



전자기 펄스 표준화 동향 연구

장동원* 최형도**

높은 고도에서 핵폭발이 발생할 때 감마선이 고층 대기와 상호 작용하여 광대역에 걸쳐 콤프턴(Compton) 효과가 일어나며, 이때 발생한 전자는 지자기의 영향으로 지구의 중심을 향하는 전자파 흐름을 발생시킨다. 낮은 고도에서도 핵폭발로 전자기 펄스가 발생하지만 한정된 영역에 제한된다. 전자기 펄스는 케이블, 안테나 등에 높은 에너지의 전류를 발생시켜 접속된 전자기기 등에 과도한 전류를 흐르게 함으로써 반도체나 전자 회로에 손상을 주거나 일시적으로 오동작을 발생시킨다. 이러한 현상은 낙뢰(Lightning)나 태양풍(Solar Wind)에 의한 것과 유사하다. 원리적으로는 핵폭발을 일으키지 않더라도 콘덴서 등을 사용해서 전자기 펄스를 발생시킬 수 있다. 그러므로 비파괴, 비살상 무기로서 적의 전자 장비를 마비시키는 EMP(Electromagnetic Pulse) 폭탄 등이 만들어졌으나 현재의 기술로는 작은 규모의 전자기 펄스 밖에 발생시킬 수 없으며 유효 반경은 수 100m 정도이다. IEC 기술 위원회 TC77(전자파양립성)의 분과위원회인 SC77C에서는 HEMP(High-altitude Electromagnetic Pulse)를 포함하는 고전력 과도(transient)현상 표준화를 연구하고 있다. 초기에는 HEMP에 대한 일반 전기전자 기기의 내성을 취급해 왔으나 냉전 후에는 고전력 과도 현상에 대한 보호를 다루고 있다. 본 고에서는 고전력 과도 현상에 대한 원리 및 응용에 관하여 소개하였으며, 이와 관련된 국제 표준 및 표준화 활동을 분석하였다. □

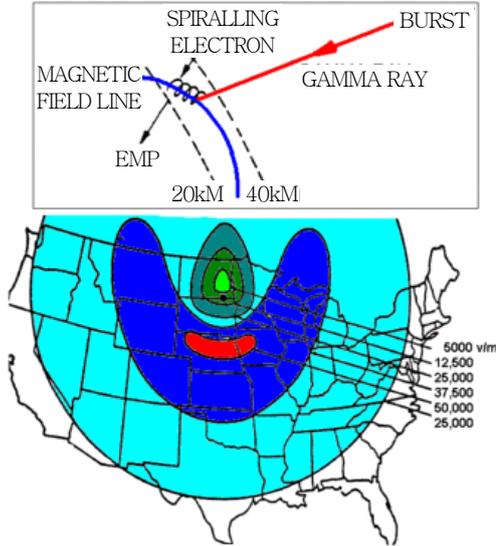
목	차
I.	서 론
II.	고고도 전자기 펄스(HEMP) 개요
III.	HEMP 실험 분석결과
IV.	HEMP 파형 분석
V.	고전력전자기(HPEM) 현황
VI.	HEMP 표준화 동향
VII.	결 론

I. 서 론[1]-[3]

전자기 펄스(Electromagnetic Pulse)는 핵폭발이나 낙뢰(Lightning), 태양풍(Solar Wind) 등에 의해서 발생하는 펄스 모양의 전자파를 말한다. 빛이나 적외선도 전자파의 일종이지만 전자기 펄스는 전자파에 한정한다.

핵폭발의 경우에 강력한 감마선이 고층 대기와 상호작용하여 광역에 걸쳐 콤프턴 효과(Compton Effect)에 의해 전자를 발생시키고, 지자기(Geomagnetic Field)의 영향으로 지구 중심으로 향하는 전자파의 흐름을 생성한다(그림 1) 참조). 저고도의 핵폭발에서는 전자기 펄스의 발생이 한정되며, 높은 고도(30km 정도)에서 핵폭발에 의해 발생한 전자기 펄스는 광범위한 피해를 주게 된다. 전자기 펄스는 케이블, 안테나 등에 높은 에너지의 전류를 발생시키고 이로

* ETRI 전자파환경연구팀/책임연구원
 ** ETRI 전자파환경연구팀/팀장



Source: Nuclear Environment Survivability
U.S. Army, report AD-A278230(1994)

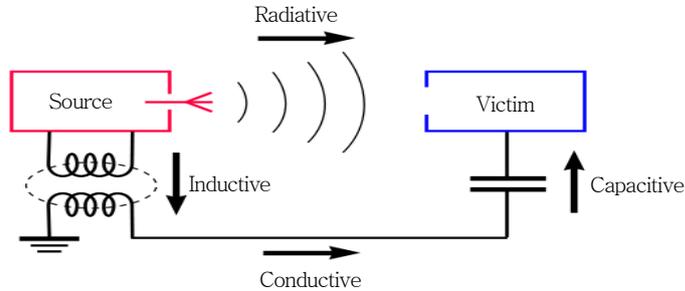
(그림 1) 고고도 전자기펄스 발생

상 무기로 적의 전자 장비를 마비시킬 수 있는 EMP 폭탄(E-Bomb) 등을 고려할 수 있으나 현재의 기술로는 핵폭발에 의한 것 보다 작은 규모의 전자기 펄스 밖에 발생할 수 없으며, 유효 반경은 수 100m 정도인 것으로 알려져 있다. 또한 미국이 개발을 진행하고 있다고 하지만 공식적으로는 실용화되고 있지 않다.

전자과양립성(ElectroMagnetic Compatability: EMC)이란 에너지가 유도되어 원치 않는 효과(전자과 간섭(ElectroMagnetic Interference: EMI) 등)에 대한 전자과 에너지의 비의도적 발생, 전파(propagation), 수신 등을 연구하는 과학(전기공학)의 일부분이다. EMC 관리 목적은 전자과 현상과 간섭 효과에 대한 완화(mitigation)를 사용하는 다양한 장비들이 동일한 전자과 환경에서 정확하게 동작하도록 하는 것이다. 방사 문제는 임의의 소스에 의해서 원치 않는 전자과 에너지의 생성과 그러한 생성 에너지를 줄이기 위해서 취해야 할 대응 방안 그리고 외부 환경으로 에너지의 방출 방지 등과 관련된다. 전자과 감응성(Electromagnetic Susceptibility: EMS) 또는 전자과 내성(ElectroMagnetic Immunity: EMI) 문제는 이와는 반대로 계획하지 않은 전자과 방해에 대해서 전기전자장비의 정확한 동작 능력을 말한다. 간섭 또는 잡음의 완화로 인한 전자과 양립성은 일차적으로 방사(emission) 및 면역(immunity) 문제로 설명하여 얻을 수 있다. 즉 잠재적인 희생대상(victim)을 간섭하거나 방해하는 원인 및 결합통로(coupling path)를 제거하는 것이다.

인해 접속된 전자기기 등에 과잉 전류를 흐르게 함으로써 반도체나 전자 회로에 손상을 주거나 일시적으로 오동작을 발생시킨다. 군사용 전자 장치에는 금속박 등으로 케이블을 차폐(Shield)하거나 과부하가 예상되는 부분에 반도체 대응으로 진공관을 사용하는 등 전자기 펄스에 대한 보호 조치가 되어 있다. 특히 폭격기와 핵미사일 등으로 스스로 발사한 핵폭탄에 의해서 폭발 후 파괴되지 않도록 보호 조치가 되어 있다.

원리적으로는 핵폭발을 일으키지 않더라도 콘덴서 등을 사용해서 전자기 펄스를 발생시킬 수 있다(High Power Electro Magnetic: HPEM). 그러므로 비파괴, 비살

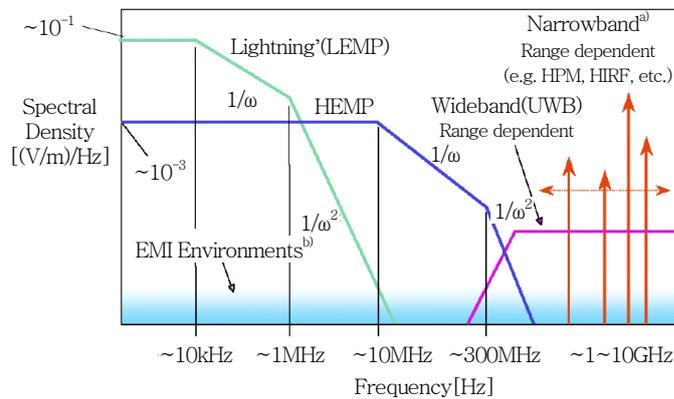


<자료>: IEC TR 61000-1-5, 2004.

(그림 2) 전자기간섭 결합 모드(4가지)

IEC(International Electrotechnical Committee)에서는 전자과 양립성에 관한 국제 표준화를 위해서 산하 기술위원회(Technical Committee: TC) 77에서 1981년부터 연구를 진행해 오고 있으며, 관련 표준 및 기술보고서 등을 출판하고 있다. 이 기술위원회 산하에는 3개의 분과 위원회(Sub Committee: SC)가 있으며, SC 77A에서는 저주파(9kHz 이하), SC 77B에서는 고주파(9kHz 이상) 그리고 SC 77C에서는 고전력 과도 현상(High Power Transient Phenomena)에서 대해서 각각 전자과 방사에 대한 전자과 양립성 표준을 연구하고 있다. 이들 위원회들은 다른 제품 표준 위원회(TC 81(낙뢰보호) 등)나 전자과장해특별위원회(CISPR)들과 협력하고 있으며, 특히 통신시설의 전자과양립성에 관해서는 ITU-T SG5와 긴밀하게 협력하고 있다.

전자기 펄스는 고전력 과도 현상의 일종이므로 SC 77C에서 연구하고 있다. 이 위원회는 1991년 11월에 구성되어 1992년 5월에 첫 회의를 개최하였으며, 고도에서의 핵 폭발에 의해 생성되는 전자계를 포함한 인공의 고전력(입사되는 피크 전자계가 100V/m를 초과) 과도 현상



<자료>: IEC TR61000-1-5, 2004.

(그림 3) 고전력 천이 현상 비교

에 따른 위협으로부터 민간 장비, 시스템, 시설을 보호하기 위한 전자과 양립성 분야의 표준화를 연구하고 있다.

오늘날 전자과 환경(Electromagnetic Environment)은 새로운 기술 및 산업 발전에 의해서 열악해지고 있으며, 특히 아래와 같은 원인에 의해서 강력한 영향을 받는다.

- 전력 및 마이크로전자 분야에서의 운용 주파수 증가
- 전기전자 및 무선통신 장비들의 증가로 밀집화(운용거리 감소)

일반적으로 전기, 전자제품과 시설들이 적정 레벨의 EMC 를 고려해서 설계되었다면 전자과 환경을 극복할 수 있다. 기술 추세에 따라 보다 높은 주파수 사용과 저전압을 사용하는 소형의 복잡한 제품들이 개발, 생산되고 있으며, 이는 성능을 증가시키고 전기적 에너지를 덜 소모한다. 이러한 기술 추세는 전세계 글로벌 시장에 의해서 추진되고 있으며, 많은 국가들은 고전력 과도 현상(HEMP, HPEM, IEMI 등)의 위협으로부터 민간 전기전자장비 및 시스템을 보호하기 위한 방안에 관심을 가지고 있다.

II. 고고도 전자기 펄스(HEMP) 개요[8], [9]

고고도 전자기 펄스(High-altitude ElectroMagnetic Pulse: HEMP)는 20km 이상의 고도에 서 핵 폭발로 생성된 일련의 전자기 파형으로 정의되며 지구 표면으로 전파된다. HEMP의 존재는 1960년대 초반에 알려졌는데 HEMP에 대한 이해를 위해 전자공학 분야에서 여러 해 동안 이에 대한 감응성(susceptibility) 연구가 증가되었으며, 민간 인프라(Infrastructure)의 일부 상용 장비 및 시스템에 대한 새로운 주제로 부상하였다. 또한 2004년에 출간된 미국 의회의 EMP (Electromagnetic Pulse)위원회 보고서에서 미국의 산업 인프라가 단일 고고도 핵폭발(High-Altitude Nuclear Explosion) 가능성에 대해서 취약하다는 연구 결과가 발표되었다. 냉전 종식에 따라서 대량 핵이용 가능성은 줄어들었으나 테러리스트들에 의한 제한적인 공격 가능성은 증가되었다. 이는 지금까지 HEMP의 위협 대상이 군사시스템이라고 생각되어 왔으나 반대로 민간 인프라가 HEMP 공격의 대상으로 바뀐 것을 의미한다. 최근 국내에서도 북한의 핵폭탄 및 미사일 개발 및 실험 등으로 HEMP 위협에 대한 대책이 제기되었으며, 이에 대한 군사 및 민간 시설 보호와 전자기 폭탄 등 방어무기 개발에 대해 많은 관심이 고조되었다.

미국 의회는 2003년에 미국에 대한 핵폭발에 의한 전자기 펄스 영향을 검토하기 위해 EMP 위원회를 구성하였다. 여기서 EMP란 말은 일반적으로 HEMP로 정의되는 것 보다 협의적으로 고고도 폭발에 의해 생성된 전자계를 포함하는 연구를 의미한다. 이러한 연구를 시작하기 위해

서 위원회는 과거에 수행된(주로 군사용 목적) HEMP 연구를 검토하였으며, 1962 년에 미국과 소련이 수행한 여러 가지 고고도 핵 시험 결과에 특별히 주목하였다. 또한 위원회는 인프라의 일부분인 현재 상용화 장비 및 시스템에 대한 HEMP 의 가능한 영향 평가를 위해 새로운 연구를 지시하였으며, 미래에 중대한 위협이 될 수 있으므로 이를 위해 광범위한 완화방법을 연구할 것을 권고하였다.

III. HEMP 실험 분석 결과[10]

1962 년 7 월 9 일 저녁에 미국은 스타피쉬로 잘 알려진 고고도 핵실험을 수행하였다. 이것은 사전에 공지되었으며 하와이 호놀룰루에서 공개적으로 관찰되었다. 미국 정부는 핵폭탄이 1.4 메가톤 용량이며 고도 400 킬로미터에서 폭발했다고 공개하였다. 이는 하와이로부터 800 해리(1400 킬로미터) 정도 떨어진 곳이다. EMP 위원회 보고서에는 이 당시 사진 한 장(그림 4)이 실려 있었는데 지상에서는 개개인에게 영향을 줄만한 직접적인 영향(섬광, 쇼크, 방사 등)은 없었으며, 일부 전기시스템이 전자계에 의해서 영향을 받았다고 기술하였다. 또한 보고서에는 일부 가로등이 꺼졌고 마이크로파 통신이 방해를 받았으며, 경보 알람이 오작동했다는 사실을 포함하고 있다.

이러한 시스템들에 대한 영향은 1962 년에는 매우 심각하지는 않았으나 전자장비에 사용되는 기술 수준이 그 이후 매우 많이 변화되어 취약한 환경으로 바뀌었다. 아날로그 기술에서 디지털 기술로, 메가헤르츠(MHz)에서 기가헤르츠 (GHz)로 운용주파수대역이 높아졌다. 또한 전자 회로 칩의 동작 전압이 전력 소모를 줄이기 위해서 매우 낮아졌다. 이런 변화는 전기전자 장비의 오동작 확률을 증가시키므로 HEMP 위협에 매우 취약하다.

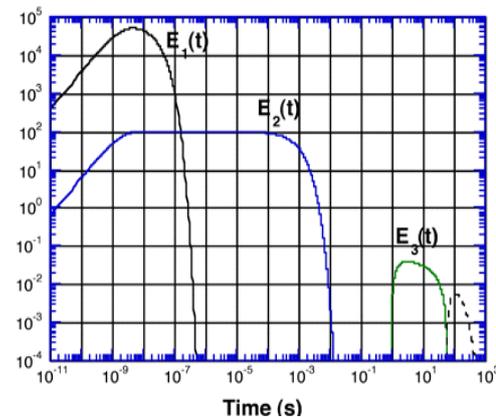


(그림 4) 스타피쉬 핵폭발 장면(호놀룰루에서 촬영)[10]

HEMP에 대한 전자장비의 취약성은 1962년 10월에 당시 소련이 카자흐스탄 상공에서 수행했던 세 번의 고고도 핵실험에 의해서도 확인되었다. 이 실험에서는 물리적 손상 및 전력선 절연파괴, 장거리통신(매설 및 나선) 두절, 디젤 전력시스템 파손, 레이더 시스템 손상 등을 포함한 많은 영향들이 전기시스템에서 발생하였다. 이는 해상보다 육지 상공에서 핵폭발이 일어날 경우에 더 큰 HEMP 영향을 받게 되는 것을 입증하였다. 최근에 러시아 과학자들이 분석한 결과에 따르면, 모든 상태에서 관찰된 시스템 영향은 장거리 금속선에 의한 HEMP의 상호작용에 따른 것이었다고 지적하였다. 이는 시스템으로 과도 전압 및 전류를 전도하였기 때문이다. 추후 러시아 과학자에 의해서 발표된 통신선 두절은 말기 HEMP에 의한 것으로 폭발 후 수십초 동안 지속되었다고 발표하였다.

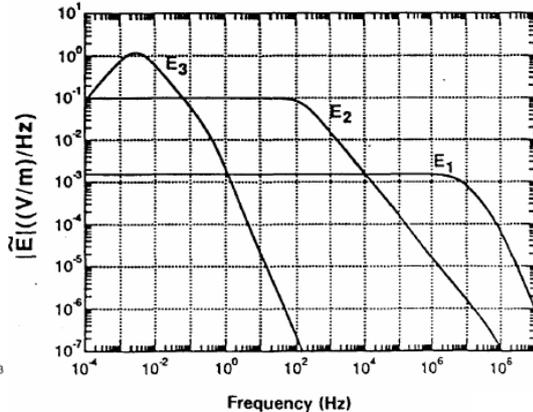
IV. HEMP 파형 분석[11]-[13]

HEMP는 단일 펄스로 기술되지 않고 나노초에서 수백초의 여러 파형으로 구성된다. 수년간의 연구 결과로 HEMP는 3가지 주된 파형으로 구성되며, 다양한 생성과정과 대기 구조에 따라서 발생하는 것이 확인되었다. (그림 5)와 (그림 6)은 IEC에 의해서 정의된 관련 주된 파형을 설명하고 있다. 초기(early-time) 파형은 그림에서 E_1 으로 표시되었으며, 중기(intermediate-time) 파형은 E_2 로 그리고 말기(late-time) 파형은 E_3 로 표시하였다. 이 세가지 파형의 펄스폭이 각각 약 100 나노초, 1 밀리초, 10 초 정도이다. (그림 5)에서 각 파형의 피크 값은 각각 50kV/m(E_1), 100V(E_2), 40V/km(E_3)이다. 이 파형들의 중요한 특성은 지구의 매우 큰 면적(수백만 평방킬로미터 정도)을 동시에(광속으로 전파) 노출시킨다는 것이며, 이는 각 특성이 인식되



<자료>: IEC 61000-2-9

(그림 5) HEMP 파형분석(시간대 전계강도)



(그림 6) HEMP 파형분석(주파수대 전계강도)

는 한 일련의 단일 점 특성을 극복하도록 설계된 전력선 통신망과 같은 대규모 통신망에 특별한 어려움을 만든다. 예를 들면 단일 고고도 폭발은 전력의 한 사이클($1/60\text{Hz}=16.7$ 미리초) 동안에 미국 미시시피 강 동부 대부분을 HEMP의 위협에 전력망을 노출시키게 된다.

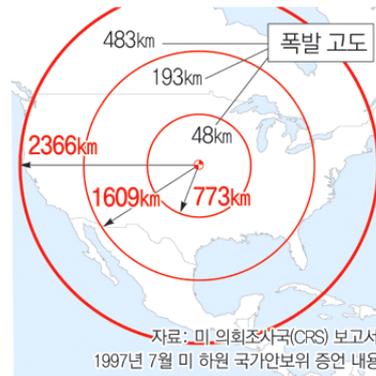
전체 전자계 파형은 일부 전자시스템에는 직접적인 위협을 주지만 E_2 와 E_3 파형이 포함된 HEMP는 파장(수백미터에서 수백킬로미터)이 매우 긴 장거리 선로에 접속된 시스템에만 관계한다. 초기 E_1 파형은 컴퓨터와 같은 장비의 외부 케이스에 있는 구멍을 통해서 직접 침투한다는 점에서 다소 다르며, 회로보드 레벨에서 중대한 전류 및 전압을 유도한다. 이 전압은 장비 케이스의 차폐 효과에 따라서 손상을 주며 장비에 오동작을 야기시킨다. 초기 HEMP 파형은 쉽게 장비에 부착된 전력선, 신호선 등과 같이 짧은 도선과 결합하여 큰 전류와 전압을 유도해서 장비 내부로 전도된다.

E_1 파형에서 전자계는 정전기 방전에서 발생된 것과 매우 흡사하다. ESD(Electrostatic Discharge)계는 마이크로미터에서부터 10cm까지의 거리에서 약 10kV/m이다. 또한 상승(rising time) 시간은 0.7 나노초이며 펄스폭은 30 나노초이다. 자연에서 관찰되는 전도 천이에서 대부분의 장비는 전기적으로 빠른 과도 파형에 노출되는데, 이는 주로 전기 변전소에서 발생되며 전력망을 통해서 공장이나 가정으로 전파된다. 이러한 대표적인 EFT(Electric Fast Transient) 파형은 피크레벨이 약 4kV에 다다르며, 5 나노초 동안에 상승해서 전자장비의 위치에서 50 나노초 동안에 감쇠된다.

E_2 파형은 낙뢰에 의해 생성된 전자계와 파형이 비슷하며 낙뢰지점 근처에 전계강도가 100kV/m 레벨에 이른다. 그러나 이 전자계는 낙뢰지점으로부터 급속하게 감소된다. 펄스폭은 양전 낙뢰에서 약 100 마이크로초에서 1 밀리초 정도된다. HEMP의 E_2 전계강도는 매우 낮으나 거리에 따라서 크게 변화하지 않는다. E_2 전자계는 매우 긴 전력선이나 통신선에 문제를 일으킬 가능성이 있다.

E_3 HEMP 파형은 지자기 폭풍에 의해서 만들어진 전자계와 같이 수초에서 수백초까지 지속된다. 큰 지자기 폭풍은 1V/km 정도의 전자계를 생성할 수 있으며, 이 레벨은 1989년 3월 13일에 퀘벡 수력전력회사에서 경험했던 지역적 전력망 정전을 일으킬 수 있다.

전자기파(EMP) 무기 폭발 고도에 따른 피해 예상지역



(그림 7) 폭발 고도에 따른 피해 면적[9]

세 가지 HEMP 파형을 자연적 방해와 등가적으로 비교할 때, E_1 과 E_3 HEMP 파형 피크 값은 자연 노출 레벨보다 크기가 매우 더 크다. 일반적으로 전자장비는 ESD(ElectroStatic Discharge)와 EFT 위협을 견디도록 보호를 요구하며 표준화된 고주파 EMC 시험을 수행한다. 하지만 표준 EMC 시험 레벨은 E_1 HEMP 에 의해서 생성되는 레벨보다 매우 낮다. E_3 HEMP 에 의해서 전력 그리드가 매우 큰 지자기 폭풍 위협에 의해 붕괴되며 이때 매우 높은 피크 레벨을 갖게 된다. 그러므로 큰 규모의 지자기 폭풍에 대한 보호는 어려우며, 현재에는 일부 전력 그리드 운용자에 의해서 완전하게 구현될 수 없다.

ITU-T 에서는 HEMP 및 HPEM 으로부터 통신 시설을 보호하기 위해서 권고 K.78 과 K.81 을 제정하였다. 일반적으로 E_1 과 E_3 HEMP 에 대한 보호를 위해서 IEC 61000 계열 표준을 준용하고 있으며, E_2 의 경우에는 LEMP(Lightning Electromagnetic Pulse)에 대한 표준인 IEC 62305 계열 표준을 준용하고 있다.

V. 고전력전자기(HPEM) 현황[14]

고전력전자기(High Power ElectroMagnetics: HPEM)란 전기전자 시스템에 손상을 주거나 파괴시킬 수 있는 고밀도의 전자계 방사나 전도 전압/전류를 발생시키는 영역 또는 기술을 말한다. 지난 30 여년 동안 전기전자 시스템과 장비에 대한 HEMP 의 효과를 이해하고 완화하는데 중대한 진전이 있었다. 최근 IEC 연구를 통해서 HEMP 의 특성에 대한 초기 기고서로부터 시작해서 HEMP 보호를 위한 표준 개발이 지속되어 왔으며, 시스템을 보호하기 위한 설계 및 보호 방법에 대한 명확한 가이드라인이 정리되었다. 이러한 HEMP 보호 가이드라인이 군용시설 건설에도 인용되고 있으며 HEMP 환경을 위한 실험 시설 및 절차도 개발되었다. 또한 다양한 전자파 환경 즉 초광대역(Ultra Wide Band: UWB)과 SP(Short Pulse) 환경, 협대역 고전력 마이크로파 환경 등 수 GHz 정도까지 확장되는 운용 주파수 스펙트럼을 갖는 환경이 개발되고 있다. 이러한 신호들은 고전력 전도 전류 및 전압을 모두 가지며 집합적으로 고전력전자기(HPEM) 환경이라고 한다. 최근에 대부분의 전기전자 회로와 시스템 설계에 디지털 장치가 사용되고 있기 때문에 새롭게 HPEM 환경을 포함시켜서 시스템 보호 개념에 대한 사고를 확장해야 할 필요성이 있다.

IEMI(Intentional Electromagnetic Interference)는 테러나 범죄 목적을 위해서 전기 전자 시스템에 잡음이나 신호로 도입되는 전자기 에너지를 악의적으로 생성해서 이 시스템이 방해를 받거나 혼란을 일으키며 손상을 받게 한다. 이러한 장비들은 주파수 범위가 200MHz~5GHz 에

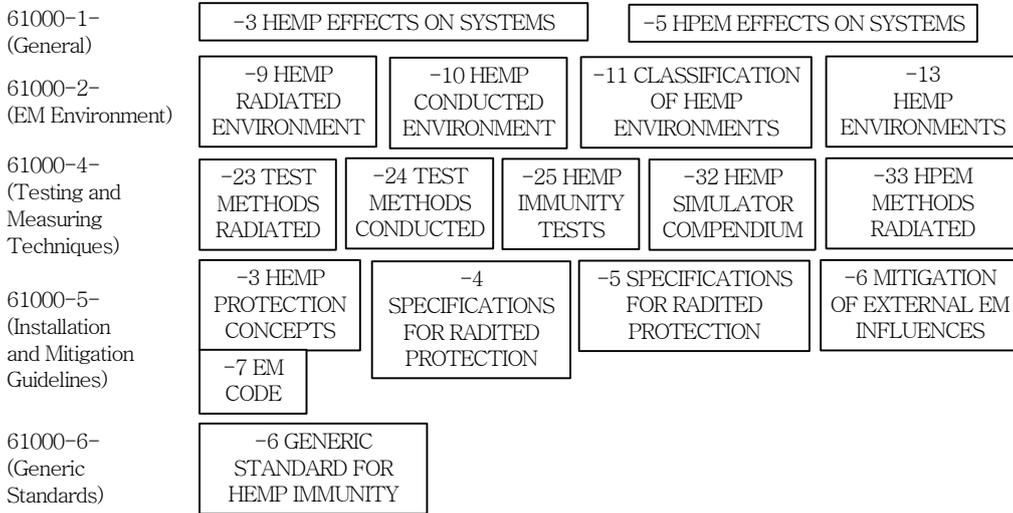
서 충분히 밀도 높은 전자기 신호에 의해서 전자 시스템에 고장과 손상을 야기할 수 있도록 잘 구성되어 있다. 전자 시스템에서 이러한 유도 효과를 일반적으로 의도적 전자기 간섭(IEMI)이라고 한다. 이러한 IEMI 는 주파수 커버리지에 기초해서 위협에 따라 4 등급으로 의도적 전자기 환경을 분류할 수 있다(그림 3) 참조). 이미 사용하고 있는 IEME(Intentional Electromagnetic Environment)를 분류하는 방법은 저, 중, 고기술 시스템으로 전자기 환경을 생성하는데 포함된 기반 기술의 복잡 레벨에 기초할 수도 있다. 또한 IEME 를 목표 시스템에 주는 효과에 의해서 분류하기도 한다.

IEMI 효과는 순간적인 시스템 기능 상실에서 부품 손상에 따른 시스템의 파괴까지 범위 내에 있다. 전자 시스템에 가장 영향을 많이 주는 일반적인 전자기(ElectroMagnetic: EM) 환경은 자연적으로 발생하는 낙뢰이다. 낙뢰 활동이 많은 지역에서는 서지(Surge) 보호 장치와 피뢰침 설치가 일반화되어 있다. 또한 일부 국가에서는 많은 군용 시설 및 일부 민간 시스템(핵발전소, 통신시설 등)에 고고도 전자기 펄스(HEMP) 효과에 대한 손상을 보호하고 있다. 현재 부상하고 있는 고전력전자기(HPEM) 환경은 시스템을 의도적으로 방해하는데 사용되고 있으므로 시스템 보호에 관심을 가져야 한다.

다양한 EM 환경을 정성적으로 설명하기 위해서는 (그림 3)과 같이 주파수 함수에 대한 입사 전계에 대하여 스펙트럼 크기를 비교해서 나타낼 수도 있다. 이 그림에서 자연적인 낙뢰의 연속적 스펙트럼과 HEMP 스펙트럼 그리고 초광대역 EM 펄스 환경으로부터 고주파수 광대역 스펙트럼을 나타내었다. 초광대역 EM 펄스 환경은 연속적인 스펙트럼과 고전력 마이크로파(High-Power Microwave: HPM) 환경으로 불리는 다양한 협대역 신호들을 포함한다.

VI. HEMP 표준화 동향[15]-[21]

IEC 의 TC 77 에서 개발한 EMC 표준(기본, 일반사항, 제품 표준)은 다른 제품표준(product standard) 위원회와 국제적 및 지역적 표준화 기구에서 가장 광범위하게 사용되는 표준이다. TC 77 에서 개발된 표준의 직접 고객은 EMC 전문가와 IEC 제품표준 위원회이다. 즉, 전기전자 제품을 제조하고 사용하는 모든 산업이며, 이 표준들은 지역 또는 각국의 EMC 규제를 위한 기본이 된다. TC77 에서 준비된 EMC 표준의 필요성은 소위 EMC 지침서라는 유럽연합 지침서에서의 참조 증가로 알 수 있다. 대부분의 IEC EMC 표준은 CENELEC(European Committee for Electrotechnical Standardization)에서 병행하여 투표가 행해진다. TC77 은 전세계 여러 지역에서 현재 광범위하게 사용되고 있는 기본 EMC 표준과 특히 저주파수 대역에서 방사 기준을



(그림 8) IEC SC77C에서 개발한 표준[6]

제공하고 있다. 관심과 영향 있는 분야는 국가 위원회(P 회원)을 통해서 제공된다. 추가적인 회합, 특히 IEC 외부 기구와의 회합은 ACEC(전자과 양립성 자문위원회; Advisory Committee on Electromagnetic Compatibility)를 통해서 수행되고 있으며, 이러한 기구들에서 TC77 기본 표준 사용이 증가하고 있다.

기술의 융합화를 고려할 때 기본 표준의 분야에 있어서 ISO와의 협력이 산업체를 위해서 더 유익할 것이다. 비록 가장 중요한 표준(IEC Guide 107 등)은 최근에 완료되었지만 TC77에 의해 포함되는 분야는 표준화 영역을 개발 중에 있으며, 이는 장비와 시스템에 간섭을 줄 수 있는 새로운 전자기 서비스 부상에 따른 것이다. IEC에서는 전기전자 분야의 EMC 시험에 대한 새로운 활동 영역을 만들 계획이다. 이는 시장의 중요한 요구이다. 부가적으로 전력산업의 분할로 전력 품질 파라미터 측정 방법과 장비 측정에 대한 표준 요구가 증가되고 있다. 이것은 전기 규제 기관들이 TC77에서 개발된 표준을 인정하고 이를 활용하기 때문이다.

기술적인 발전 추세인 전자와 통신장비의 사용 증가와 소형화는 아래와 같은 사항들을 고려하도록 TC77에 요구한다.

- 세계적으로 사용되는 시험 방법과 제품 위원회에 사용하는 시험 방법을 조화화해서 비용을 절감
- 전자파방해가 존재해도 장비의 신뢰적 운용
- EMC 요구사항을 조화화해서 무역장벽 제거

- 지역적 규제에 적합화 필요

냉전(Cold War) 동안에 여러 유럽 국가들은 유럽에서 고고도 핵폭발 가능성과 민간 인프라 손상에 대해서 관심을 가졌다. 이들 국가는 HEMP로부터 전자시스템 보호를 위한 표준을 작성하기 위해서 IEC 로 자리를 옮겨서 TC 77 산하에 SC 77C(고전력천이현상: High Power Transient Phenomena))를 구성하고 1989년부터 HEMP 위협(threats)으로부터 민간 시스템을 보호하는 방법 표준 및 보고서를 출판해오고 있다. (그림 8)은 IEC SC 77C에서 현재까지 제정한 전체 표준을 나타낸다. 오렌지색으로 나타낸 표준은 HPEM 측면을 다루고 있으며 의도적 EMI 을 포함한다. 이외의 표준들은 HEMP 를 다루고 있으며, 일부 표준은 다른 많은 종류의 EM 과도 현상의 일반적 사항인 완화(mitigation)와 보호/방호(protection) 문제를 다룬다. 현재까지 SC 77C에서 개발한 표준은 시스템에 대한 HEMP 효과(IEC 61000-1-3), 생성되는 방사 및 전도 HEMP 환경의 다양한 형태(IEC 61000-2-9, -10, -11), 장비 또는 시스템의 HEMP 면역(감응성)을 점검하기 위한 다양한 시험 방법(IEC 61000-4-23, -24, -25, -32), 고밀도 전자계를 위한 일반적인 보호방법(IEC 61000-5-3, 4, 5, 6), 다양한 형태의 빌딩 내부에서 전자장비를 보호하기 위한 일반적인 HEMP 표준(IEC 61000-6-6)을 포함한다. 추가적으로 현재 연구 진행중에 있으며, 최근에 HEMP에 대한 분산 인프라 시스템 보호를 위한 방법(61000-5-8)과 민간 시스템의 HEMP 및 HPEM 평가(61000-5-9) 가이드라인이 표준화되었다.

VII. 결론

HEMP에 의한 전자기 방해는 1960년대에 핵실험에 의해 우연히 발견되었으며, 미국과 소련은 1963년에 부분적 핵실험 금지 조약(Treaty Banning Nuclear Weapon Test in the Atmosphere, in outer Space and under Water)이 발효되기 전까지 수십 회 이상의 핵실험을 통해서 전자기 펄스에 대한 정보를 수집하였고 이에 대한 원인 및 영향을 규명하였다. 전자기 펄스에 대한 연구는 미국과 소련을 중심으로 특히 군사용 목적으로 비공개적으로 수행되어 왔으나 냉전 종식 후에는 중국 및 유럽 등이 가세해서 전자기 펄스 시뮬레이터를 활용한 활발한 연구를 진행하였고 이러한 결과는 IEC 표준에 반영되었다. IEC에서는 전자기 펄스에 의한 영향으로부터 민간 전기전자시스템을 보호하기 위한 보호 방법 및 측정방법 표준을 개발하고 있다. 그러나 대부분의 국가들은 보다 구체적으로 전자기 펄스로부터 관련 시설들을 보호하기 위한 표준을 원하고 있으므로 IEC에서는 이에 대한 표준을 계속해서 개발할 계획이다.

전자기 펄스에 대한 관심은 핵폭탄에 대응하는 전자기폭탄 개발 및 군사시설 보호 목적뿐 만

아니라 낙뢰 방지, 전기전자시설 보호 등으로 과급되고 있다. 전세계적으로 전자기기나 컴퓨터 기술을 기반으로 한 급속한 정보 사회화는 전자기 펄스 영향에 매우 취약하다. 2004 년에 발표된 미국 의회의 EMP 위원회 보고서[8],[10]에서는 미국의 중요한 인프라(Infrastructure) 모든 부분에 대한 HEMP 영향을 검토하였으며, 대부분의 인프라가 전자기 펄스에 취약하다고 평가하였다. 특히, 전력시스템 및 통신시스템이 매우 취약하며 이는 다른 주요한 인프라 즉 운송, 금융 서비스, 긴급 서비스, 에너지 송유, 식료품 배송 등에 막대한 과급 효과가 있다고 결론을 내리고 이에 대책을 마련할 것을 지시하였다. 그러나 전자기 펄스에 의한 위협은 너무 의도적이거나(전자기 폭탄 등) 자연적이므로(낙뢰, 지자기 폭풍 등) 이에 대한 대비는 비현실적인 면이 있기 때문에 HEMP 위협을 완화하기 위한 노력을 책임지고 이끌 주체가 불명확하다. 그러나 유사시 전자기 펄스는 명확히 국가적으로 치명적인 결과를 가져올 수 있으며, 이를 해결하기 위한 접근방법 중 하나로 전자기 펄스에 관련된 정부기관, 제조업자, 인프라 운용자들이 서로 정보를 공유할 수 있는 전자기 펄스 문제들을 다루는 표준 개발에 참여할 것을 제안하고 있다.

<참 고 문 헌>

- [1] U.S. Army White Sands Missile Range, Nuclear Environment Survivability. Report ADA278230. Page D-7. 15 April 1994.
- [2] Kopp, Carlo, The Electromagnetic Bomb-A Weapon of Electrical Mass Destruction, Air Chronicles Paper, USAF CADRE Air Chronicles, October 1996.
- [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_pulse
- [4] http://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_compatibility
- [5] WILLIAM A. RADASKY, High-Altitude Electromagnetic Pulse(HEMP): A Threat to Our Way of Life, <http://www.todayseengineer.org/2007/Sep/HEMP.asp>
- [6] Richard Hoad, William A. Radasky, "Progress in IEC SC 77C High-Power Electromagnetics Publications in 2009", 2010 Asia-Pacific International Symposium on Electromagnetic Compatibility, April 12 - 16, 2010.
- [7] William A. Radasky, Progress in IEC SC 77C High-Power Electromagnetics Publications in 2009, the Fifth Asia-Pacific Conference on Environmental Electromagnetics, September, 2009.
- [8] W. R. Graham, "Commission to Assess the Threat from High Altitude Electromagnetic Pulse (EMP): Overview," Briefing to the U. S. House of Representatives, Committee on Armed Services, 22 July 2004.
- [9] 신성택, [북한 핵무기의 변종 시리즈 <6>]:반세기에 걸쳐 연구 개발된 변종 핵탄 - EMP 폭탄(3), http://www.newshankuk.com/news/news_view.asp?articleno=j2008120315165795082&ng=a01,

December 03, 2008.

- [10] “Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack,” Vol.I: Executive Report, 7 April 2004.
http://www.globalsecurity.org/wmd/library/congress/2004_r/04-07-22emp.pdf
- [11] IEC 61000-2-9, “Electromagnetic Compatibility(EMC)-Part 2: Environment-Section 9: Description of HEMP Environment-Radiated Disturbance,” International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, February 1996.
- [12] ITU-T Recommendation K.78(2009), High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centers(2009), High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems, November, 2009..
- [13] ITU-T Recommendation K.81(2009), High-power electromagnetic immunity guide for telecommunication systems, November, 2008.
- [14] IEC/TR 61000-1-5, Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 1-5: General-High-power electromagnetic(HPEM) effects on civil systems, 2004.
- [15] IEC/TC 77, SMB/4177, Strategic Business Plan(SBP), January, 2010.
- [16] Department of Defense(DoD), MIL-STD-188-125-1, High-altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Ground-based C4I Facilities Performing Critical Time-Urgent Missions, 17 July, 1998.
- [17] IEC/TR 61000-1-3, Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 1-3:General-The effects of high-altitude EMP(HEMP) on civil equipment and systems, 2002.
- [18] IEC/TR 61000-4-35, Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 4-35: Testing and measurement techniques High-power electromagnetic(HPEM) simulator compendium, 2009.
- [19] IEC/TS 61000-5-8, Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 5-8: Installation and mitigation guidelines HEMP protection methods for the distributed infrastructure, 2009.
- [20] IEC/TS 61000-5-9, Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 5-9: Installation and mitigation guidelines System-level susceptibility assessments for HEMP and HPEM, 2009.
- [21] IEC 61000-6-6, Electromagnetic compatibility(EMC)-Part 6-6: Generic standards-HEMP immunity for indoor equipment, 2003.

* 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 NIPA의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.