

<h2 style="margin: 0;">EMP 표준화 동향</h2>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">장 태 현</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">한국산업기술시험원</div>
--	---

I. 개 요

국제 표준화 기구 IEC(International Electrotechnical Commission)의 기술위원회(Technical Committee: TC) 77의 SC (Sub-committee) C(이하 SC77C라고 한다)에서는 EMP 표준화를 다루고 있다. 현재까지 SC77C에서 발행된 국제표준문서는 <표 1>과 같다.

이 글에서는 2017년 EMP 국제 표준화가 어떻게 진행될지를 가늠해 보기 위해 최근까지 진행되었던 IEC 국제 표준 동향을 소개하고자 한다.

II. IEC SC77C 표준화 동향

SC77C는 현재 3개의 프로젝트팀(PT 61000-5-10, MT 61000-4-36, MT 61000-4-25)이 가동되고 있다. 2016년 7월 영국 런던에서 프로젝트팀 회의가 있었으며, 가장 최근은 2017년 2월 28일부터 3월 2일까지 미국 텍사스주 오스틴에서 프로젝트팀 회의가 개최되었었다. MT 61000-4-36와 MT 61000-4-25는 우리나라가 제안하여 개정이 추진되고 있는 프로젝트팀이며, PT 61000-5-10은 미국에서 제안하여 새로운 규격 IEC 61000-5-10을 제정하고 있다.

MT 61000-4-36은 IEMI 내성시험방법 표준을 다루는 프로젝트팀으로서 Mesoband와 Hyperband의 광대역 EMP 내성 시험방법을 새롭게 추가하는 내용으로 개정 중에 있으며, 2017년 2월 오스틴회의 이후, 4월 7일에 77 C/263/ CD가 발행되었다. 이 CD에는 부록 H에 광대역 EMP 내성시험방법과 부록 I에 측정용 센서 교정방법이 새롭게 추가되었다^[1].

MT 61000-4-25는 HEMP 내성시험방법을 다루는 프로젝트팀으로서 개정될 내용은 복사성 E1 HEMP 시뮬레이터에서의 시험파라미터에 대한 허용오차의 합리적 조정이다. 현재 E1 HEMP 파형에 대한 파라미터(진폭, 상승시간, 펄스 폭, E/H 비)를 여러 국제문서에서 다루고 있으나, 허용오차

<표 1> IEC SC77C에서 발행된 EMP 국제표준문서

IEC 61000-1 일반사항	61000-1-3(2002) 고고도 핵 EMP (HEMP)가 민간 장비 및 시스템에 미치는 영향		61000-1-5(2004) 고출력 전자기와 (HPEM)가 민간 시스템에 미치는 영향	
IEC 61000-2 EM 환경	61000-2-9 HEMP환경, 복사성방해 (1996)	61000-2-10 HEMP환경, 전도성방해 (1998)	61000-2-11 HEMP 환경분류 (1999)	61000-2-13 HPEM환경 복사/전도 (2005)
IEC 61000-4 시험 및 측정기술	61000-4-23 HEMP/기타 복사성방해 보호장치 시험방법 (2016)	61000-4-24 HEMP 전도성방해 보호장치 시험방법 (2015)	61000-4-33 EMP 파라미터 측정방법 (2005)	61000-4-35 HPEM 시뮬레이터 일람표 (2009)
	61000-4-25 기기/시스템 HEMP 내성 시험방법 (2012) 개정	61000-4-32 HEMP 시뮬레이터 일람표 (2002)	61000-4-36 기기/시스템 IEMI 내성 시험방법 (2014) 개정	
IEC 61000-5 설치 및 완화지침	61000-5-3 HEMP 보호개념 (1997)	61000-5-4 HEMP 복사성방해 보호장치 사양 (1996)	61000-5-5 HEMP 전도성방해 보호장치 사양 (1996)	61000-5-6 외부 EM 영향 저감 (2002)
	61000-5-7 합체의 전자기방해 보호정도 (2001)	61000-5-8 기간시설 HEMP 보호방법 (2009)	61000-5-9 EMP 시스템레벨 감응성평가 (2009)	61000-5-10 EMP IEC 규격 적용지침 (2017예정)
IEC 61000-6 일반표준	61000-6-6 실내용기기 HEMP 내성 기준 (2003)			

기준이 상이하여 이를 조정하고자 한다^[2].

PT 61000-5-10은 지금까지 SC77C에서 개발한 HEMP 및

HPEM 표준문서들을 EMP 방호시설에 어떻게 적용할 것인지에 대한 적용 가이드라인을 작성하는 임무를 가지고 있다. 특히 새로운 건물에 EMP 방호시설을 구축하고자할 경우와 기존 건물에 EMP 방호시설을 구축하고자할 경우에 적용할 수 있는 가이드라인을 제정하고자 한다. 이 프로젝트는 2014년 제안되어 진행되어 왔으며, 2017년에 TS(기술규격)으로 발행될 예정이다. 본고에서는 곧 발행될 IEC/TS 61000-5-10의 내용을 요약하고자 한다.

2-1 IEC/TS 61000-5-10의 구성

IEC/TS 61000-5-10의 주요 구성은 다음과 같다^[3].

- 1장 적용범위
- 2장 참고 규격
- 3장 용어 및 정의
- 4장 일반사항
- 5장 위협환경 레벨의 개발
- 6장 신축설비에 대한 보호대책 및 시험방법
- 7장 기존설비에 대한 보호대책 및 시험방법
- 8장 다른 차폐 레벨을 결정하는 방법
- 9장 방호성능 유지관리(hardness maintenance)
- 부록 A: IEC SC 77C 발행물에 대한 요약

2-2 IEC/TS 61000-5-10의 적용범위 및 일반사항

IEC/TS 61000-5-10은 고고도 핵 전자기 펄스(HEMP) 및 의도적 전자기 간섭(IEMI)과 같은 고출력 전자파 방해로부터 민간시설을 보호하기 위한 가이드라인으로 개발되었다.

용어정의에서 주목할 부분은 “전도성 HPEM 환경(환경은 방해레벨로 이해)”을 일반적으로 1 kV를 초과하는 전압레벨이 케이블 및 와이어에 결합 또는 직접 주입되어 조성되는 고출력 전자기 전류 및 전압으로 정의한다. 또한 “고출력 마이크로웨이브, HPM 소스”는 100 MW를 초과하며, 펄스 형태의 침투 전력을 갖는 협대역 신호로 정의된다. “복사성 HPEM 환경”은 일반적으로 100 V/m를 초과하는 침투 전자기장 레벨을 갖는 고출력 전자기장으로 정의되어 있다.

이 가이드라인의 목적은 HEMP 및 IEMI의 방해레벨을 규정하고, 이러한 EMP 방해로부터 전자기기의 보호방법, 시험방법을 총체적으로 이해할 수 있는 가이드를 제시하여

산업계에 도움을 주기 위한 것이다. 규격의 제정 배경, 신축 건물에 대한 보호대책 및 시험방법, 기존건물에 대한 보호대책 및 시험방법, HEMP 위협환경 보호대책 및 시험방법, IEMI 위협환경 보호대책 및 시험방법(HEMP + IEMI), 위협환경 보호대책 및 시험방법을 포함하고 있다.

2-3 IEC에서 개발된 EMP 위협환경 레벨

HEMP 환경은 복사성과 전도성 환경으로 구분하며, 복사성은 IEC 61000-2-9, 전도성은 IEC 61000-2-10에 정의되어 있다. IEMI로 조성되는 HPEM 환경은 IEC 61000-2-13과 IEC 61000-4-36에 정의되어 있다.

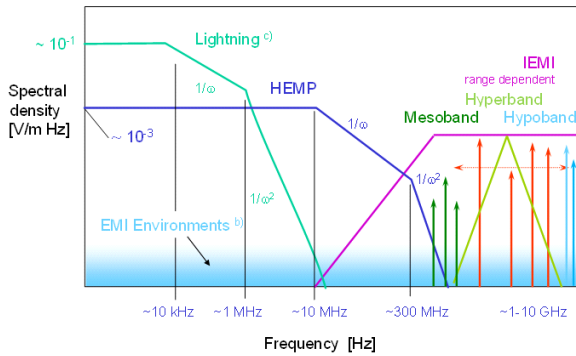
HEMP 복사성 환경에서는 E1이 중요하며, E1의 주파수 스펙트럼은 10 kHz~1 GHz에 이른다. HEMP 전도성 환경에서는 E1, E2의 경우, 전력선과 통신선 그리고 안테나포트에서 중요하게 고려되어야 하며, E3은 전력망에서 중요하게 고려되어야 한다. HEMP에 대한 방호에서 중요 기반 시설의 신축의 경우, 60 dB의 차폐이면 우수하다고 할 수 있으며, 기존시설의 개축의 경우 더 낮은 레벨이 고려될 수 있다.

IEMI 복사성 환경에서는 1 MHz~10 GHz의 주파수 스펙트럼이 고려되어야 하며, 침투값의 외부 전자기장(협대역, 광대역)의 세기와 설비 내부로 침투되어 들어오는 침투값 전자기장 세기의 비로 차폐성능이 설계된다. IEMI 전도성 환경에서는 외부 전력선과 통신선에 주입될 수 있는 IEMI 방해를 고려할 수 있다.

[그림 1]은 E1 HEMP와 협대역과 광대역의 IEMI 복사 전자기장의 주파수 스펙트럼을 비교하여 나타내고 있다. E1 HEMP 전자기장은 1 GHz까지 작게 줄어들고, IEMI 복사환경은 약 10 GHz까지 확장되어 있다.

무기로 개발되는 것은 10 GHz보다 높은 주파수까지도 생성할 수도 있지만, 몇몇 발간된 논문들에서 보여주고 있는 사실은 주파수가 더 높아짐에 따라 전형적으로 전자기기의 내성 레벨도 또한 올라간다는 것이다. 이것은 기기의 내·외부로 연결된 배선이 수신 안테나로서의 역할을 할 때, 결합된 신호의 전력 레벨은 파장의 제곱만큼 줄어든다는 사실과 관련이 있다^[4].

2-4 신축시설을 위한 EMP 방호 및 시험방법



- a) 0.2~5 GHz로 확장된 협대역
- b) EMI 환경이 HPEM 환경은 아님.
- c) 낙뢰 환경은 범위와 적용에 따라 10 MHz까지도 주요한 주파수 스펙트럼 성분을 갖는다.

[그림 1] E1 HEMP와 여러 종류의 HPEM 환경 비교

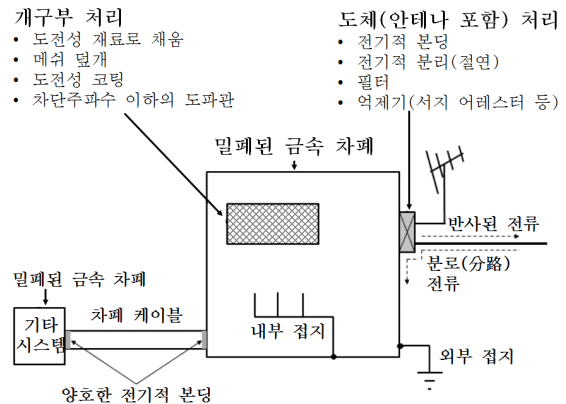
중요성이 높은 시설의 신축의 경우, 60 dB로 설계하면 되는데, 용접방식이 아닌 볼트체결 방식의 차폐 구조물에서도 차폐성능이 무리 없이 80 dB로 건축되고 있다. 이 문서에서 차폐성능(SE)의 용어 사용은 시간영역에서의 외부 방해를 줄이는 것이라는 것을 주목해야 한다. 시설 내부의 전자기장의 세기를 줄이기 위해서 금속 벽체만 요구되는 것이 아니라, 모든 관통부와 선로 인입포트에 대한 세심한 처리가 요구된다.

내부 장비의 성능 저하가 일부 허용될 수 있는, 중요성이 더 낮은 시설의 경우, 더 낮은 레벨(10~40 dB 정도) 방호가 고려될 수 있는데, 전통적인 건축 재료 및 구조적 차폐기법의 선택을 통해 구조물 자체의 감쇠량을 높일 수도 있다.

IEC 61000-1-5에 있는 [그림 2]는 방호를 위해 고려되어야 하는 주요 측면을 나타내고 있다. 이 그림에서 차폐실로 관통되어 들어오는 외부 안테나의 처리는 표시되지 않았다.

HEMP 방호시설에 적용할 수 있는 문서는 다음과 같다.

- 강화(強化) 개념(hardening concept): IEC 61000-2-11
- 기기 시험: IEC 61000-4-25
- 방호(防護) 개념(protection concept) 및 기본 내성 요건: IEC 61000-6-6
- 차폐성능 시험방법: IEC 61000-4-23
- 필터 시험방법: IEC 61000-4-24



[그림 2] EMP 방호를 위해 고려되어야 하는 주요 측면

<표 2>는 매우 일반적인 HEMP 방호에 관한 분류를 제시하고 있다. 내부의 케이블이나 내부 기기의 케이스에 높은 레벨의 전류와 전압이 결합되지 못하도록 시설 내부의 전장감을 감쇠시켜주는 전자파 차폐를 포함하고 있다. 각각의 개념은 또한 전자기장의 감쇠뿐만 아니라, 차폐를 관통하는 여러 종류의 외부 도체에 유도되는 외부 전류와 전압의 감쇠도 요구한다. 전력, 통신, 데이터 포트, 안테나 신호를 포함하고 있는 이러한 도체는 인입포트(Port-of-Entry: POE)라고 한다. 복사성 및 전도성 방호에 대하여 정교하게 균형 잡힌 방호가 필요하다.

방호개념 5와 6에서의 E1 HEMP 복사성 환경은 5 V/m와 50 V/m의 전기장 펄스 파형이며, 이것은 IEC 61000-4-3의 CW 시험레벨보다 높지만, 통상적으로 1 kV/m 이하의 HEMP 시험에서 기기의 손상은 발생하지 않는다(IEC 61000-1-3).

개축하는 경우에는, 기기의 손상을 방지하기 위해서는 방호개념 3과 4이면 적절하다. 이것이 의미하는 바는 목표로 하는 감쇠량이 복사성 환경에 대하여 30 dB와 전도성 환경에 대해서는 40 dB이면 된다는 것이다. 전도성 관통부 중 가장 중요한 것은 상용 전원 입력부를 방호하는 것이다. 이유는 지면 위에 노출된 전력선의 경우, 매우 높은 레벨의 HEMP에 노출되기 때문이다.

2-4-1 신축시설을 위한 HEMP 방호

긴급한 또는 중요한 민간시설에 대한 감쇠 레벨은 60 dB이면 충분하며, 기기가 일시적으로 오동작하는 것은 허용

<표 2> IEC 61000-6-6에 의한 HEMP 방호 개념

방호 개념	기기 위치	복사성 방해	전도성 방해		
			전원선 통신선	신호선	안테나
			kV/m	kV	A
6	80 dB 차폐	0.005	0.015	0.0075	0.007
5	60 dB 차폐	0.05	0.150	0.075	0.07
4	40 dB 차폐	0.5	1.5	0.75	0.72
3	40 dB 차폐 및 전도성 40 dB	5	1.5	7.5	0.72
2B	구조물 차폐(20 dB) 낙뢰 보호 (전도성 20 dB)	5	60	7.5	4
2A	구조물 차폐(20 dB) 낙뢰 대책 無 (전도성 0 dB)	5	600	7.5	$1800/f$ $450 \geq f \geq 25$ in MHz
1B	구조물 차폐(0 dB) 낙뢰 보호 (전도성 20 dB)	50	60	77	4
1A	구조물 차폐 (0 dB) 낙뢰 대책 無 (전도성 0 dB)	50	600	75	$1800/f$ $450 \geq f \geq 25$ in MHz

되고, 기기의 손상은 허용되지 않는 경우에는 30 dB이면 충분하다. 차폐시험은 모든 방호 부품(차단주파수 이하의 도파관, 필터, 문, 접지 시스템 등)이 설치된 상태에서 수행되어야 한다. 1 MHz 이상의 고주파에서 시설의 외부 접지방범은 IEC 61000-5-3과 IEC 61000-5-6에 제시되어 있다.

IEC 61000-1-5, IEC 61000-5-3, IEC 61000-5-6에서 전자파 차폐를 위해 특별히 고려해야 할 추가 사항은 다음과 같다.

- ① 차단 주파수 이하의 도파관은 E1 HEMP의 주파수 범위에 따라 설계되어야 한다.
- ② 건축 파이프는 차폐벽에 본딩되어야 한다.
- ③ 출입문은 동일한 차폐 레벨의 이중도어 연동장치로 설계되어야 한다.
- ④ 안테나 차폐와 차폐 시설로 들어가는 기타 차폐 케이블은 차폐에 본딩되어야 한다. 외부 안테나에 연결된 송

수신기의 보호는 결합분석을 통하여 설계되어야 한다.

- ⑤ 전자기기의 내부접지는 차폐벽의 내부에 연결되어야 하며, 차폐벽을 관통하는 구멍이 생기지 않도록 해야 한다.
- ⑥ 중요기기를 차폐 바깥쪽에 설치하지 않는다.

비선형성 서지 어레스터와 필터는 적절한 높은 레벨로 시험되어야 한다. 이 시험은 기본형에 대해 시험실에서 수행될 수 있다.

2-4-2 신축시설을 위한 IEMI 방호

신축시설을 위한 IEMI 방호의 경우, IEMI 소스가 건물에 매우 가까이 접근할 수 없도록 하여 건물 외부 및 내부 IEMI 레벨이 매우 높게 되지 않도록 하는 일련 조치를 취한다면, 60 dB 방호레벨이면 충분하다(IEC 61000-4-36). 부가적으로, IEMI 복사성 검출기가 시설 내부 중요 기기 근처에 설치되는 것이 필요하다. 차폐시설이 완성된 경우, 차폐 성능을 평가하기 위해 수행되는 CW 차폐시험은 최소한 10 GHz로 확장될 필요가 있다(IEC 61000-4-23).

IEMI를 위한 차단 주파수 이하의 도파관의 지름은 더 작게 설계되어야 한다(E1 HEMP의 경우, 10 cm, IEMI의 경우, 1 cm). 또한, 건물에 인입되는 건축 파이프를 지하로 연결하게 되면, 지름이 더 작은 파이프를 사용할 필요성을 줄일 수 있다. 그 이유는 고주파 IEMI 전기장은 토양을 통과하기 어려우며, 지면에서 대부분 반사되기 때문이다. 지름이 10 cm인 파이프는 하수 오물 파이프 사용하기에 편리한 크기이지만, 지름이 1 cm 파이프는 충분하지 않다.

복사성 IEMI의 경우에 건물로 인입되는 전력선은 E1 HEMP의 경우에서보다는 중요하지 않은 문제이다. 왜냐하면, 매우 협대역이며, 고주파 펄스의 IEMI 전기장이 전력선으로 결합되는 것은 E1 HEMP의 경우만큼 효과적이지 않다. IEMI에 의한 유도전류는 훨씬 더 낮을 것이다. 매립된 전력선의 경우, 대지 위에 노출된 전력선보다 대략 10배 더 낮다. 그러므로 E1 HEMP 필터는 필요하지 않다. 만일 시설이 E1 HEMP와 IEMI 모두에 방호되어야 한다면, HEMP 필터의 설치가 필요하고, HEMP 필터는 10 GHz까지의 주파수에 대하여 IEMI 전류와 전압도 감쇠시킬 것이다.

IEMI 복사 전기장이 시설방호에 매우 중요한 반면에, IEMI 전도성 방해도 공격자가 접근이 가능한 외부 분전반에 주입할 가능성도 있다. IEMI 전도성 방해도 경우, 차동모드의 과도신호 주입이 1 GHz 이상의 주파수에 대해서조차도 잘 전달될 수 있다는 것을 여러 연구에서 보여주었다. 그러므로 관심 대상시설로 인입되는 전력선과 통신선에 대한 공공의 접근을 제한하는 것이 매우 중요하다. 만일 접근을 제한할 수 없는 경우에는 10 MHz 이상의 주파수를 감쇠시킬 수 있는 필터를 내부의 민감한 기기에 연결된 선로에 설치하는 것을 고려해야 한다.

모든 금속 케이블 및 상·하수 금속 배관의 경우, IEMI 복사성 방해도에 대하여 이러한 케이블과 파이프를 매립시키고, 시설의 바닥을 통하여 인입되도록 하는 것이 권고된다. 일반적인 토양은 IEMI 고주파 전기장을 상당히 감쇠시키며, 케이블이나 파이프를 따라서 전파되는 것은 그 주변의 토양/콘크리트의 분산효과(dispersive effect)로 인해 크지는 않을 것이다. 외부 안테나에 “대역 내(in-band)” 전도성 방해도 결합되는 것을 평가하기 위해서는 수치적 평가가 필요하다. 특히 GPS 신호용 안테나에 대해서 그러하다.

2-4-3 신축시설을 위한 HEMP와 IEMI 방호

E1 HEMP에 대한 방호와 IEMI를 위한 방호를 결합시키기 위해, 주요 문제는 지면 밑이 아닌 모든 노출된 차단주파수 이하의 도파관에 대하여 “개구부(apertures)”의 크기를 줄이는 것이며, 외부 안테나에 대하여 IEMI 결합을 평가하는 것이다. IEMI 방호를 위한 접근방법으로는 시설로부터 일정 거리까지 공격자의 근접을 방지할 수 있도록 보안성에 대한 고려와 IEMI 복사성 전기장 검출기를 통한 모니터링을 포함시켜야 한다. 복사성 방해를 위한 CW 차폐성능 시험은 IEC 61000-4-23에 의해 1 GHz 이상 적어도 10 GHz까지의 주파수 범위로 확장될 것이 요구된다. POE 방호성능 시험은 IEC 61000-4-36에 의해 추가적인 전도성 방해도 파형을 주입하는 시험이 요구된다.

2-5 기존시설을 위한 EMP 방호 및 시험방법

기존시설의 EMP 방호에 대한 접근방법은 신축시설과는 상당히 다르다. 가장 우선적으로 요구되는 것 중의 하나는

일시적으로 동작이 멈추어도 괜찮은지 얼마 동안이나 허용되는지의 관점에서 대상시설의 “중요성(criticality)”을 확인하는 것이다. 그렇게 되면 시설 내부의 전자기기를 보호하기 위한 “목표(objective)”에 대한 지침을 마련할 수 있고, 전자기기의 오동작이 허용될 수 있는지, 교체가 가능할 정도의 미미한 손상인지를 판단할 수 있게 된다.

기존시설에 대해서는 시설에 대한 진단평가가 먼저 수행되어야 한다. IEC 61000-5-9는 몇 가지 다른 평가방법론을 제공하고 있으며, 중요한 첫 번째 단계는 기존시설의 차폐성능을 평가하는 것이다. 건물 자체의 차폐성능이 30 dB 이하인 건물의 경우(대부분의 비 차폐 건물의 경우), 차폐성능을 바로 확인할 수 있는 기법은 IEC 61000-4-23에 설명된 예와 같이 상용 라디오 스펙트럼을 이용하는 방법이다. 일단 현재 상태의 차폐성능 레벨을 알고 목표 수준을 결정했다면, IEC 61000-5-6을 참조하면 방호레벨을 증가시킬 수 있는 기타 강화기법들이 있다. HEMP와 IEMI의 경우에 약간 다를 수도 있다.

2-5-1 기존시설을 위한 HEMP 방호

E1 HEMP 방호의 경우에 건물 내부로 인입되는 모든 외부 도체에 대하여 특별한 주의를 기울여야 한다. 한 가지 중요한 목표는 이러한 케이블들이 건물로 인입되기 전 적어도 10 m 정도의 길이를 깊이가 적어도 30 cm 정도 되도록 매립하여 지하에서 건물로 인입시키는 것이다. 이렇게 할 경우, 전도성 방해도는 약 10배 이상 감소된다.

모든 외부 안테나 케이블 차폐와 기타 차폐케이블은 시설로 인입되기 전에 인덕턴스가 낮은 방법으로 접지시켜야 한다. 예비전원 시스템을 강화하는 것이 권고되며, 또는 차폐시설과 예비 전원공급기의 연결을 위해 차폐된 전력선을 사용하는 EMP 방호된 외부 전원시스템을 새롭게 설계할 필요가 있다. 건물로 인입되는 예비전원 케이블도 매립되는 것이 좋다.

손상은 없고 짧은 시간 동안 동작에 방해를 받는 것이 허용되는 경우에는 30 dB 정도의 차폐성능 목표가 타당하다고 볼 수 있다. 전자기기의 손상은 E1 HEMP 펄스 1.6 kV/m에서는 거의 발생하지 않았다는 것을 주목할 필요가 있다. 전도성 방해도에 대한 방호에 대하여도 유사하게 방호개념 3

과 4가 적절하다. 이러한 개념에서의 잔류 레벨은 일반적으로 산업용 EMC 일반표준과 호환된다. 더 높은 방호레벨이 이 경우에 사용될 수도 있지만, 이 문서의 목적이 EMP에 의해 손상으로 인한 고장을 방호하기 위한 것이고, 방해는 허용되는 것이므로 30 dB 감쇠 레벨이 고려되었다. 또한 오동작이 허용될 수 있는지 여부에 따라서 신축시설에도 이 30 dB 레벨이면 충분하다.

건물의 차폐성을 높이기 위해 건물의 외부 또는 내부에 차폐를 추가하거나, 건물 내부에 주요한 방에 차폐를 추가하는 방법이 있다. 또, 다른 방법은 건물 내부에 차폐실을 만들거나, 중요한 전자기기가 많지 않을 경우에는 차폐 랙을 만들 수도 있다. E1 HEMP 방호를 위한 주파수 범위는 10 kHz~1 GHz이다.

추가로 요구되는 차폐가 10~20 dB 정도라면 건물 내부의 케이블 방호기법을 적용하는 것도 좋은 방법이다. 케이블 방호기법에는 본딩, 접지, 개스킷 추가, 더 성능이 좋은 커넥터의 사용, 케이블에 페라이트 부착하는 방법이 있으며, 또는 중요한 케이블을 광케이블로 교체하는 방법도 있다. IEC 61000-5-6에는 여러 가지 방법들이 제시되어 있다.

2-5-2 기존시설을 위한 IEMI 방호

IEMI 위협에 대하여 모든 기존시설을 진단평가를 하여야 한다. 이 평가는 세 부분으로 구성된다. 첫째는 IEMI 소스의 세기에 대한 평가(IEC 61000-2-13), 둘째는 공격 가능한 최단 거리를 결정하는 것이며, 셋째는 1 MHz~10 GHz의 주파수에 대하여 시설의 차폐성능을 평가(IEC 61000-4-23)하는 것이다. 이러한 정보에 기초하여, 건물 내부의 전자기기까지 도달할 수 있는 적당한 필드 레벨을 결정할 수 있다. 예를 들면, 여행가방 크기의 IEMI 광대역 소스의 침투 전기장 레벨(kV/m)에 거리(m)를 곱한 값이 500 kV인 경우, 이 소스가 건물로부터 10 m 떨어진 거리에 놓이게 되면 이상적인 조건에서 건물 바깥쪽의 전기장의 세기는 50 kV/m로 될 수 있다. 만일 건물이 IEMI 복사성 파형의 주파수 범위에서 30 dB의 감쇠 특성을 제공한다면, 건물 내에서의 IEMI 전기장의 세기 침투값은 1.6 kV/m로 된다. 이 값은 IEC 61000-1-5에서 전자기기가 손상을 입지 않은 레벨이며, 따라서 전자기기의 일시적 오동작이 허용되는 경우에 만족할 만한 상황

이 된다. IEMI에서 E1 HEMP와 가장 중요한 차이는 IEMI 공격자가 전자기기까지 접근하지 못하도록 함으로써, 기기에 요구되는 차폐레벨을 줄일 수 있다는 사실이다. IEMI 무기가 건물벽 가까이, 특히 내부의 중요한 전자기기의 위치 가까이 있는 벽에 놓이지 않도록 사람이나 차량의 접근통제가 중요하다. 이것은 HEMP에는 전혀 고려되지 않는 사실이다. 왜냐하면, E1 HEMP는 먼 곳에서 오는 평면파로서 건물 크기 정도의 전파거리에 대해서는 세기가 줄어들지 않는다. IEMI 전기장의 세기는 소스로부터의 거리에 대하여 $1/r$ 로 줄어든다.

HEMP의 경우와 마찬가지로, 중요한 기기를 방을 옮겨 재배치하는 방법으로도 IEMI를 위해 요구되는 복사 전기장의 차폐레벨을 최소화할 수 있으며, 건물로 인입되는 모든 외부 케이블을 지하로 매립하게 되면 E1 HEMP에 비해 IEMI에 포함된 고주파 성분 때문에 전도성 방해레벨이 줄어들고, 매립을 통해 복사 전기장에 대해서도 효과적이다. 건물 외부에 접근 가능한 케이블이 IEMI 전도성 방해를 주입하는 목표물이 될 수 있다는 별도의 우려가 있다. 이때 건물로 인입되는 차동모드가 중요하다. 이러한 접근지점이 제거될 수 없다면 이러한 선들이 직접 연결되는 건물 내부의 기기를 보호하는 것이 중요하다.

IEMI를 위해 고려되어야 하는 한 가지 특별한 요인은 GPS 안테나를 포함하여 수신 대역의 안테나 응답을 보호하는 것이다. 만일 GPS 신호가 대상설비가 적절하게 작동하는데 필요하다면, GPS 수신기에 도달할 수 있는 전압 및 전류의 레벨을 분석하여 이러한 방해에 대하여 서지 보호(리미터)를 설치하는 것이 필요하다. 또한 이러한 방해는 반복적으로 발생될 수 있으므로, 이러한 측면을 고려하는 것이 필요하다. 이 경우, 보호장치가 없다면 수신기가 파손될 수 있다. 서지 보호기는 손상을 막아주는 하지만, 수신된 신호에 간섭을 일으킬 정도의 에너지는 통과할 수 있다는 것은 감안해야 한다. 신축시설 보호방법에 대하여 앞서 언급된 것과 마찬가지로 중요한 전자기기 근처에 IEMI 검출기를 설치하여 시설 운용 담당이 그 시설이 지속적인 공격하여 있는지 여부를 하는 것이 현명하다. IEMI 공격이 몇 시간, 또는 몇 일간 지속될 수 있다. 반면, HEMP 파형은 고고도에서 한 번의 핵폭발에 의해 단지 한 번 또는 두 번 발생

할 수 있다. 공격 시간이 상대적으로 짧다고 할지라도 IEMI 검파기는 전자기기의 오동작의 원인을 결정하는데 유용할 수 있다. 특별히 고려해야 할 두 번째 요인은 차단주파수 이하의 도파관 또는 환풍구, 광케이블이 밖에서 건물로 인입 되도록 하는 판넬이 고주파에 적절하게 크기를 맞추는 것이다. 일반적으로 IEMI에 대해서는 1 cm 지름의 도파관이, E1 HEMP를 위해서는 10 cm 지름의 도파관이 필요하다. 두 경우 모두 도파관의 길이는 지름의 6배가 되도록 한다.

2-5-3 기존시설을 위한 HEMP와 IEMI 방호

이전 논의에서 주목한 바와 같이, HEMP 방호에 추가로 IEMI를 방호하기 위한 주요 요소는 공격자가 공격할 수 있는 외부 전기장의 레벨을 결정하는 것이다. 이 레벨이 50 kV/m와 유사하거나 더 낮다면, 두 복사성 방해에 대해서 같은 레벨의 차폐능능이 필요한 것이다. 물론 차폐 레벨은 1 MHz~1 GHz 사이에서 측정된 레벨과 비교하여 1 GHz 이상에서 감소하지 않아야 한다.

다른 중요한 요소는 서지 보호가 필요할지 여부를 결정하기 위하여 더 높은 주파수의 IEMI 전도성 방해에 대한 모든 안테나의 수신 응답을 평가하는 것이다. 서지 보호 요건은 E1 HEMP 및 IEMI의 전기장과는 매우 상이할 수 있다. 차단주파수 이하의 도파관에 대해서는 두 종류의 복사 전기장에 대한 보호를 위해서 더 작은 도파관 지름이 사용되어야 한다. 이것은 사실상 적절한 환풍이 되도록만 한다면, 6 cm 길이의 도파관이 60 cm 길이의 도파관보다 무겁지 않다는 것은 장점이 될 수 있다. HEMP와 IEMI 모두에 대한 방호를 결합한 경우, 시험에 관하여는 IEC 61000-4-23에 따라서, 건물, 방, 랙의 차폐능능이 재평가되어 전체 주파수 범위(10 kHz~10 GHz)에 대하여 적절한 방호레벨이 확보되어야 한다. 전도성 관통부에 대하여, 만일 전도성 관통이 E1 HEMP를 위해 설계되었다면, IEMI에 대한 전도성 파형을 계산하여 서지보호기와 필터가 적절한지를 결정해야 하며, 이러한 장치들이 적절하게 동작하는지를 시험실에서 시험해야 한다. 전도성 과도신호에 관한 정보는 IEC 61000-4-36을 참조한다.

2-6 다른 레벨을 결정하는 방법

이 문서는 포괄적인 방식으로 차폐 성능의 두 가지 특별

한 예를 제공하고 있다. IEC 61000-2-11에서 개발된 방호개념과 관련 표준 IEC 61000-4-25와 IEC 61000-6-6을 활용하여, 이 문서에서 설명한 기본 요소를 고려하고, 부록 A에 나타난 IEC SC 77C의 발행물 요약을 검토함으로써 일관된 방호레벨과 시험 프로그램을 개발할 수 있다.

2-7 유지보수

시설을 방호하기 위해 사용된 기계적 특성은 HEMP 또는 IEMI로부터 시설을 방호하기 위해 유효하게 유지되고 있어야 한다. 그러므로 방호 주요 부품들의 유지보수는 시설의 수명연한까지 필요하다.

2-7-1 매년 점검사항

차폐 문은 청결해야 하고, 기름칠해야 하며, 공급자의 요구사항에 따라서 조정되어야 한다. 힌지(hinges)는 내구성이 검사되어야 하며, 접촉 핑거가 사용된 경우, 적절하게 교체되어야 한다. 차폐 벽, 관통 도선, 건축 파이프, 필터, 도파관 환풍구, 도파관 관통부, 케이블 관통을 위해 부착된 판에 대해서는 최소한 연간 단위로 육안 검사를 수행하여 느슨해지지 않도록 유지해야 하며, 새로운 도선 관통이 차폐벽에 뚫리지 않도록 해야 한다. 문제가 발견될 경우, 이러한 결함들은 신속히 조치되어야 한다. 보기에 사소한 문제라도 시설의 방호레벨을 상당히 떨어지게 할 수 있기 때문이다.

2-7-2 인입포트(POE) 필터와 MOV의 매년 검사

상용 전원 필터는 시설의 성능에 매우 중요하다. 이러한 필터는 전기적 필터와 MOV로 구성되어 있기 때문에, 시간이 지남에 따라 부품의 성능이 저하되지 않았는지를 점검하는 것이 중요하다. 일반적인 유지보수 지침은 다음과 같다.

- 시꺼멓게 탄 자국, 휘거나 뒤틀림, 케이스의 색 변화 또는 부식이 없는지를 점검
- MOV에 대한 매년 육안 검사: 시꺼멓게 탄 자국, 색 변화 또는 분명한 노화 징후
- MOV 시험: IEC 61000-5-5에 따라서 1 mA가 흐를 때의 최소 기준전압을 확인한다. 이때 시험을 수행하기 위해 필터의 연결을 해체한다. 이 시험은 매년 또는 시설 소유주에 의해 결정된 일정에 따라 수행되어야 한다.

Ⅲ. 결 론

최근 국제표준화 기구 IEC에서 다뤄지고 있는 국제 EMP 표준화 동향을 신규 제정되고 있는 IEC/TS 61000-5-10의 내용을 중심으로 살펴보았다. 이 문서는 방호개념의 기준을 오동작이 아닌 손상레벨로 정하였고, 그에 따라 방호레벨이 우리나라에서 지금까지 사용해 온 기준보다 비교적 낮다는 것이 낯설다. 그러나 EMP 방호의 확산을 통해 안전한 사회를 구현하기 위해서는 효율적이며, 보편적인 방안이 필요할 수도 있으므로 적용성에 대한 고민이 필요하다.

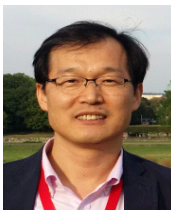
참 고 문 헌

[1] 77C/263/CD, IEC 61000-4-36 ED2: Electromagnetic Compatibility(EMC)-Part 4-36 testing and measurement techniques-

IEMI immunity test methods for equipment and systems.
 [2] 77C/258/RR, Review report to IEC 61000-4-25 Ed. 1: Electromagnetic Compatibility(EMC)-Part 4-25 testing and measurement techniques-HEMP immunity test methods for equipment and systems.
 [3] 77C/260/DTS, IEC/TS 61000-5-10: Electromagnetic Compatibility(EMC)-Part 5-10 installation and mitigation guidelines-Guide to the protection of facilities against HEMP and IEMI.
 [4] M. G. Bäckström, K. G. Lövstrand, "Susceptibility of electronic systems to high-power microwaves: Summary of test experience", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, vol. 46, no. 3, Aug. 2004.

≡ 필자소개 ≡

장 태 현



1996년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
 2002년 2월: 아주대학교 정보전자공학과 (공학석사)
 2016년 2월: 한양대학교 전자전기제어계측공학과 (공학박사)
 1996년 5월~현재: 한국산업기술시험원 (현)항공전자기술센터 센터장

2012년~2017.5: CISPR H 국제간사
 2012년~현재: IEC CISPR SC A WG2 AHG2 리더
 2016년~현재: IEC TC77 SC C MT61000-4-36 리더
 2016년~현재: IEC TC77 SC C MT61000-4-25 리더
 2007년~현재: TTA 주관 ICT 국제표준화전문가
 2016년 7월: SUMMA Foundation HPEM Fellow
 2016년 8월: IEC 1906 Award (IEC TC 77 SC C)
 2017년~현재: 한국전자과학회 전자파보안연구회 위원장
 [주 관심분야] EMI/EMC/EMP 측정 표준화