 적합기준 적용과 그 목적이 다른 고출력 전자기파 방호대책의 개념을 명확히 분류하고, 고출력 전자기파 방호대책에 적합한 정보기기의 내성을 측정하고 평가하는 방법을 제안하였다.

이를 위하여 데스크탑 PC, 노트북 PC, 프린터 등의 일반 정보기기에 대해 핵 고출력 전자기파(HEMP) 및 비핵 고출력 전자기파에 대한 내성시험을 진행하고, 정보기기에서 발생하는 영향을 분석하여 고출력 전자기파 방호대책에 적용할 정보기기의 내성을 도출하기 위한 기준을 제안하였다.

본 연구를 통해 국내 주요설비의 안전한 보호를 위한 고출력 전자기파 방호 시설에 대한 합리적인 성능기준 및 시험방법을 마련하고, 민간부분 시설에 대한 효율적인 방호대책 기준 제정 방안 제안을 통해 보다 안정된 방호시설 구축 및 공공·민간 부분의 고출력 전자기파 방호대책 적용 확산에 이바지 할 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1 전자파 장해방지 기준, 국립전파연구원 고시 제2013-3호
- 2 전자파 보호기준, 국립전파연구원 고시 제2013-4호
- 3 전자파 보호 시험방법, 국립전파연구원 공고 제2013-25호
- 4 IEC 61000-1-3, EMC - Part 1-3 : General - The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems
- 5 IEC 61000-2-9, EMC - Part 2 : Environment - Section 9 : Description of HEMP Environment - Radiated disturbance Basic EMC publication
- 6 IEC 61000-4-23, EMC - Part 4-23 : Testing and measurement techniques - Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances
- 7 IEC 61000-4-32, EMC - Part 4-32 : Testing and measurement techniques - High altitude electromagnetic pulse (HEMP) simulator compendium.
- 8 IEC 61000-6-6, EMC - Part 6-6 : Generic standards - HEMP immunity for indoor equipment
- 9 IEC 61000-1-5, EMC - Part 1-5 : General - High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems
- 10 IEC 61000-2-13, EMC - Part 2-13 : Environment - High power electromagnetic (HPEM) environments - radiated and conducted
- 11 MIL-STD-188-125-1, High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) protection for ground-based C4I facilities performing critical, time-urgent missions, Part1 - Fixed facilities
- 12 IEEE-STD-299, IEEE Recommended Practice for Measurement of Shielding Effectiveness of High-Performance Shielding Enclosures

부록 1

고출력·누설 전자파 안전성 평가기준 및 방법 등에 관한 고시(안)

제1장 총 칙

제1조(목적) 이 고시는 전파법(이하 “법”이라 한다) 제56조제3항에 따라 고출력·누설전자파로부터 발생하는 피해와 정보유출 방지를 위해 구축된 방호차폐시설 또는 장비보호시설(이하 “시설”이라 한다)의 안전성 평가에 관한 세부사항을 규정함을 목적으로 한다.

제2조(용어의 정의) ① 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 다음 각 호와 같다.

1. “고출력 전자파”라 함은 고 고도 핵 전자파(HEMP)와 고출력 비핵 전자파(HPEM)를 총칭하지만, 이 고시에서는 고 고도 핵 전자파(HEMP)를 의미한다.
2. “고 고도 핵 전자파(HEMP)”라 함은 지상 30km 이상에서 핵폭발에 의해 생성되는 펄스형 전자파를 말한다.
3. “고출력 비핵 전자파(HPEM)”라 함은 정보기기 등을 손상시키거나 오동작을 유발할 수 있는 의도적으로 방사·전도된 전자파를 말한다.
4. “누설전자파”란 정보기기 사용 시 비의도적으로 누출되는 정보를 포함하는 전자파를 말한다.
5. “안전성 평가”란 고출력 전자파 침해 및 누설 전자파로 인한 정보유출 방지를 위해 구축된 방호차폐시설 또는 장비보호시설의 방호성능 측정 및 기준 적합 여부와 권고 대책 등을 포함한 일련의 절차를 말한다.
6. “차폐성능”이란 차폐 없이 직접 측정된 기준 레벨값과 차폐 후 수신된 시험 레벨값의 비율을 말한다.
7. “방호차폐시설”이란 고출력 전자파 침해와 누설 전자파로 인한 정보유출을 방지하여 정보통신시설 등을 보호하기 위한 차폐구조물을 말한다.

8. “장비보호시설”이란 고출력 전자파 침해와 누설 전자파로 인한 정보유출을 방지하여 정보통신장비 등을 보호하기 위한 차폐 랙 등을 말한다.
 9. “전도성 과도현상”이란 전력, 통신선 등에 유입되는 고출력 펄스 전류에 의한 전도성 침해를 말한다.
 10. “인입점”이란 고출력·누설 전자파 차폐를 위한 차폐 체 외부에서 내부로 관통하는 개구 또는 구멍 등을 말한다.
 11. “인입점 보호장치”란 외부로부터 시설 내부로 관통하는 전기적 도체에 설치되는 도파관, 틸새 마감판, 필터, 서지 어레스터 등의 장치를 말한다.
 12. “기준레벨”이라 함은 송·수신안테나 사이에 시험대상 건축물 벽면 및 차폐 시설의 차폐물이 없을 때 수신되는 전력 또는 전압 값을 말한다.
 13. “시험레벨”이라 함은 송·수신안테나 사이에 시험대상 건축물 벽면 및 차폐 시설의 차폐물이 있을 때 수신되는 전력 또는 전압 값을 말한다.
 14. “접속부”라 함은 차폐 시설의 도전성 판넬 사이의 전기적인 접속을 위해 연결되는 부분을 말한다.
 15. “기준전류”라 함은 펄스 전류 발생기의 출력을 단락시킨 상태에서 발생하는 전류를 말한다.
 16. “주입전류”라 함은 전도성 과도현상에 대한 시설의 방호 수준을 평가하기 위해 방호장치의 입력부에 기준 전류의 인가 조건으로 주입되는 전류를 말한다.
 17. “잔류전류”라 함은 시설 방호장치의 입력부에 주입된 전류에 대해 응답되는 방호장치 출력부의 전류를 말한다.
- ② 이 고시에서 사용하는 용어의 정의는 제1항에서 정하는 것을 제외하고는 관계 법령 또는 국제기준에서 정한 바에 따른다.

제2장 안전성 평가 처리절차 등

제3조(안전성 평가 대상) 안전성 평가는 고출력 전자파 침해 및 누설 전자파로 인한 정보유출 방지를 위하여 구축된 방호차폐 또는 장비 보호시설을 대상으로 한다.

제4조(안전성 평가의 신청 등) ① 안전성 평가를 신청하려는 자(이하 “신청자”라고 한다)는 다음 각 호의 서류와 함께 별지 제1호서식의 안전성 평가 신청서를 국립전파연구원장(이하 “원장”이라 한다)에게 제출하여야 한다.

1. 인입점 및 인입점 보호장치가 포함된 시설의 세부 도면
2. 개인 또는 법인임을 증명할 수 있는 서류(전자정부법 제36조제1항에 따라 행정정보의 공동이용을 통하여 확인 가능한 경우는 생략 가능)

② 원장은 안전성 평가 신청자가 제출한 서류를 검토하여 다음 각 호에 따라 안전성 평가에 필요한 측정개소, 소요기간 및 평가비용 등을 산출하여 통보한다.

1. 방사성 방호성능 : 단위 면적당 및 차폐 문 등 1개소 당 297,000원
2. 전도성 방호성능 : 전력선 및 통신선 등 1회선 당 586,000원
3. 신청 대상 시설의 시험별 소요시간을 합산하여 매 1일당 8시간으로 소요기간 산출

③ 원장은 제1항의 제출 서류가 측정개소 및 소요기간 산출에 미흡하다고 판단되거나 안전성 평가 시험에 필요한 조건이 확보되지 않은 경우에는 보완을 요구할 수 있으며, 1개월 이내 보완하지 않을 경우 해당 신청을 철회한 것으로 본다.

제5조(안전성 평가 절차) ① 원장은 서류검토 및 필요 시 현장 확인 결과 이상이 없는 경우에는 안전성 평가 대상 시설이 제8조의 안전성 평가 기준에 적합한지를 확인하기 위해 현장 평가를 실시하여야 한다.

② 원장은 제1항의 현장 평가를 실시하는 경우에는 다음 각 호의 사항이 포함된 “현장평가계획”을 현장평가 7일전까지 신청인에게 통보하여야 한다.

1. 현장평가 일정
2. 현장평가반 구성
3. 기타 현장평가 수행에 필요한 협조사항

③ 제2항 제2호의 현장 평가반은 반장 1인을 포함한 관계 공무원 및

민간기관 등 외부전문가로 구성할 수 있다.

④ 현장평가 반장은 제8조에 따라 현장 평가를 실시하고 별지 제2호의 시험성적서를 포함한 현장 평가 결과보고서를 원장에게 제출하여야 한다.

⑤ 원장은 필요 시 현장평가에 참석한 외부전문가에 대하여 예산의 범위 안에서 수당 및 여비를 지급할 수 있다.

제6조(안전성 평가 결과의 통보 등) ① 원장은 제출 받은 현장 평가 보고서를 검토하여 별지 제2호 서식의 안전성 평가 결과서를 신청인에게 통보하여야 한다. 다만, 검토 결과 안전성 평가 기준에 맞지 아니하는 경우에는 이에 대한 대책을 마련하도록 권고할 수 있다.

② 원장은 제1항의 권고를 위한 외부전문가의 자문이 필요한 경우 전문위원회를 구성하여 운영할 수 있다.

③ 원장은 제2항의 전문위원회를 구성하여 운영하는 경우 참석하는 외부전문가에 대해 예산의 범위 내에서 수당 및 여비를 지급할 수 있다.

제3장 안전성 평가 기준 및 방법 등

제7조(안전성 평가 기준) ① 시설에 대한 방사성 방호성능 기준은 다음과 같다.

주파수 범위	방사성 방호성능 차폐 기준dB
10 kHz - 10 MHz	$20\log f(\text{주파수}) - 60$
10 MHz - 1 GHz	80
$\text{차폐성능 (dB)} = 20\log_{10} \frac{V_1}{V_2}$ <div>(V_1 : 기준레벨 전압, V_2 : 시험레벨 전압)</div>	

② 시설에 대한 전도성 방호성능 기준은 다음과 같다.

<내부 전기적 인입점에서 잔류전류 요구사항>

전기적 인입점			주입 형태	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s) ⁴⁾	실효값 ($A\sqrt{s}$)
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 10	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-1}$
	중펄스		선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것 ¹⁾		
기타 전원선 (내부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 10	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-1}$
오디오/ 데이터선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
	중펄스		선-접지	선 전류	손상 또는 성능저하가 없을 것 ¹⁾		
제어/ 신호선 (내부 → 내부)	저압선 ²⁾	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
	고압선 ²⁾	단펄스	선-접지	선 전류	≤ 1.0	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-2}$
전선관 실드	신호/ 저전류 ³⁾	매몰/ 노출	관-접지	벌크 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
	중전류 ³⁾	매몰/ 노출	관-접지	벌크 전류	≤ 1.0	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-2}$
	고전류 ³⁾	매몰/ 노출	관-접지	벌크 전류	≤ 10	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-1}$

<RF 안테나선 인입점에서 잔류전류 요구사항>

전기적 인입점			주입 형태	측정 형태	최대 잔류 전류(A)	최대 전류 상승률 (A/s) ⁴⁾	실효값 ($A\sqrt{s}$)
RF 안테나선 차폐	내부 도체		차폐-접지	선 전류	≤ 0.1	손상 또는 성능저하가 없을 것 ¹⁾	
	차폐		차폐-접지	차폐 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$
RF 안테나선 내부 도체 (신호선)	내부 도체	수신선	선-차폐	선 전류	≤ 0.1	손상 또는 성능저하가 없을 것 ¹⁾	
		송신선 송수신선	선-차폐	선 전류	≤ 1.0		
	차폐		선-차폐	차폐 전류	≤ 0.1	$\leq 1 \times 10^7$	$\leq 1.6 \times 10^{-3}$

- 1) 합부 판정을 위한 잔류 전류의 구체적인 값은 없으며, 인입점 보호장치의 손상 또는 성능저하만 없으면 된다.
- 2) 저압은 최대 동작전압이 90 V 미만이며, 고압은 90 V 이상인 경우이다.
- 3) 저전류는 최대 동작전류가 1 A 미만이며, 중전류는 1 ~ 10 A, 고전류는 10 A를 초과한 경우이다.
- 4) “최대 전류 상승률”이라 함은 $t=0$ 에서 $t=5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 시간에 대한 전류 상승분(di/dt)의 최대값을 말한다.

- 5) “실효값”이라 함은 $t=0$ 에서 $t=5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 전류 파형의 제곱에 대한 루트(root)값을 말한다.

제8조(안전성 평가방법) ① 방사성 방호성능 측정방법은 별표 1과 같다.
② 전도성 방호성능 측정방법은 별표 2와 같다.
③ 원장은 시설 내에서 운용하는 장비 내성 또는 누설전자파 등 복잡한 측정조건으로 안전성 평가가 어려울 경우 세부사항을 정하여 공고할 수 있다.

제4장 보 칙

제9조(전문위원회의 구성 등) ① 원장은 안전성 평가 방법 및 평가결과에 대한 권고대책을 마련하기 위하여 전문위원회를 구성·운영할 수 있다.
② 위원회는 위원장 1인을 포함한 4인이상 10인 이내로 구성한다.
③ 위원장 및 위원은 산·학·연 관련 전문가를 대상으로 원장이 위촉한다.

제10조(증명서 재발급 등) ① 제6조에 따라 증명서를 교부받은 자가 증명 받은 사항 중 기술기준과 관련이 있는 사항을 변경한 경우 안전성 평가를 재실시하여 증명서를 변경해야 한다.
② 제6조에 따라 증명서를 교부받은 자가 증명 받은 사항 중 기술기준과 관련이 없는 사항을 변경 또는 추가하고자 하는 경우 증명서를 재발급할 수 있다.

제11조(처리기간) ① 원장은 안전성 평가신청을 받은 경우 접수일로부터 제4조제2항에 따라 산정된 처리기간 이내에 안전성 평가 결과를 통보하여야 한다. 다만, 제4조제3항에 따른 제출 서류 보완에 소요되는 기간은 처리기간에 산입하지 아니한다.
② 제1항의 처리기간을 적용함에 있어서 전문적인 기술검토 등 특별한 추가 절차를 거치기 위하여 부득이하게 소요되는 기간은 처리기간에 산입하지 아니한다. 이 경우 원장은 신청인에게 그 사유 및 예상 소요기간 등을 서면으로 통보하여야 한다.

제12조(재검토 기간) 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령 훈령 제248호)에 따라 이 고시 발령 후, 법령이나 현실 여건의 변화 등을 검토하여 이 고시의 폐지, 개정 등의 조치를 하여야 하는 기한은 2017년 3월 00일까지로 한다.

별표 1

방사성 방호성능 측정방법 (제8조 관련)

1. 일반 사항

본 측정방법은 10 kHz에서 1 GHz 주파수 대역에서 방호차폐시설 또는 장비보호시설의 고출력·누설 전자파 방사성 방호성능을 측정하기 위한 표준 측정절차를 제공한다.

본 측정방법에 제시되지 않은 사항은 IEEE Standard 299를 따른다.

방사성 방호성능 측정은 차폐성능에 영향을 미칠 수 있는 내·외장재 및 조명시설 등이 설치되기 전에 측정하는 것을 원칙으로 한다.

2. 측정 배치 및 조건

2.1 측정시스템의 성능은 다음 조건을 만족하여야 한다.

2.1.1 측정시스템의 동작영역은 시험 요구사항의 20 dB 이상이어야 한다

2.1.2 측정시스템과 전원선 및 RF 케이블(신호선)은 외부 전·자기장의 영향을 받지 않아야 한다.

2.1.3 차폐성능 측정에 직접적인 영향을 주는 모든 장비는 측정 이전에 교정되어야 하며, 해당 장비는 교정 주기 내에 있어야 한다.

장 비	특 성
발진기	10 kHz ~ 1 GHz 이상
전력 증폭기	10 kHz ~ 1 GHz 이상, 동작범위에 필요한 전력 출력
전치증폭기	10 kHz ~ 1 GHz 이상, 동작범위에 필요한 증폭 및 잡음 지수
수신기, 네트워크 분석기 스펙트럼 분석기	10 kHz ~ 1 GHz 이상
안테나 세트	· 10 kHz ~ 20MHz : 루프 안테나 · 20 MHz ~ 200 MHz : 바이코니컬 안테나 · 200 MHz ~ 1 GHz 이상 : 대수주기 안테나

3. 측정방법

3.1 차폐성능을 측정하기 위한 절차는 다음 각 호와 같다.

3.1.1 측정계획의 수립

3.1.2 측정대상 및 시설 주변의 전파환경 측정

3.1.3 측정주파수 및 측정지점 확인

3.1.4 기준레벨 측정

3.1.5 시험레벨 측정

3.1.6 차폐성능 평가

3.2 측정주파수의 선정 기준은 다음과 같다.

3.2.1 측정 주파수는 다음 표와 같다.

주파수 대역	측정 주파수(개)	비 고
10 kHz - 100 kHz	20	· 10 kHz ~ 20 MHz : 자기장 차폐 효과 측정 · 20 MHz ~ 1 GHz : 평면파 차폐 효과 측정
100 kHz - 1 MHz	20	
1 MHz - 10 MHz	40	
10 MHz - 100 MHz	150	
100 MHz - 1 GHz	150	

3.2.2 측정주파수에 대하여, 건축물 및 차폐시설의 주변 전파환경을 측정하여 혼변조 등의 전파간섭 여부를 확인한다.

3.3 측정지점의 선정기준은 벽면을 3 m × 3 m 간격으로 분할하여 중심점을 측정한다.(그림 1)

3.3.1 측정지점의 3 m × 3 m 간격 분할이 어려운 경우 가능한 면적으로 측정할 수 있다.

3.3.2 모든 기계 및 전기 관련 인입점을 설정하여 측정한다.

○ = 시험 영역 중심

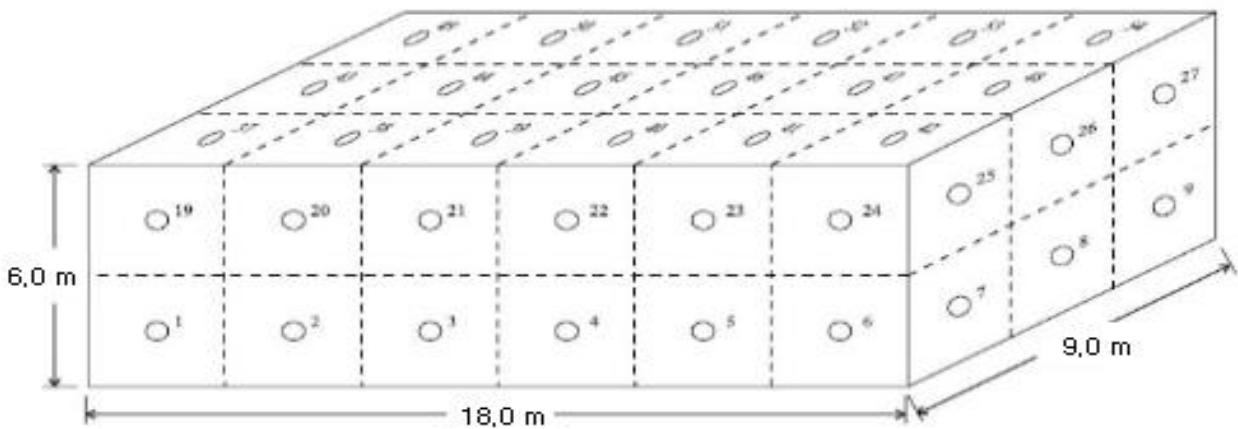


그림1. 측정 지점

3.4 측정대역별

그림2. 기준 및 시험레벨 측정 구성

기준레벨 측정거리	시험레벨 측정거리	비 고
3 m	Tx : 2 - T m Rx : 1.0 m	Tx와 Rx는 ± 0.5 m 조정 가능하지만 총 간격 3 m를 유지해야 함

T : 차폐시설 벽의 두께

Tx : 차폐시설 외벽면으로부터의 송신안테나 위치

Rx : 차폐시설 내벽면으로부터의 수신안테나 위치

3.5 기준레벨 측정절차는 다음 각 호와 같다.

3.5.1 송신시스템(신호발생기, 전력증폭기)과 송신안테나는 건축물 및 차폐시설 외부에 설치한다.

3.5.2 안테나는 바닥으로부터 1.5 ~ 2 m 이상 이격시킨다.

3.5.3 안테나에 연결하는 RF 케이블은 안테나 연결부로부터 적어도 1 m 길이에 대해 휘어지지 않고 직선을 유지하도록 한다.

3.5.4 송신안테나의 이격거리는 동일선상에서 3.4의 기준레벨 측정거리와 같다.

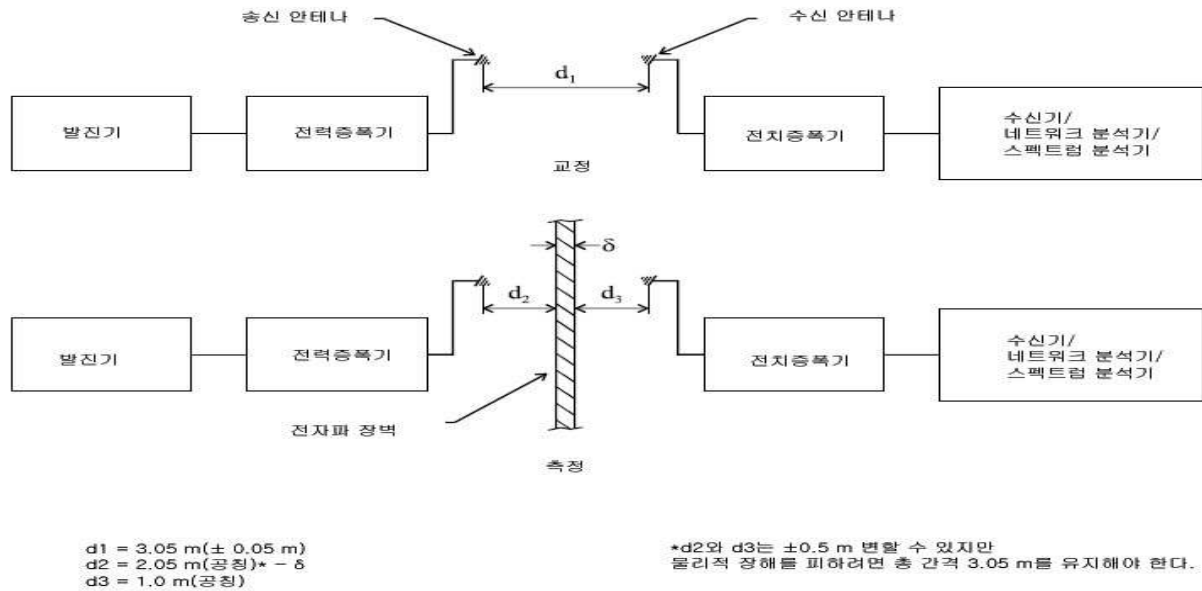


그림 A-4. 차폐 효과 교정과 측정 구성

3.6 수신시스템 및 안테나 설치 절차는 다음 각 호와 같다.

- 3.6.1 수신시스템 (신호분석기, 감쇠기, 전치증폭기)과 수신안테나는 건축물 또는 차폐시설 내부에 설치한다.
- 3.6.2 주변 환경의 영향으로 수신시스템의 동작영역 확보가 어려울 경우 안테나를 제외한 수신시스템은 건축물 및 차폐시설 내부에 설치할 수 있다
- 3.6.3. 수신시스템을 건축물 또는 차폐시설 내부에 설치하는 경우, RF케이블은 관통구를 통하여 연결하고, 관통구가 없는 건축물 또는 차폐시설은 차폐문을 최대한 닫을 수 있는 상태에서 연결한다.
- 3.6.4 수신안테나의 이격 거리는 차폐벽면을 기준으로 3.4에서 제시된 거리를 따른다.

3.7 동작범위 확인 및 기준레벨 측정은 다음 각 호와 같다.

- 3.7.1 모든 측정시스템은 그림 2에서와 같이 설치 후 신호발생기의 RF 출력을 'OFF'한 상태에서 충분히 예열시킨다.
- 3.7.2 동작범위는 송신시스템의 출력을 고정한 상태에서 수신기가 선형적으로 동작되는 진폭범위에서 측정 가능한 최대 및 최소 신호진폭의 비로 결정한다. 단, 최대진폭 측정시스템과 최소진폭 측정시스템의 구성이 다를 경우 시스템에 포함된 감쇠기 및 증폭기의 특성을 보상한다.
- 3.7.3 신호발생기의 RF 출력을 'ON'하여 수신기에서 측정되는 값을 확인하고 측정에 포함된 감쇠기의 감쇠량과 증폭기의 이득을 보상하여 기준레벨로

결정한다. 단, 수신기는 선형영역에서 동작하여야 한다.

3.7.4. 측정주파수에 대해 수직·수평편파 각각을 측정한다.

3.8 시험레벨 측정은 다음 각 호와 같다.

3.8.1 3.5.1부터 3.5.4까지 동일하게 설치한다.

3.8.2 송신출력을 기준레벨 측정 시에 사용된 값으로 동일하게 유지한 상태에서 건축물 및 차폐시설 외·내부에서 송·수신안테나를 마주 보게 정렬하여 각각의 측정지점을 이동하며 측정한다.

3.8.3 감쇠기 또는 전치증폭기를 사용하였다면, 적용된 감쇠량 또는 이득을 기록하고 수신기의 측정값을 보상하여 시험레벨 값으로 기록한다.

3.8.4. 주기적으로 3.6에서 측정된 기준레벨의 변동을 확인하여야 하며, 만약 ± 2 dB이상 편차 발생 시 기준레벨을 다시 측정하도록 한다.

3.8.5 측정지점에 따라 수직·수평편파별로 시험레벨을 측정한다.

3.9 수신시스템 및 안테나의 설치는 다음과 같다.

3.9.1 수신시스템(수신기, 감쇠기, 전치증폭기)과 수신안테나는 건축물 및 차폐시설 내부에 설치한다.

3.9.2 수신안테나의 이격거리는 차폐벽면을 기준으로 3.4의 시험레벨 측정거리를 따른다.

3.9.3 차폐성능 측정에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 가능한 건축물 및 차폐시설 내부에는 측정자만 상주한다.

별표 2

전도성 방호성능 측정방법(제8조 관련)

1. 일반 사항

- 1.1 전도성 과도현상 방호성능 측정은 전력선, 통신선과 같은 고출력·누설 전자파 전도성 과도현상이 침투할 수 있는 케이블에 연결된 시설 인입부 장치에 대해서 측정하며, 시설 내부에 운용할 기기가 설치되기 전에 측정하는 것을 원칙으로 한다.
- 1.2 시설 내부에 기기가 운용되고 있는 경우에는 기기를 시설 인입부 장치로부터 분리하여 측정한다

2. 측정 배치 및 조건

- 2.1 전도성 방호성능을 측정하기 위한 시험장비는 다음과 같다

기기명	구 분			
	단펄스	중펄스	장펄스	충전선 펄스(RF용)
펄스 발생기 ¹⁾	단락전류 : ≥ 5 kA 신호 임피던스 : $\geq 60 \Omega$	단락전류 : > 250 A 신호 임피던스 : $\geq 10 \Omega$	단락전류 : > 1 kA 신호 임피던스 : $\geq 5 \Omega$	단락전류 : > 400 A 신호 임피던스 : $\geq 50 \Omega$ (다양한 펄스폭)
전류 센서 (외부 주입용)	10 kHz ~ 750 MHz 0 ~ 5 kA	dc ~ 10 MHz 0 ~ 250 A	dc ~ 10 kHz 0 ~ 1 kA	10 kHz ~ 750 MHz 0 ~ 400 A
전류 센서 (내부 전류용)	100 Hz ~ 750 MHz 0 ~ 5 kA	dc ~ 10 MHz 0 ~ 250 A	dc ~ 10 kHz 0 ~ 1 kA	100 Hz ~ 750 MHz 0 ~ 100 A
오실로스코프	100 Hz ~ 750 MHz	dc ~ 10 MHz	dc ~ 10 kHz	100 Hz ~ 750 MHz
데이터 기록계	0 ~ 5 ms	0 ~ 50 ms	0 ~ 100 s	0 ~ 5 ms
전치증폭기	100 Hz ~ 750 MHz	-	-	100 Hz ~ 750 MHz
계측기 차폐 및 전원	펄스 발생기로부터 보호가 필요한 경우	펄스 발생기로부터 보호가 필요한 경우	펄스 발생기로부터 보호가 필요한 경우	펄스 발생기로부터 보호가 필요한 경우
케이블류, 감쇄기, 로드, 저항 등	필요한 경우	필요한 경우	필요한 경우	필요한 경우

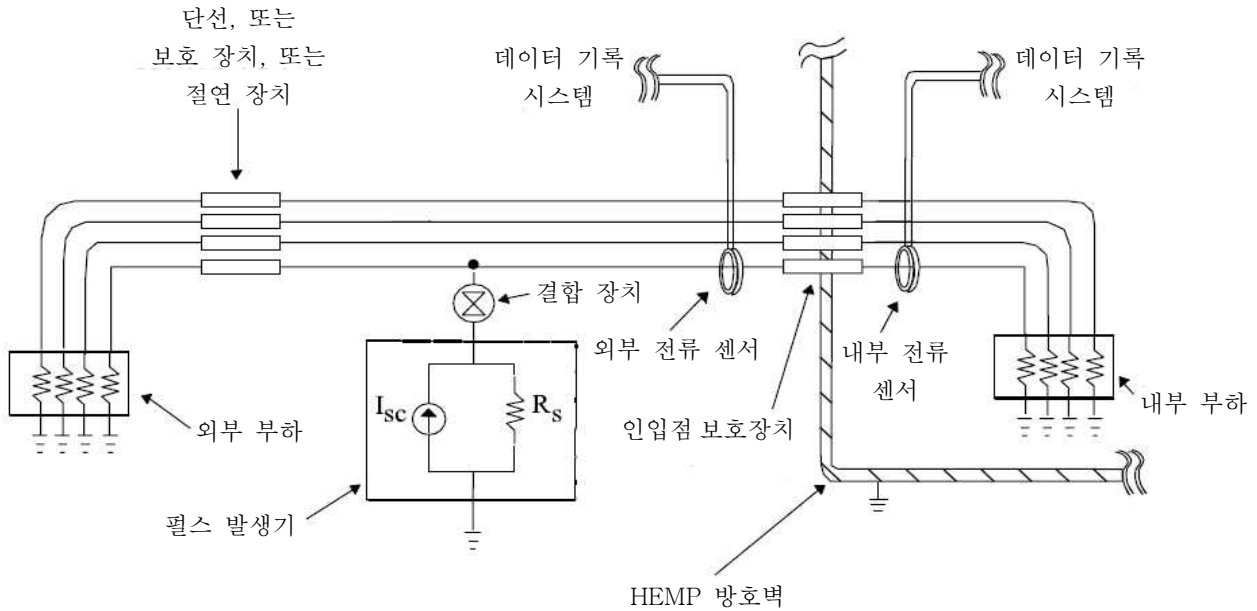
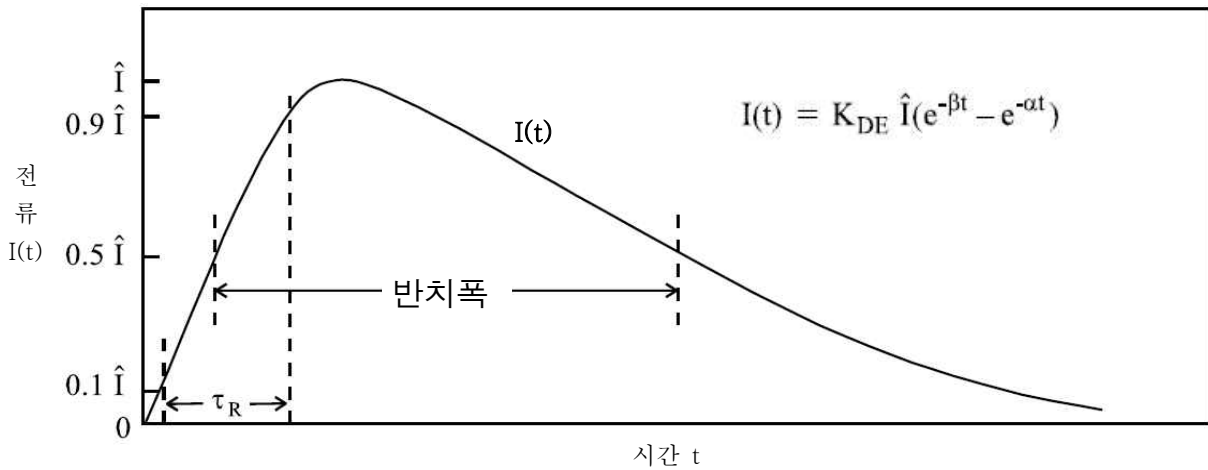


그림1. 선-접지 시험 배치도

- 2.2 시험 배치도는 그림 1과 같다. 펄스 발생기의 출력은 시험선에 직접 결합이 될 수 있으며, 외부 및 내부 전류센서는 인입점 보호장치 단자로부터 15 cm 이내에 위치되어야 한다.
- 2.3 시험 시에는 외부 부하가 없고 개방되어 지며, 내부 부하는 저항으로 구성되어야 한다.
- 2.4 전압이 600 V_{ac}, 600 V_{dc}를 초과하는 경우에는 안전을 위해 전원을 차단한 상태로 시험한다.
- 2.5 인입점 보호장치가 방호시설에 설치된 후에 시험을 하여야 한다.

3. 측정방법

- 3.1 전도성 과도현상 방호성능은 각 전기적 인입점의 외부 인입부에 그림 2의 이중지수함수 전류 파형을 표 1, 2와 같은 조건으로 주입한다.
- 3.1.1 모든 주입전류에 있어서 측정된 내부 잔류전류가 최대 잔류전류 한계값을 초과하지 않아야 한다.
- 3.1.2 인입점 보호장치의 시험 후 물리적 검사, 서지 어레스터가 설치된 경우 dc 1 mA 전류에서의 전압(금속 산화물 바리스터의 경우) 또는 dc 절연파괴 전압(스파크 갭의 경우)의 측정, 그리고 잔류전류 데이터 분석을 통하여 보호장치에 손상 또는 성능저하가 없어야 한다.



여기서, \hat{I} = 최대 전류, K_{DE} , α , β = τ_R 과 반치폭의 함수

※ τ_R : 최대 전류의 10 %에서 90 %까지 상승하는데 걸리는 시간(상승 시간)

그림 2. 전도성 과도현상 펄스전류 파형도(단락회로)

< 표 1 - 전기적 인입점에서 주입 전류 요구사항 >

전기적 인입점		주입 형태	최대 단락전류 \hat{I} (A) ⁷⁾	소스 임피던스 Z_S (Ω)	상승 시간 τ_R (s)	반치폭 (s)	부하 임피던스 (Ω)
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스	선-접지 ¹⁾	2500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
	중펄스	선-접지	250	≥ 10	$\leq 1.5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	50
기타 전원선 (내부 → 내부)	비제한선 단펄스	선-접지	2500	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
	제한선 ⁵⁾ 단펄스	선-접지	$800/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
오디오/데이터선 (외부 → 내부)	단펄스	선-접지	$5000/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	50
	중펄스	선-접지	250	≥ 10	$\leq 1.5 \times 10^{-6}$	$3 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3}$	50
제어/신호선 (내부 → 내부)	비제한선 단펄스	선-접지	$5000/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rate} ²⁾
	제한선 ⁶⁾ 단펄스	선-접지	$800/\sqrt{N}$ 또는 500 ³⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 또는 V_{rated}/I_{rated} ²⁾
전선관 쉴드	매몰 ⁴⁾	관-접지	800	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 ⁶⁾
	노출	관-접지	5000	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	2 ⁶⁾

1) 인입점에 인접한 그라운드에 대해 방호벽 관통선이 각각 시험된다.

2) 2개 중 작은 값을 선택하며, V_{rated} , I_{rated} 는 인입점 보호장치(필터 등)의 최대 정격전압 및 최대 정격전류를 의미한다.

3) 2개 중 큰 값을 선택하며, N은 선 내부의 도체 개수이다.

4) 전선관의 노출 길이가 1 m 미만인 경우 매몰로 한다.

- 5) 전선관 내부의 선은 내부기기에 연결하며, 연결되지 않는 선은 부하 임피던스(2 Ω)에 공통 연결한다.
- 6) 외부에 노출된 케이블의 길이가 5 m 미만이고, 연결된 기기의 크기가 2 m 미만이며, 다른 전기적 도체(접지 제외)에 연결되어 있지 않은 경우를 제한선으로 한다.
- 7) 최대단락전류는 $t = 0$ 에서 $t = 5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 전류 파형 $I(t)$ 의 최대값을 말한다.

< 표 2 - RF 안테나선 인입점에서 주입 전류 요구사항 >

전기적 인입점			주입 형태	주입 주파수 ¹⁾ (MHz)	최대 단락전류 \hat{I} (A) ⁴⁾	소스 임피던스 Z_S (Ω)	상승 시간 τ_R (s)	반치폭 (s)	부하 임피던스 (Ω)
RF 안테나선 차폐	매물	단펄스	차폐-그라운드 ²⁾	미적용	800	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	$50^{2)}$
	노출	단펄스	차폐-그라운드 ²⁾	미적용	5000	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	$50^{2)}$
RF 안테나선 내부 도체 (신호선)	단펄스		선-차폐	≤ 30	위협 레벨 ¹⁾	≥ 60	$\leq 2 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-7} \sim 5.5 \times 10^{-7}$	$50^{2)}$
	충전선 펄스		선-차폐	> 30	위협 레벨 ¹⁾	≥ 50	$\leq 5 \times 10^{-9}$	다양함 ³⁾	$50^{2)}$

- 1) 주입 주파수와 위협 레벨은 커플링 측정으로부터 얻어진다.
- 2) 신호선은 50 Ω으로 RF 안테나선 실드에 종단되어야 한다.
- 3) 충전선 펄스 발생기(Charge line pulser)의 출력 충전선의 길이는 주입 주파수의 1/4 파장인 길이를 가져야 하며, 충전선 펄스 발생기의 전류 용량이 부족할 경우 단펄스 발생기를 사용하여야 한다.
- 4) 최대단락전류는 $t = 0$ 에서 $t = 5 \times 10^{-3}$ 초 동안 측정되는 전류 파형 $I(t)$ 의 최대값을 말한다.

3.2. 전기적 인입점에서의 전류 주입은 다음 각 호와 같다.

- 3.2.1 인입점 보호장치 및 내부기기의 손상을 최소화하기 위해 다음과 같이 전류 크기를 표 1의 최대 전류까지 증가시키면서 적용하여야 한다.
- 3.2.2 최대 전류의 10 % 미만인 전류와 인입점 보호장치 내부 비선형 소자 동작 전압에서의 전류 중 더 큰 전류를 최소 시험전류로 한다.
- 3.2.3 전류의 크기를 대략 두 배수로 증가시켜가며 최대 전류까지 주입 시험한다.
이 때, 표 1, 2에 있는 최대 주입 전류의 110 %를 넘지 말아야 한다.

※ 동일한 인입점 보호장치가 3개 이상 설치되어 있을 경우, 3번째 이상은 최소 전류와 최대 전류만 주입 시험한다.

※ 인입점 보호장치에 시험한 전류 펄스 수, 최대 전류값, 펄스폭은 향후 유지보수를 위해 기록되어야 하며, 시험한 총 전류 펄스 수가 침입점 보호장치 정격 수명의 90 %를 넘을 경우 그 보호장치는 교체하여 시험하여야 한다.

3.3 RF 안테나선 인입점에서의 전류 주입은 다음 각 호와 같다.

3.3.1 결합 측정은 그림2와 같이 안테나, 안테나 방어장치(있을 경우), 전자 기기 및 튜닝 기기(있을 경우), RF 전송선, 침입점 방어장치로 이루어진 안테나 부속시스템이 완전히 구축된 상태에서 수행되며, 방호벽 외부에 튜닝회로가 있는 안테나의 경우 최소 동작주파수, 중대역 동작 주파수, 최대 동작주파수에서 수행된다.

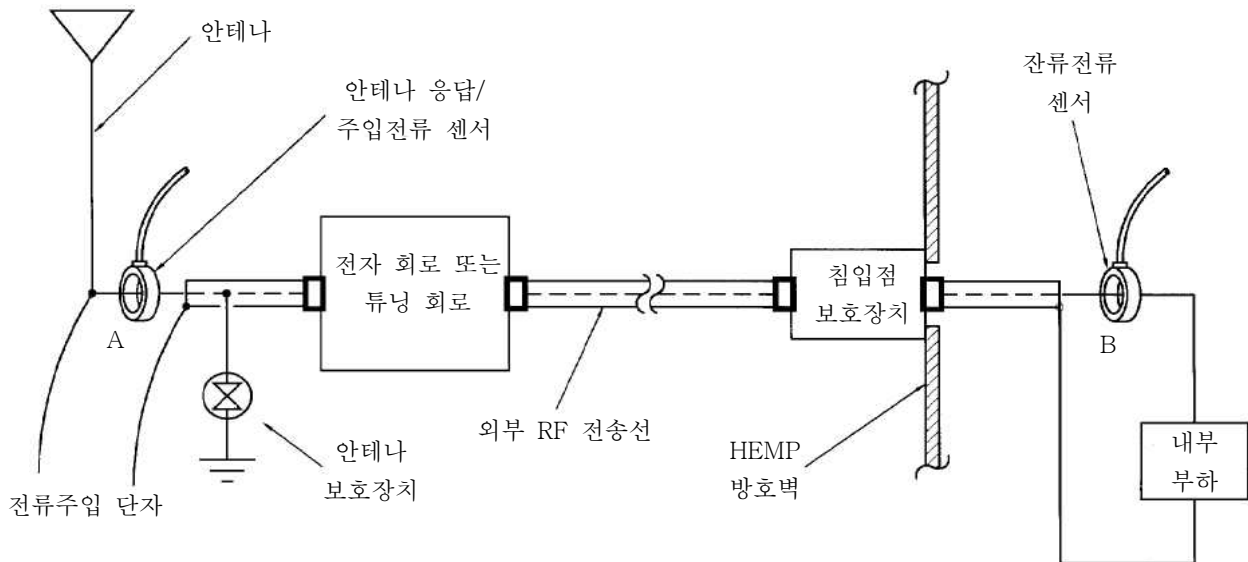


그림 2. 결합 측정 및 안테나 부속시스템의 구성도

3.3.2 안테나선은 전기자기 방호벽 내부에서 RF 전송선의 특성임피던스와 동등한 내부 저항 부하는 30 cm 미만인 길이의 케이블로 연결하여야 한다.

3.3.3 결합 측정을 위한 송신 안테나의 위치 및 편파는 최대의 안테나 응답을 얻을 수 있도록 설정하고, 안테나 단자지점(A)과 방호벽 내부지점(B)에서 전류를 측정한다.

3.3.4 측정된 최대전류값과 해당 주파수로부터 최대 주입 전류(표 2의 위협 레벨)와 주입주파수를 결정한다. 검증시험에서도 안테나 서브시스템의 구성에 변화가 없다면 이 주입 전류 및 주파수를 그대로 사용하여 시험한다.

3.3.5 안테나 단자지점(A)에서 전류를 주입하며, 방호벽 외부에 튜닝회로가 있는 안테나의 경우 최소 동작주파수, 중대역 동작주파수, 최대 동작주파수에서 시험된다.

3.3.6 RF 안테나선 차폐 시험은 단펄스 발생기를 사용한다.

3.3.7 RF 안테나선 내부도체 시험에서는 주입 주파수가 30 MHz 이하인 경우 단펄스 발생기를 사용하고, 30 MHz를 초과하는 경우는 주입 주파수의 1/4 파장의 길이를 가진 충전선 펄스 발생기(Charge line pulser)를 사용한다. (충전선 펄스 발생기의

전류 용량이 부족할 경우 단펄스 발생기를 사용하여야 한다.)

3.3.8 최대 주입 전류는 충전선 펄스 발생기의 단락전류가 커플링 측정 시 측정된 최대 전류값의 2배가 되는 전류이며, 이 최대 주입전류의 대략 10 %, 25 %, 50 %, 100 %의 순서로 주입하여 시험한다.

3.4 펄스 전류 주입 측정은 다음 각 호와 같다.

3.4.1 펄스 발생기와 데이터 기록 시스템을 설치하고 교정을 수행한다.

3.4.2 시험선의 전원을 끄고 센서를 설치한다.

3.4.3 신호-노이즈 비를 만족하는지 확인하기 위해 데이터 기록 시스템의 노이즈를 점검한다.

3.4.4 시험 구성 및 내부기기 상태 등을 확인한다.

3.4.5 펄스 전류를 시험선에 주입한다.

3.4.6 측정지점의 그래프 또는 값을 기록한다.

3.4.7 측정값과 잔류전류 한계값을 비교하여 만족하지 못하면, 인입점 보호장치를 수리 또는 교체하여 재시험한다.

3.4.8 최소 전류주입 레벨부터 최대 전류주입 레벨까지 높여가면서 3.4.1~3.4.7.의 단계를 반복한다.(검증시험 시는 내부기기의 동작상태 또는 모드별로 추가 반복한다.)

3.4.9 시험선의 전원을 끄고 펄스발생기의 출력 연결 및 센서를 제거한다.

3.4.10 서지 어레스터가 설치되어 있으면, 이를 분리하여 dc 1 mA에서의 전압(금속 산화물 바리스터의 경우), 또는 dc 절연파괴 전압(스파크 갭의 경우)을 측정한다. 측정값이 서지 어레스터 사양을 만족하지 못하면 수리 또는 교체하여 재시험한다.

3.4.11 다른 시험선에서 3.4.2~10의 단계를 반복한다.

안전성 평가 신청서

접수번호	접수일	처리기간 00일
------	-----	----------

신청인	기관명		법인등록번호 :
	대표자		사업자등록번호 :
	(서명 또는 인)		생년월일
주소	사무소		전화번호

신청시설의 분류	방호차폐시설	장비보호시설
----------	--------	--------

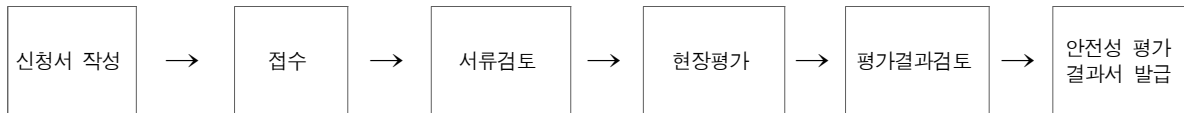
「고출력·누설 전자파 안전성 평가에 관한 고시」 제4조에 따라 위와 같이 방호차폐시설(또는 장비보호시설)에 대한 안전성 평가를 신청합니다.

년 월 일

국립전파연구원장 귀하

제출서류 (공인인증기관으로 인증을 신청하는 경우 제6호부터 제10호까지의 서류 생략 가능)	담당자확인사항	수수료
1. 시설의 세부 도면 (측정점 확인 가능하여야 함) 2. 신청기관 일반현황	법인등기사항전부증명서 (전자정부법 제36조제1항에 따라 행정정보의 공동이용을 통하여 확인 가능한 경우는 생략 가능)	전파법 시행령 제97조의 3(안전성평가 수수료)에 따른 별표14의3에 의해 산정된 수수료

처리절차



신청인

국립전파연구원

현장평가 결과 보고서	
상호 또는 성명	
시설 또는 기기 명칭	
현장평가 결과	
기타 사항	
<div>년(Year) 월(Month) 일(Date)</div> <div>현 장 평 가 반 장 〇 〇 〇</div>	

방사성 방호성능 시험 성적서

1. 측정개요

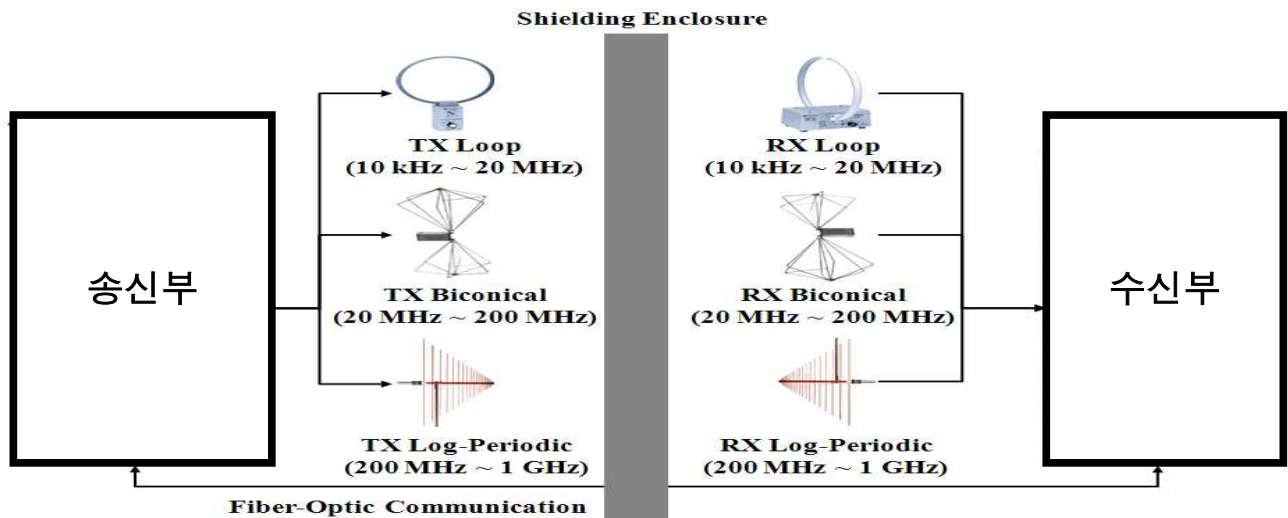
- 가. 신청인 :
 나. 측정장소 :
 다. 측정기간 :
 라. 측정대상 : $m(L) \times m(W) \times m(H)$
 마. 측정자 :

2. 측정장비

품 명	모델명	규 격	제조사(S/N)
신호발생기		10kHz - 1 GHz	
수신기		10kHz - 1 GHz	
전력증폭기		10kHz - 1 GHz	
전치증폭기		10kHz - 1 GHz	
Loop 안테나		10 kHz - 20 MHz	
Biconical 안테나		20 MHz - 200 MHz	
LP 안테나		200 MHz - 1 GHz	

3. 측정내용

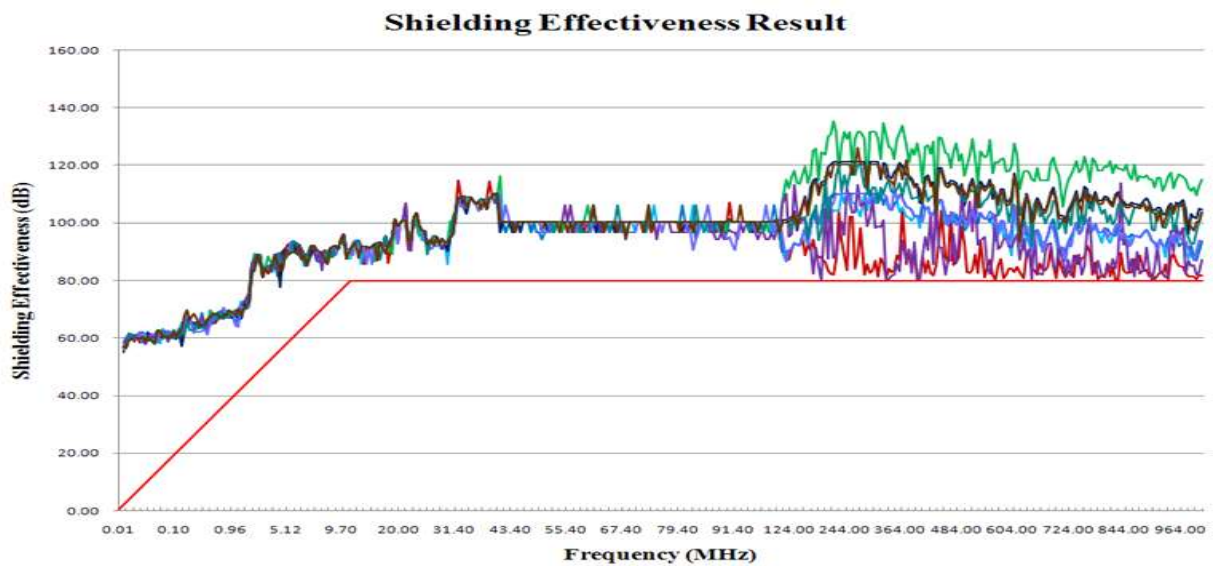
- 가. 장비배치



나. 측정주파수

다. 측정 시 특이사항

4. 측정결과(예시)



전도성 방호성능 시험 성적서

1. 측정개요

- 가. 신청인 :
 나. 측정장소 :
 다. 측정기간 :
 라. 측정대상 : $m(L) \times m(W) \times m(H)$
 마. 측정자 :

2. 측정장비

품명	모델명	규격	제조사(S/N)
펄스 발생기			
전류 센서(외부 주입용)			
전류 센서(내부 잔류용)			
오실로스코프			
데이터 기록계			
전치증폭기			
계측기 차폐 및 전원			
케이블류, 감쇄기, 로드, 저항 등			

3. 측정내용

1) 전기적 인입점에서 잔류전류 요구사항

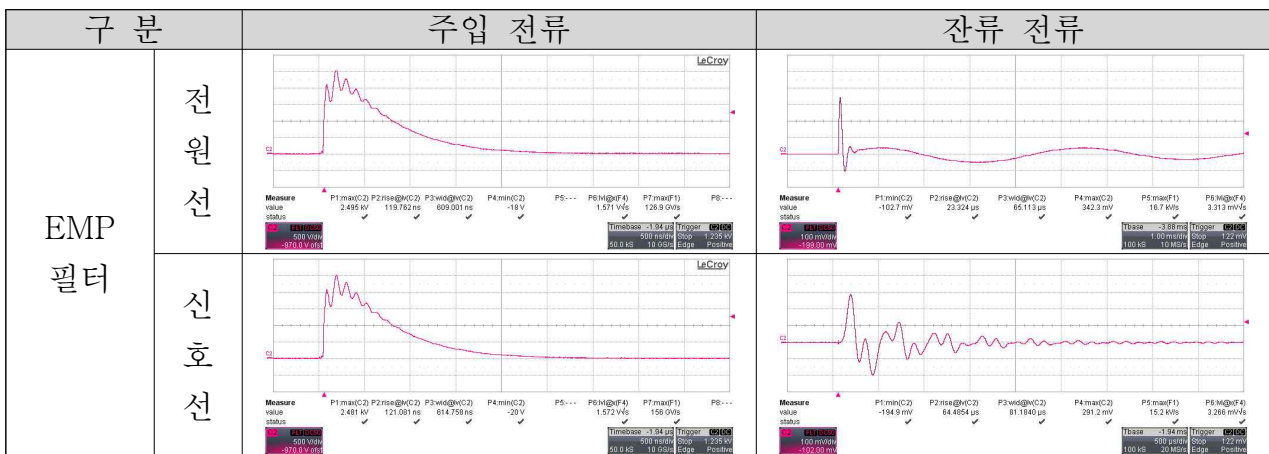
전기적 인입점			주입 형태	측정 형태	최대 전류 (A)	최대상승률 (A/s)	실효값 ($A/\sqrt{3}$)
상용 전원선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류			
	중펄스		선-접지	선 전류			
기타 전원선 (내부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류			
오디오/데이터선 (외부 → 내부)	단펄스		선-접지	선 전류			
	중펄스		선-접지	선 전류			
제어/신호선 (내부 → 내부)	저압선 ²⁾	단펄스	선-접지	선 전류			
	고압선 ²⁾	단펄스	선-접지	선 전류			
전선관 설드	신호/저전류 ³⁾	매몰/노출	관-접지	벌크 전류			
	중전류 ³⁾	매몰/노출	관-접지	벌크 전류			
	고전류 ³⁾	매몰/노출	관-접지	벌크 전류			

2) RF 안테나선 인입점에서의 잔류전류 요구사항 결과

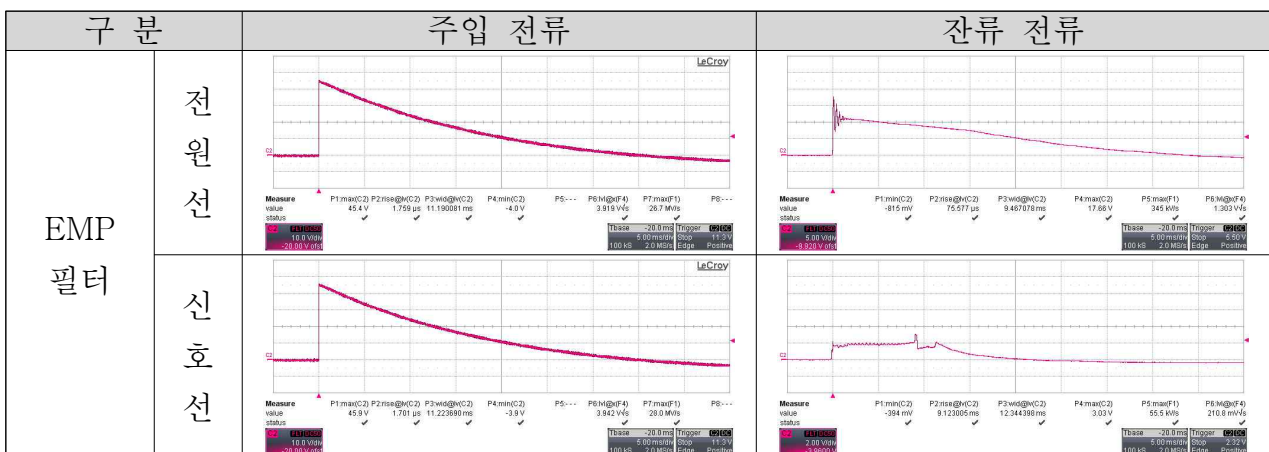
전기적 인입점		주입 형태	측정 형태	최대 전류 (A)	최대상승률 (A/s)	실효값 (A/\sqrt{S})
RF 안테나선 차폐	내부 도체	차폐-접지	선 전류			
	차폐	차폐-접지	차폐 전류			
RF 안테나선 내부 도체 (신호선)	내부 도체	수신선	선-차폐	선 전류		
		송신선	선-차폐	선 전류		
	차폐	선-차폐	차폐 전류			

4. 측정결과

예시) PCI 단펄스 시험(2500 A 인가)



예시) PCI 중펄스 시험(250 A 인가)



안전성평가 결과서

상호 또는 성명

시설 또는 기기 명칭

평가 결과

평가 연월일

기타 사항(권고 대책 등)

위 시설 또는 기기는 「전파법」 제 56조에 따라 평가되었음을 증명합니다.

년(Year) 월(Month) 일(Date)

국립전파연구원장 직인

*Director General of Radio Research Laboratory
Korea Communications Commission Republic of Korea*