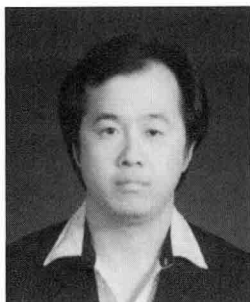
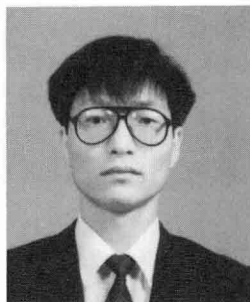


핵 전자파 펄스(EMP) 대책



崔泰仁 / 국방과학연구소
선임연구원, 공학박사



趙雄熙 / 국방과학연구소



선진국에서는 핵전쟁 하에서도 각종 군사 장비의 생존성 및 신뢰도 확보를 위해 EMP에 대한 방어 대책을 강력히 요구, 이 분야에 대한 연구 수행에 많은 노력을 경주하고 있다

이 글에서는 EMP에 관한 외국의 전문 서적 및 군사기술 잡지를 기초로 EMP 현상, 파괴효과 및 방어대책에 관해 체계적으로 분석, 정리하여 소개한다. (필자 주)

1945년

7월 미국에서 최초로 원폭 실험을 했을 때 이탈리아 물리학자 페르미는 핵폭발시 전자펄스(EMP)가 발생하는 것을 예견하였다.

그러나 원폭개발시에는 강력한 충격파, 열선, 초기방사선 및 잔류방사선에 의한 파괴력에 관심이 집중되었으며 EMP에 대해서는 관심을 갖지 않았다.

美·蘇의 핵실험 결과 핵폭발에 의해 발생된 강력한 전자펄스가 전자·통신장비에 치명적인 피해를 주며, 집적도가 높은 전자부품으로 구성된 장비일수록 피해정도가 증가된다는 것으로 알려졌다.

핵 EMP 발생 메카니즘

핵 EMP 발생의 주요원인은 핵폭발시 최초로 방사되는 초기 감마선 펄스로 높은 에너지를 가지며 지속시간은 수 μ s 정도이다.

초기 감마선으로 방출되는 에너지는 전체 방출에너지의 0.3%에 불과하고 그중 1백분의 1 정도가 EMP로 변환된다.

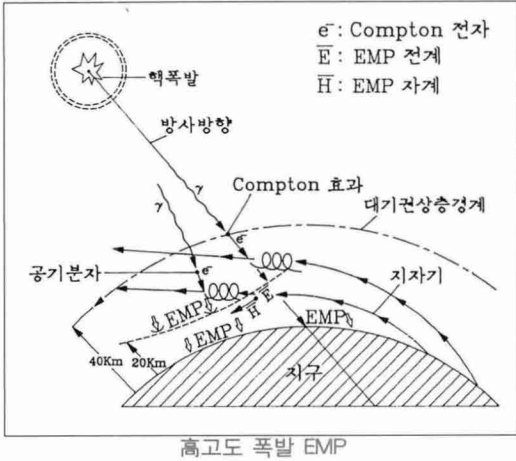
즉 전체 방출에너지의 0.03%가 EMP로 변환되므로 핵폭발시 막대한 방출에너지와 강력한 전자파펄스에 의해 전기 및 전자장비가 보호대책이 없을 때는 손상정도가 커진다.

핵 EMP의 발생 메카니즘은 폭발고도에 따라 영향력이 큰 차이가 있다. 일반적으로 구분할때 고도 40km 이상 대기권 밖에서의 고고도 폭발, 2-20km의 대기중에서는 중고도 폭발, 지표-2km의 저고도 폭발로 구분하여 EMP 메카니즘을 분석할 수 있다.

● 고고도 폭발

고고도 핵폭발시 EMP 발생상황은 오른쪽 위의 그림과 같다.

고도 40km 이상의 대기권 밖에서 핵폭발시 방사되는 감마선은 폭발중심에서 부터 방사상으로 진행한다. 대기권에 고속으로 도달된 감마선은 공기분자와 충돌하여 Compton 효과를 일으킨다.



Compton 효과는 감마선과 공기분자의 충돌로 인해 자유전자가 발생되는 현상을 말하며, 이와 같은 자유전자의 흐름은 Compton 자유전자 흐름이라 한다.

Compton 전자흐름은 지자장에 의해 복사방향과 직교방향으로 회전하며, 나선 형태로 진행하여 강력한 전계를 발생시키며 지표에 도달된다. 이때 EMP 영향영역은 폭발고도에 의해 결정된다.

● **중고도 폭발**

고도 2-20km는 지표면의 영향이 작은 대류권으로, 여기서 핵폭발이 발생했을 경우의 상황은 오른쪽 아래의 그림과 같다.

고고도의 경우와 마찬가지로 초기 감마선은 방사상 형태로 이동하는 Compton 전자를 발생시켜 지표에서 수km 밖에서 이동하는 공기와 반응한다.

무거운 양이온은 내측에, 잔류 Compton 전자는 외측에 분포된 상태로 되므로 마치 구형의 축전기처럼 방사선의 전계(電界)를 형성한다.

만일 공기밀도가 균일하면 구(球)대칭으로 되어 전자에너지는 내부에 갇힌 상황이 된다. 그러나 약간의 밀도차나 그외의 요인에 의해 EMP가 발생되지만 지표까지 도달하는 것은 극히 미약하다고 한다.

전계가 형성되는 공간이 어느 정도 규모인지 정확한 데이터로 발표된 적은 없다.

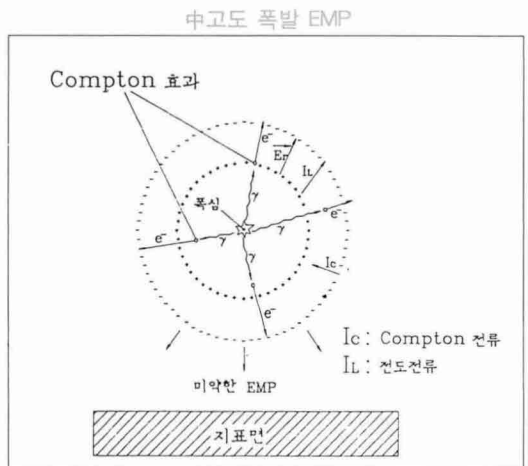
전자공학의 발달로 전기, 전자장비가 고집적화, 고정밀화 되고 있는데 비해, EMP에 대한 생존성은 저하되고 있다. 그리고 핵폭발에 있어서 방사능, 충격파, 열선 등에 의한 피해도 크며, EMP에 대한 방어대책은 이들 위협에 대한 대책과 균형을 이루어야 한다. 선진국에서는 EMP 방어대책에 대해 다방면으로 연구하고 있으나, 국내에서는 연구가 초기단계에 있으므로 국내에서도 중·장기계획을 수립하여 産·學·研 합동으로 이 분야에 대한 연구가 시작되어야 할 것이다

● **低고도 폭발**

저고도 폭발의 경우 EMP 발생 상황은 다음 장의 그림과 같다. 중고도의 경우와 마찬가지로 Compton 효과에 의해 방사상으로 전달되는 강력한 전장을 만든다.

중고도의 경우와는 달리 지표면에 의해 하반부가 없는 비대칭이 되므로 쌍극(Dipole)안테나처럼 시간에 따라 변화하는 수직 Dipole 전류가 흘러 EMP를 발생시킨다.

지표면에서는 전도성으로 인한 전도전류 때문에 전장은 크게 감소된다.



미국에서 측정결과 B-747, B-1 폭격기의 기체, 날개, 기내 등에 전류가 유기되며 비행 시에는 2천~2만A, 지상에서는 2만 이상의 전류가 측정되었다.

최근의 반도체 전자부품이 EMP에 대해 취약한 것은 이미 설명한 바와 같다.

따라서 이들을 구성부품으로 사용하는 컴퓨터는 본질적으로 EMP에 취약하게 된다. 컴퓨터에 대한 EMP 효과는 기억 데이터의 변형 또는 손실, 제어기능의 오작동 또는 파손 등의 파괴효과도 가져온다.

무선통신에 대한 EMP 영향은 핵폭발에 의한 방사선이 전리층(D층)의 전리를 촉진시키고 Compton 효과에 의해 대기층의 자유전자 구름을 발생시켜 전자파가 두절되는 Blackout 현상이 발생되며, 복구에 수분에서 수시간이 소요된다.

EMP 파괴과정

EMP 효과에 의한 전자부품, 시설, 장비등에 미치는 파괴효과는 설명한 바와 같다. 그러면 어떻게 이와 같은 파괴가 일어나며, 파괴에 이르게 되는 과정을 해석하는 것은 EMP에 대한 방어대책을 수립하기 위해서 필수적인 과정이다.

이 과정은 일련의 복잡한 물리현상, 전자기 현상 등이 복합된 것이다. EMP 파괴과정은

크게 볼때 EMP의 침투, 전달, 손상의 3단계로 생각할수 있다.

침투는 안테나, 케이블, 각종 인입구 또는 장비의 케이스 등을 매체로 EMP가 내부로 전달되고, 그 에너지는 시간적, 공간적으로 변화하는 고전압, 고전류로 변환되며, 각종 경로(구조물, 전자회로)를 통해 내부의 취약한 부위(전자회로, 접속부)로 에너지가 전달되어 손상을 일으킨다.

파괴는 이러한 3단계가 모두 관련될 경우 발생되며, 각 단계를 분리하기는 어렵다.

EMP 방어순서

EMP 방어를 달성하기 위한 순서는 주요 성능을 확보하기 위한 순서와 유사하며 기본 설계 과정에 포함되거나 병행해서 설계된다.

일반적인 EMP 방어순서로는 우선 EMP에 대한 요구기준을 설정한다.

그 다음에는 예상되는 EMP 발생원인과 대상시설, 장비의 특성, 운용환경 등을 고려해 위협정도를 판단하여 내성정도를 결정한다.

시설, 장비구조, 기능상으로 볼때 EMP에 대해 어느 정도의 내성을 가져야 하는지 사전에 결정해야 하며 시스템의 결합경로, 전달경로, 취약지점에 대한 조사확인이 필요하다.

이 취약성 분석은 극히 어려운 문제이며, 단순 시스템의 경우에는 계산 또는 시험시의

고도별 EMP의 영향범위 및 주파수 특성

폭발고도	低고도 (0-2km)	中고도 (2-20km)	高고도 (40km)
펄스특성, 영향범위			
상승시간	50ns(Er) 3μs(Epk)	50ns(Er) 3μs(Epk)	5ns(Epk)
최대 전계강도	100KV/m(Er) -1KV/m(Epk)	10KV/m(Er) -1KV/m(Epk)	50-100KV/m
주파수대역	<1MHz	<1MHz	1-100MHz
폭발피해영역	R<6km	5-15km	-
복사영역	R<200km	15-100km	수 100km

데이터를 이용하며, 신규 개발되는 복잡한 시스템의 경우에는 단순화된 축소모델에 의한 시뮬레이션 시험이 필요하다.

다음에는 EMP 방어책의 설계이다. 방어책은 시스템의 특성에 따라서 EMP 파괴단계, 방어조치의 선택 등을 검토하여 최적설계가 되도록 노력해야 한다.

이때 TREE 및 번개에 대한 방어책과 잘 조율하여 효율적인 방어책을 설계, 시행토록 해야 한다.

최후 단계는 설계, 시행된 EMP 방어책의 효과 확인이다. 그러기 위해서는 당초 설정된 EMP 위협에 해당되는 모델 펄스를 발생하는 시뮬레이터를 사용하는 방어책 시행후의 실물 또는 축소 모델에 대해 시험하고 방어책의 성능을 확인해야 한다. 효과가 불충분한 경우에는 재설계되어야 한다.

EMP 방어대책

EMP가 전기 전자장비를 파괴하는 과정은 침투, 전파, 손상의 3단계로 구성되므로 EMP

EMP 파괴과정은 일련의 복잡한 물리현상, 전자기 현상 등이 복합된 것으로, 크게 볼때 EMP의 침투, 전달, 손상의 3단계로 생각할수 있다. 침투는 안테나, 케이블, 각종 인입구 또는 장비의 케이스 등을 매체로 EMP가 내부로 전달되고, 그 에너지는 시간적, 공간적으로 변화하는 고전압, 고전류로 변환되며, 각종 경로(구조물, 전자회로)를 통해 내부의 취약한 부위(전자회로, 접속부)로 에너지가 전달되어 손상을 일으킨다. 파괴는 이러한 3단계가 모두 관련될 경우에 발생되며, 이러한 각 단계를 분리하기는 어렵다

방어는 이론상으로 이들 단계중 한 단계에 대응한 방어책이다.

그러나 침투를 완전히 저지시키는 것은 기술상 곤란해서 모든 방어책은 전파, 손상단계에 적용되도록 설계된다. 또 방어책은 방법, 조치의 성격상 소극적 대책과 적극적 대책으로 대별되어 다음과 같이 된다.

●소극적 대책

-주요시설, 장비 등을 정비하고 시스템의 안정성을 증대시킨다.

-문제부품의 수리교환을 위해 장치, 부품을 준비한다.

-전기, 전자장비의 접지를 철저히 한다.

●적극적 대책

-시설, 장비를 차폐물(Shelter) 등으로 EMP를 차단한다.

-도선, 케이블, 전자회로 등에 EMP가 침투하지 않도록 보호회로를 설계한다.

-EMP에 강한 회로, 부품 등을 사용해야 설계한다.

소극적 대책은 주로 EMI 대책과 유사하며, 적극적 대책은 차폐법, 회피법, 고내성부품/재료를 사용하는 방법이 응용된다.

차폐법은 EMP에 취약한 장비 및 부품을 전도성이 높은 금속재료로 차폐하는 방법으로, 접속부에는 덮개를 사용하고 관통구는 가능한한 작게하고 각종 금속 스크린을 이용하여 관통구를 차폐시킨다.

장비간 연결 케이블 및 커넥터는 동일한 차폐율을 유지하게 한다.

회피법은 EMP에 의한 유도전압, 전류가 취약부위에 전달되는 것을 저지하는 방법이다.

과전압 제한기를 사용하여 허용범위 내로 억제하거나 일시적으로 단락시키는 방법과 대역필터를 사용하여 신호주파수 대역만 통과시키는 방법이 있다. 두 방법을 조합시키는 것이 효과적이다.

고내성부품/재료를 사용하는 방법으로는 주요시설, 장비간에 연결되는 전송로를 EMP에 강한 광섬유를 이용하는 방법과 EMP에

강한 전자부품을 사용한 회로를 이용하는 방법 등이 있다.

EMP 시뮬레이션

체계 및 부속체계에 대한 EMP 영향을 조사하고, 방어대책에 대한 효과를 확인하기 위해 시뮬레이터를 사용해 연구할 필요가 있다.

EMP 시뮬레이터는 美·蘇 등 선진국에서 많은 종류가 제작, 실험되고 있는데 전계(電界)를 발생시키는 방법에 따라 크게 전송선형(Bounded wave, Transmission line)과 복사형(Radiating) 시뮬레이터로 구분할 수 있다.

전송선형 시뮬레이터는 가장 일반적인 형태로 도체판 사이 혹은 Wiregrid 사이에 고전압 펄스가 인가되어 전계가 발생되며 전송선부, 고전압발생부, 종단부로 구성된다.

많은 종류의 시뮬레이터가 있는데 미국에서 건설한 세계 최대 규모의 전송선형 시뮬레이터인 TRESTLE은 23층 크기로 세계 최대의 목조건축이다.

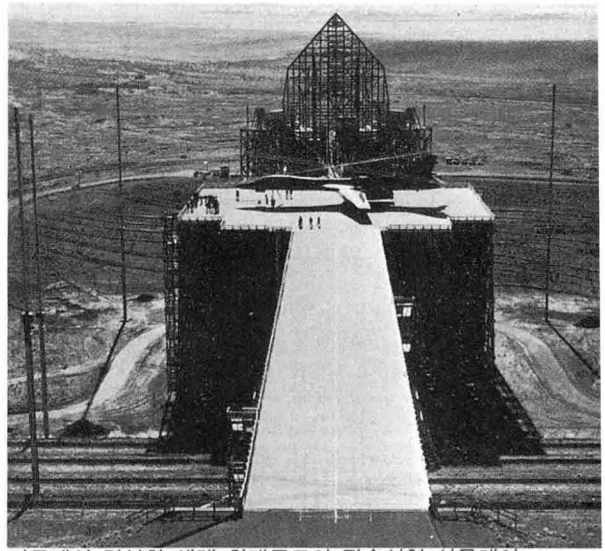
TRESTLE은 전략폭격기 B-1B의 EMP 시뮬레이션을 주목적으로 건설되었으며 유도탄, C³I 네트워크 및 각종 체계의 EMP 시험에 사용되고 있다.

복사형 시뮬레이터는 수직 및 수평편향을 갖는 안테나에서 전장을 복사시키는 형태로 저주파대역에서 요구되는 전계를 발생시키기 힘들며, 발생원으로부터 떨어질수록 균일한 전계강도를 만들기 힘들다.

맺는 말

설명한 바와 같이 EMP는 군사분야 뿐만 아니라 광범위한 민간통신, 전기시설, 컴퓨터 네트워크 등 모든 전기, 전자 통신장비에 피해를 준다.

전자공학의 발달로 전기, 전자장비가 고집적화, 고정밀화 되고 있는데 비해, EMP에 대한 생존성은 저하되고 있다. 그리고 핵폭발에



미국에서 건설한 세계 최대규모의 전송선형 시뮬레이터 TRESTLE은 23층 크기의 목조건물이다

있어서 방사능, 충격파, 열선 등에 의한 피해도 크며, EMP에 대한 방어대책은 이들 위협에 대한 대책과 균형을 이루어야 한다.

선진국에서는 EMP 방어대책에 대해 다방면으로 연구하고 있으나, 국내에서는 연구가 초기단계에 있으므로 국내에서도 중·장기계획을 수립하여 산·학·연 합동으로 이 분야에 대한 연구가 시작되어야 할 것이다.*

참고 자료

- ▲ K.S.H.Lee, 「EMP Interation : Principles, Techniques, AND Referncd Data」, (A SUMMA BOOK), 1986
- ▲ 米田照信, 「EMP 방호대책(I-IV)」, 〈兵器と技術〉, 1988년 9월호
- ▲ Marim A. Rose, 「Nuclear Hardning of Weapon Systems : Part I - III」, 〈Defense Electronics〉, 1979
- ▲ Anthony P.Trippe, 「The Threat of Electromagnetic Pulse」, 〈National Defense〉, p.p2-27, 1984년 12월호
- ▲ Rabindra H. Ghose, 「EMP Environment and System Hardness Design」, 〈Don White Consultants. INC〉, 1984.
- ▲ M.K.Bumgardneret, 「EMP Simulators for Missiles and Airplanes」, 〈Naval Ordnance Laboratory〉, 1974년 2월호