



# 고출력 전자기파 표준 현황 및 동향

## I. 개요

전기·전자기술의 비약적 발전과 더불어 이를 기반으로 한 첨단 정보통신기술(ICT)을 이용하여 현대 사회를 구성하는 많은 시설, 특히 국가 주요 인프라(critical infrastructure)들이 원격으로 제어되거나 자동으로 운용되고 있는 실정이다. 또한 국가행정망을 포함한 전력망, 통신망, 교통망 등 대부분의 국가 주요 인프라는 <그림 1>에서와 같이 상호 긴밀하게 연계되어 운용되고 있는 실정이고, 이러한 상호 연계성은 향후에도 확대·강화될 전망이다. 이와 같이 ICT 기반으로 긴밀한 상호 연계 네트워크가 구축된 상황에서 어느 한 분야에서의 시스템 오동작이나 고장이 발생할 경우 그 피해는 해당 분야뿐만 아니라 다른 분야에도 영향을 주게 되어 상당한 경제적 피해가 발생할 수 있으며, 나아가서 국민들에게도 상당한 불편함이나 심각하게는 인명 피해를 초래할 수도 있다.

국가의 주요 인프라에 심각한 영향을 줄 가능성이 높은 있는 위협 요인 중 하나로 고출력 전자기파(high power electromagnetics)가 있으며, 전력망, 통신망 등 국가 주요 기간 망과 더불어 원자력 발전 시설과 같은 주요 국가 시설에 대해 고출력 전자파에 대한 방호 평가 및 대책기술에 대한 관심과 요구가 높아지고 있는 실정이다.

현재 민수용 주요 시설은 물론 전기·전자 및 통신 장비에 대해 고출력 전자파 내성시험에 대한 요구가 국내외적으로 전혀 이루어지지 않고 있으며, 단지 개별 기기 상호간의 전자파장해 방지를 위해 전자파적합성(EMC) 시험만을 적용하고 있다. 또한 군용 장비에 대해서도 MIL 규격(MIL-STD-461F, MIL-STD-464A 등)에서 민수용 기기보다 엄격한 내성 규격을 적용하고 있으나 여전히 의도성 전자파장해(Intentional Electromagnetic Interference: IEMI)를 포함



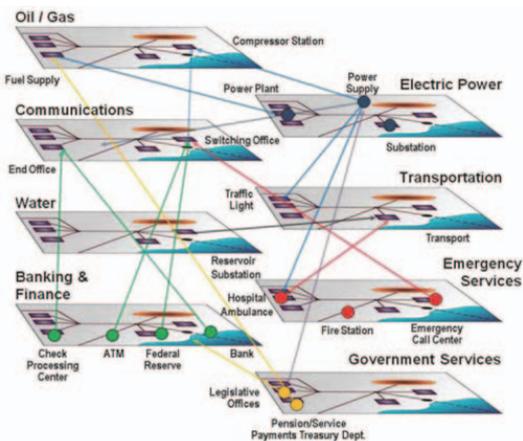
권 종 화  
한국전자통신연구원  
(ETRI) 전파기술연구부  
전자파환경연구실

한 고출력 전자파에 대한 내성은 고려되고 있지 않은 실정이다. 미국, 러시아, 일본, 독일, 영국, 스웨덴, 노르웨이 등 각 국가에서는 HEMP는 물론 HPEM/IEMI에 대한 방호 대책 관련 지침 및 실무 매뉴얼을 가지고 있는 것으로 알려져 있으나 대부분이 각국의 군사 보안과 관련된 부분이 많고, 관련 기술기준 등이 비밀 문서(Classified document)로 분류되어 확인이 불가능한 경우가 많다. 국내에서도 군용 시설과 더불어 민간간의 주요 시설 및 기기에 대해 고출력 전자기파에 대한 내성을 확보하고 안정적인 인프라 유지를 위한 표준 및 기술기준 제정 등 다양한 노력을 추진하고 있는 것으로 알려져 있다.

본 고에서는 고출력 전자기파 관련 표준 현황 및 동향에 대해 소개하고자 한다.

## II. 고출력 전자기파 정의

고출력 전자기파라 함은 고고도 핵 전자기파와 고출력 비핵 전자기파를 총칭하며, 고출력 전자기파 펄스는 강력한 에너지를 가진 순간적인 전자기 충격파로, 전자기기의 오동작 또는 물리적 파괴를 유발하는 것으로 EMP의 종류는 핵 폭발에 의해 발생하는 핵(nuclear)

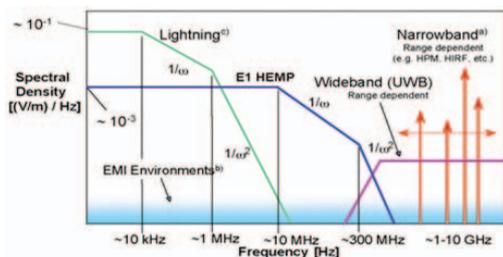


〈그림 1〉 주요 인프라의 상호 연계 운용성 개념도

전자파 펄스(EMP)와 핵 이외의 원인에 의해 발생하는 비핵 (non-nuclear) 전자파 펄스(EMP)로 구분한다. 고고도 핵 전자기파(High Altitude Electromagnetic Pulse: HEMP)는 지상 30 km 이상에서 핵폭발에 의해 생성되는 펄스형 전자기파를, 고출력 비핵 전자기파(High Power Electromagnetics: HPEM)은 정보기기를 손상시키거나 오동작을 유발할 수 있는 의도적으로 복사·전도된 전자기파를 각각 의미한다. 일반적으로 HEMP인 경우 고고도 핵폭발 때문에 발생하는 전기장의 세기는 넓은 범위에서 거의 일정(약 50 kV/m)한 반면, IEMI/HPEM의 경우에는 전기장의 세기가 발생원의 출력뿐만 아니라 피해 대상 기기까지의 거리에 의해서도 결정된다. HEMP는 약 500 MHz 이하의 비교적 낮은 주파수대역에서 광대역 특성을 가지는 반면, IEMI/HPEM과 같은 비핵 전자파 펄스의 경우에는 발생원의 형태에 따라 500 MHz 이상에서 협대역 혹은 광대역 특성을 가진다. 〈그림 2〉에서는 고출력 전자기파와 기존 전자파장해(EMI)의 특성을 비교하였다.

## III. 표준 현황 및 동향

HEMP를 포함한 핵 전자파펄스(EMP) 관련 표준은 미국 국방부에서 발행하는 표준에 자세히 기술되어 있으며, 미군 표준을 근거로 하여 우리나라를 비롯한 많은 국가에서 자국의 표준 혹은 관련 기술기준을 제정하여 활용하고 있는 것으로 알려져 있다. 민간 부분에서



〈그림 2〉 고출력 전자기파(HEMP/HPEM) 주파수별 특성 비교

고출력 전자기파 표준을 다루는 국제 표준화는 국제전 기기술위원회(IEC)가 대표적이며, IEC에서는 군용 표준과 기존의 전자파적합성(EMC) 표준을 근거로 하여 1980년대부터 고출력 전자기파에 대한 표준을 제정하고 있다. 본 절에서는 고출력 전자기파 표준 현황 및 동향에 대해 기술한다.

### 3.1 군용 표준

고출력 전자기파 펄스에 대한 기기 및 시스템을 포함한 방호시설의 규격이나 성능 평가와 관련해서는 미국의 MIL 규격이나 유럽의 NATO 규격의 경우 군용 장비 및 시설에 대해 HEMP에 대한 환경 분석이나 방호대책 기술들에 대한 규격이 발행되어 있으나, 최근 문제가 되고 있는 HPEM를 포함한 IEMI에 대한 규격은 미비한 실정이다.

전자파적합성(EMC)를 포함한 고출력 전자기파 펄스 관련 주요 미군 규격은 아래와 같다.

- MIL-STD-188-125-1/2 (1998), HEMP Protection for Ground-based C<sup>4</sup>I Facilities Performing Critical, Time-urgent Missions
- MIL-HDBK-423, High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Fixed and Transportable Ground-based C<sup>4</sup>I Facilities(classified)
- MIL-STD-461F (2007), Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment
- MIL-STD-464C (2010), Electromagnetic Environmental Effects requirements for Systems
- MIL STD 1310H (2009), Shipboard Bonding, Grounding, and Other Techniques for Electromagnetic Compatibility,

Electromagnetic Pulse (EMP) Mitigation, and Safety

- MIL STD 2169B (2012), High Altitude Electromagnetic Pulse Environment

특히, HEMP에 대한 시설에 대한 방호 규격으로 미군에서 사용되고 있는 MIL STD 188 125-1/2 규격은 미국은 물론 우리나라를 비롯한 많은 국가에서 적용하고 있는 규격으로, 방호 시설에 적용되는 설계 기술과 더불어 Shielding Effectiveness, Pulsed Current Injection, 그리고 Continuous Wave Immersion 등 방호 성능에 대한 평가방법과 허용기준 등을 기술하고 있다.

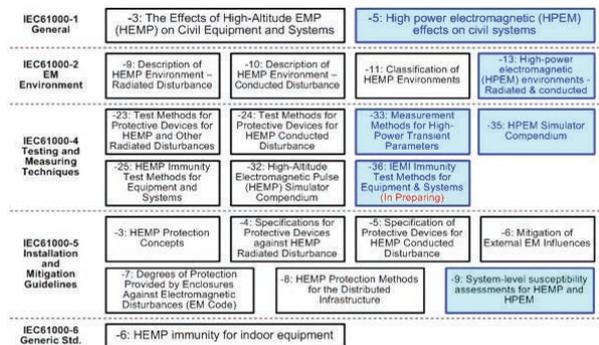
**IEC/TC77 산하 SC77C에서 고고도 핵폭발을 비롯하여 인위적인 고출력 과도 현상에 대한 위협으로부터 민수용 기기, 시스템 및 시설을 보호하기 위한 방호 성능평가 및 보호 대책 관련 표준화를 담당**

### 3.2 민간 표준

고출력 전자기파에 의한 민수용 기기 영향 평가 및 방호 대책기술과 관련해서 IEC 산하의 TC77에서 1980년대부터 활발히 진행되어 왔으며 최근 ITU-T 및 IEEE와 같은 국제 표준화 기구에서도 상용 장비 및 시설에 대한 평가 방법 등에 대한 표준을 현재 제정 중이다.

#### 1) IEC 표준

IEC에서 고출력 전자기파에 대한 표준을 담당하는 위원회인 TC77 산하 SC77C에서는 고고도 핵폭발에 의한 전자기장을 포함한 인위적인 고출력 과도 현상에



〈그림 3〉 IEC/TC77에서 발행된 HEMP 및 HPEM 관련 표준

의한 위협으로부터 민수용 기기, 시스템 및 시설을 보호하기 위한 전자파적합성 분야에서의 표준화를 담당한다. IEC에서는 EMC 표준과의 차별화와 더불어 다양한 실험 결과를 기반으로 100 V/m를 초과하는 침투치 전기장을 고출력 전자기파로 정의하고 있다.

1989년부터 HEMP에 대한 민수용 시설 및 전기·전자기기 내성평가 및 보호대책 관련 표준을 제정하여 현재 거의 완료된 상태이며, 1999년 6월부터는 IEMI를 포함한 HPEM에 대한 내성평가 및 보호 관련 국제 표준을 제정하고 있다. IEC에서는 고출력 전자기파 관련 20개의 표준을 발행하였으며 현재 기기 및 시스템에 대해 IEMI 내성평가 방법에 대한 신규 표준(IEC61000-4-36)을 제정 중에 있다. IEC TC77에서 제정한 고출력 전자기파 관련 표준 및 기술보고서는 <그림 3>과 같다.

현재 IEC SC77C에서는 HEMP의 복사성/전도성 방해에 대한 보호장치의 시험방법을 다루는 표준인 IEC61000-4-23과 24를 개정하기 위한 프로젝트가 진행 중이다. IEC61000-4-23 관련 프로젝트에서 기존의 차폐효과 측정방법의 비효율적인 문제점을 해결하기 위해 송신안테나를 차폐실 내부에 위치시키고, 수신안테나를 차폐실 외부에 위치시키는 방법에 대해 논의되고 있으며, IEC61000-4-24 프로젝트에서는 보호소자와 필터가 결합된 형태의 조합형 필터에 대한 측정방법을 표준에 반영하기 위한 논의가 진행 중에 있다. 또한 민수용 기기 및 시스템에 대해 의도성 전자파장해(IEMI) 내성 시험방법에 대한 표준을 신규로 제정하기 위한 프로젝트가 진행 중에 있다.

## 2) ITU-T 표준

ITU-T SG5에서도 통신시설 및 시스템에 대해 고출력 전자기파에 대한 내성 확보를 위한 권고서를 IEC 관련 규격을 근거로 마련하여 제공하고 있다. ITU-T에서 제정한 고출력 전자기파 관련 권고서는 <표 1>에 서와 같다.

### ITU-T SG5에서도 통신시설 및 시스템에 대해 고출력 전자기파에 대한 내성을 확보하기 위한 권고서를 IEC의 관련 표준을 근거로 마련하여 제공

ITU-T SG5에서는 2005년부터 HEMP 및 HPEM 등 고출력 전자파펄스 공격에 의한 전기통신시설 및 데이터 센터의 보호 지침을 다루는 권고안을 제정하고 있으며, 전자파 위협 정의, 측정평가 기술 및 방호기술 등에 대해서는 IEC TC77C 표준을 준용하고 있다.

ITU-T K.78 권고서는 고고도 핵 전자기파(HEMP)로 인한 손상 및 파괴로부터 교환, 유·무선 통신 및 신호 전송, 그리고 전력 분배를 위해 통신센터 내에서 사용되는 기기의 보호에 대한 지침을 제공한다. HEMP에 대한 통신센터 내 기기의 내성은 빌딩과 기기 합체의 고유 내성, 서지보호기를 이용한 서지 완화, 빌딩이나 기기에 적용된 전자파 차폐의 조

합에 의해서 결정된다. 본 표준에서는 각 항목에 대한 내성 기여도를 설명하고 내성 시험방법 및 시험 레벨을 정의한다. ITU-T K.81 권고서는 의도성 전자파장해(IEMI)를 포함한 HPEM에 의해 초래되는 위협 레벨에 대해 정의하고, 고출력 전자기파에 대한 통신센터 내 기기 및 시스템의 취약성에 대해 기술한다. 또한, 고출력 전자기파에 의한 위협이 통신시스템에 미치는 영향을 최소화하는 데 사용될 수 있는 물리적인 보안 조치의 마련에 대한 지침을 제시한다. ITU-T K.81에서 고려되는 HPEM 발생원은 IEC 61000-2-13에서 제시하는 정보를 근거로 하였다. 한국정보통신기술협회(TTA)에서는 ITU-T K.78과 K.81 권고서를 근거로 하여 통신시설에 대한 HEMP 및 HPEM 내성 지침 관련 표준을 제정하였다.

<표 1> ITU-T SG5 담당 고출력 전자기파 펄스 관련 권고서

번호	표준명	발행일
ITU-T K.78	High altitude electromagnetic pulse (HEMP) immunity guide or telecommunication centers	2009. 6. 1
ITU-T K.81	High-power electromagnetic (HPEM) immunity guide for telecommunication systems	2009. 11. 1
ITU-T K.84	Test methods and guide against information leaks through unintentional EM emissions	2011. 1. 1



### 3) 기타 표준

IEEE EMC Society 산하 기술위원회인 TC5(High Power Electromagnetics)에서 모든 전기기기 및 시스템에 대한 모든 형태의 고출력 전자기파에 의한 위협을 다루고 있으며, 현재 IEMI (EM Weapon)으로부터 일반인이 사용하는 컴퓨터 시스템에 대한 방호를 위한 표준(IEEE P1642 - Recommended Practice for Protecting Public Accessible Computer Systems from Intentional EMI)을 제정 중에 있다. IEEE P1642 프로젝트는 미국 내 공공접속 (public access) 이 가능한 컴퓨터 시스템을 운용하는 사업자 및 정부기관에 EM Weapon을 포함한 IEMI에 대한 방호 지침을 제공할 목적으로, 여러 형태 및 종류의 컴퓨터 기기와 관련된 EM 위협 레벨 (EM threat levels), 방호 방법(Protection methods), 모니터링 기술(Monitoring techniques) 및 측정 기술(test techniques) 등에 대한 내용을 다루고 있다.

전력 시설 및 전력망을 다루는 국제 대전력망 기술 협의회 (International Council on Large Electric Systems: CIGRE)에서는 고전압 변전소(high voltage substation) 제어용 전자 장치의 IEMI에 대한 방호대책 관련 프로젝트(WG C4.206 - Protection of the high voltage power network control electronics against IEMI)를 수행하고 있다.

마지막으로 원자력 관련 시설에 대한 전자파 장애를 담당하는 IEC TC45에서도 고출력 전자기파 펄스에 대한 평가 및 방호대책에 대한 표준 제정을 진행 중이다. IEC TC45에서는 IEC 62003의 개요에 IEMI와 HEMP에 대한 내용을 추가하기로 하였으며, 향후 고출력 전자파펄스에 대한 평가 및 방호 대책 기술에 대한 내용을 다룰 예정이다.

## IV. 결론

우리가 살고 있는 사회는 현재는 물론, 향후에도 전

기·전자 및 유·무선 방송·통신기기 등이 중요한 역할을 하는 크고 복잡한 시스템에 의존하게 되어있다. 새롭게 개발되고 있는 첨단 전자 회로 기반 기기 및 시스템은 더 낮은 동작 전압과 전류를 사용하고 있으며, 이러한 시스템은 노이즈 마진이 작고 전자파에 민감하게 반응할 가능성이 높아져 적절히 설계되지 않을 경우 EMI는 물론 고출력 전자기파에 취약성이 높을 것이다.

전자파의 이용과 의존도가 높아지고 테러와 같은 전자파를 이용한 위협이 커지는 환경에서도 ICT 기반 사회 시스템 및 주요 인프라의 안정적인 운용을 위해서는 기

**원자력 관련 시설에 대한 전자파장애를 담당하는 IEC TC45에서도 고출력 전자기파에 대한 평가 및 방호 대책에 대한 표준 제정을 진행 중임**

존의 전자파장애는 물론 다양한 형태의 고출력 전자기파를 고려한 적절한 대응 방안이 마련되어야 한다. 이를 위해서는 고출력 전자기파에 대한 정확한 분석과 분석된 결과를 기반으로 주요 시설,

기기 및 시스템의 내성 규격을 마련해야 하고, 이를 정확히 평가할 수 있는 표준화된 측정 및 평가방법 등이 필요하다.

본 고에서 기술한 바와 같이 현대 민수용 기기 및 시스템에 대한 고출력 전자기파 내성 평가 방법에 대한 표준은 IEC를 중심으로 진행 중에 있으며, 전력이나 통신 등에서는 IEC 표준을 근거로 각 분야에 맞도록 제품(군) 표준을 마련 중에 있다.

IT 분야 선진국인 우리나라도 첨단 ICT 기술을 기반으로 제어 및 관리되는 주요 시설 및 인프라들이 많이 있으므로 안전한 사회를 구현하고 주요 인프라를 안정적으로 운영하기 위해 고출력 전자기파를 전자적 침해행위로 포함하고 이에 대한 국가적 대책을 세우고 지속적으로 적용해야 할 것이다.

### 참고 문헌

- [1] 장태헌, "고출력 전자기파 내성 평가 관련 표준화 동향", TTA Journal, Vol. 150, pp. 43-51, 2013.11.
- [2] 정연춘, "전자파 보안 기술 연구 동향", 한국전자파학회 전자파기술, 제20권, 제4호, pp. 43-47, 2009.7.
- [3] 정연춘, "전자파 보안 기술 동향", 한국전자파학회 전자파기



- 술, 제21권, 제1호, pp. 100-113, 2010.1
- [4] Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack, April 2008
- [5] 장동원, 최형도, '전자기 펄스 표준화 동향 연구', 정보통신산업진흥원 주간기술동향 통권 1464호, 2010. 9.
- [6] IEC/TR 61000-1-5, Ed.1.0, "Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 1-5: General – High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems," 2004.11.
- [7] IEC Website, www.iec.ch
- [8] Recommendation ITU-T K.78, "High altitude electromagnetic pulse immunity guide for telecommunication centers", 2009. 6.
- [9] Recommendation ITU-T K.81, "High-power electromagnetic (HPEM) immunity guide for telecommunication systems", 2009. 11.
- [10] Recommendation ITU-T K.84, "Test methods and guide against information leaks through unintentional EM emissions", 2011. 1.
- [11] TTA, IT-K.81, '고출력 전자기파에 대한 통신시스템 내성 요구 규격', TTA, 2012.
- [12] TTA, IT-K.78, '고고도 핵 전자기파 펄스에 대한 통신센터 내성 요구 규격', TTA, 2012.



권 중 화

- 1994년 2월 충남대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 2월 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
- 2010년 2월 연세대학교 전기전자공학(공학 박사)
- 1999년 1월~현재 한국전자통신연구원  
방송통신미디어연구소 전파기술연구부 전자파환경연구실, 실장/책임연구원

〈관심분야〉

SI/PI 및 EMC 대책 기술 및 표준화, 고출력 전자기파 펄스 대책 및 측정기술