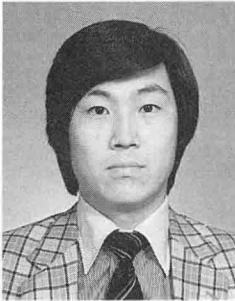
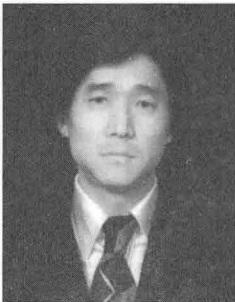


유도무기 전자파에 대한 위험요소 및 대책



崔昌善 / 국방과학연구소
선임연구원, 이학박사



張錫泰 / 국방과학연구소
책임연구원, 공학박사

유도무기는 개발에서 폐기까지 최소한 십년 이상이 소요되는 장기사업이며, 현재 전자파 환경이 급속히 복잡, 강력화 되는 추세일 뿐만아니라 적의 기만전술인 전자파 대항 기법의 발전추세를 비추어 볼때, 실로 장기적인 안목에서 대처해야 할 것이다. 특히 전기기폭장치(EED)의 오작동시 미칠 영향을 고려한다면, 전자파에 대한 안전을 최대한 강구해야함은 물론 상대적으로 낙후되어 있는 전자파 시험평가시설 및 기술의 선진화가 추진되어야 할 것이다

軍에서 사용하는 무기체계는 무전기, 레이다 등으로 인해 통상의 경우보다 강한 전자파에 둘러싸이게 된다.

현대 무기체계는 복잡한 전자회로 및 부품으로 구성되어 있어, 상호간섭에 의한 오작동의 우려도 매우 높을 뿐만 아니라 착화기(Initiator), 기폭관(Detonator)과 같은 전기기폭장치(Electroexplosive Device, EED)가 전자파에 의하여 오작동하면 엄청난 손상을 수반하게 되며, 무기체계가 항공기나 함정에 탑재되는 경우에는 EED의 오작동은 곧바로 탑재수단의 손실로까지 연결되어 그 피해가 확산되므로 이에 대한 대응책이 더욱 중요하게 된다.

전자파는 파장이 1백nm(10^{-7} m) 정도인 자외선에서부터 1백km인 장파까지 그 범위가 상당히 넓다. 그 중 자외선 영역이 살균 및 소독에 이용되며, 가시광선 영역이 레이저로 이용되는 것을 제외하면 방송, 통신, 레이다 등에 이용되고 있다.

전자파에 의한 위험은 흔히 전자파 간섭(EMI: Electromagnetic Interference), 고주파(RF)피폭, 전자파 충격(EMP), 정전기(ESD), 번개 등으로 크게 나눌수 있다.

EMI는 주로 무기체계의 각기능별 부속장치 내에서 자체 전파방해로 인한 오작동 유발에 따른 현상과 대책에 관한 분야로, 통상 무기체계에서는 MIL-STD-461에 따른 요구조건을 MIL-STD-462에 기재된 실험방법 및 절차에 따른 시험을 거치게 되어 있다.

EMP는 핵폭발시 발생하는 아주 강하고 지속시간이 짧은 전자파에 의한 것이며, 이때 발생하는 전자장은 강력하여 주위의 무기체계는 물론 다른 전자장비 등에도 오작동을 유발하게 된다.

정전기의 주된 원인은 마찰과 유도(Induction)이다. 헬기나 비행기의 비행중 마찰에 의한 정전기는 전압이 10^6 V까지 이르러 탑재된 장비 및 무기체계에 영향을 줄수 있으며, 이러한 위험을 방지하기 위해 방지장치를 부착하기도 한다.

특히 전기기폭장치(EED)나 전자부품을 취급할 때에는 인체와 의복 또는 바닥 사이에서 마찰에 의해 발생하는 정전기에 특히 유의하여야 한다. 인체의 옷 또는 바닥 사이에서 발생하는 정전기는 최대 1만5천V까지의 고전압을 발생시키며, 이런 고전압 하에서는 전자부품의 손상을 가져올수 있고 EED는 오폭될 우려가 있다.

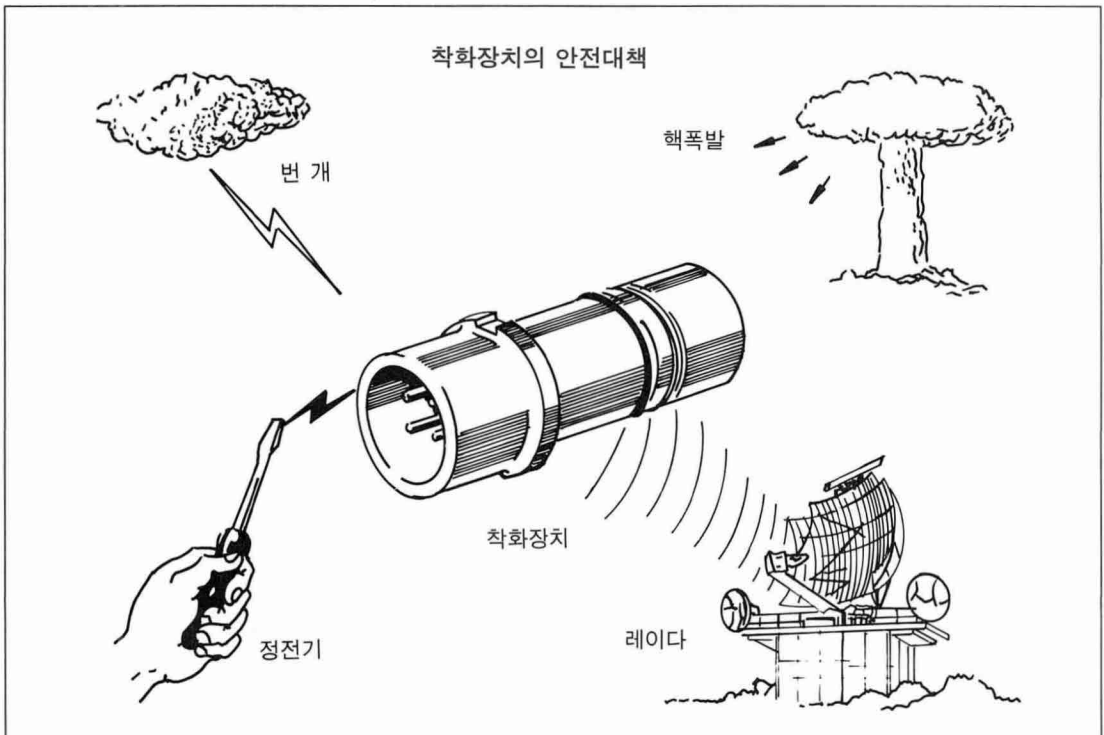
마찰이 접촉에 의한 정전기 발생이라면 유도는 접촉이 없이 발생하는 경우이다. 전하를 띤 물질이 전하를 띠지않은 물질에 가까이 하면 전하에 의해 발생된 전기장은 전하를 띠지 않은 물질이 없어져도 계속 존재하게 된다.

흔한 예로는 전하를 띤구름에 의하여 지상에 있는 무기체계가 대전되는 경우이며, 이때 정전기 발생으로 인한 전장은 무기체계에 위협요소가 될수 있다. 그러나 만일 무기체계가 접지되어 있으면 유도된 정전기는 접지선을 통해 유실되므로 무기 체계는 위협으로부터 벗어날수 있다.

정전기로부터 무기체계를 방호하기 위해서

현대 무기체계는 복잡한 전자회로 및 부품으로 구성되어 있어, 상호간섭에 의한 오작동의 우려가 매우 높다. 착화기나 기폭관 같은 전기기폭장치(EED)가 전자파에 의해 오작동되면 엄청난 손상을 수반하게 되는데, 무기체계가 항공기나 함정에 탑재되는 경우 EED의 오작동은 곧바로 탑재수단의 손실로 연결되어 피해가 확산된다. 따라서 이에 대한 대응책은 더욱 중요하게 된다. 전자파의 위험은 크게 전자파 간섭(EMI), 고주파(RF) 피폭, 전자파 충격(EMP), 정전기(ESP), 번개 등을 들수 있다

는 항상 무기체계를 접지시켜야 한다는 것 외에도 체계설계부터 몸체에 대전된 정전기가 안으로 들어가지 못하도록 보호할수 있는 형상과 재질을 고려해야 할뿐 아니라 주요 전자회로나 부품에는 만약의 사태에 대비할수 있는 보호기능을 부착해야 한다.



번개는 우리가 잘 아는바와 같이 대전된 구름과 구름 또는 구름과 지면 사이에서 발생하는 급격한 방전현상이다. 번개는 순간적인 현상이지만 그것에 의한 위험요소는 몇가지로 나눌수 있다.

우선 번개가 치기 전에 유지되는 정전기장(Static electric field), 번개가 치면서 연차적으로 발생하는 동전기장(Dynamic electric field), 동자기장(Dynamic magnetic field)을 그 위험요소로 들수 있다.

전자파 스펙트럼과 주요용도

주파수(파장)	명칭	주요용도
3kHz(100km)	VLF	해상통신
30kHz(10km)		표준 시간, 주파수 방송
300kHz(1km)	LF	선박 및 항공기 유도 beacon 선박기상정보
	MF	국제방송, 시민방송 어업무선, 아마추어무선
3MHz(100m)	HF	국제방송, 시민방송 어업무선, 아마추어무선
30MHz(10m)		VHF
300MHz(1km)	UHF	UHF TV(ch. 14-ch. 83) 경찰 및 택시 무선통신
	3GHz(10cm)	SHF
30GHz(1cm)	EHF (mm파)	우주통신, 전파천문학 단거리 군통신
	sub-mm파	미래의 통신 레이다
30THz(10 μ m)	적외선	대기오염 측정, 레이저 기술 광섬유 통신
300THz(1 μ m)	가시광선 자외선	태양광, 레이저 기술
3PHz(100nm)		멸균, 소독

그러므로 지상에 있는 무기체계에 직접 번개가 친 경우는 물론 상당한 거리에 떨어져 있는 경우라도 전자회로, 부품등에 손상을 가져올수 있으며, 무기체계가 비행하고 있는 경우에도 그 위험의 지속시간에서만 차이가 있을뿐 위험의 정도는 지상에서와 거의 같다.

전자파 중에서도 통신 및 레이다 등에 많이 사용되고 있는 고주파(RF)가 무기체계에 미치는 위험은 무시할만하다고 단순히 판단하기가 쉽고, 고주파는 눈에 보이지 않기 때문에 어떤 사고가 발생했을 때도 사고 원인을 고주파로 단정하기는 매우 어렵다.

그러나 주위 전자파 환경에 대한 완전한 조사, 분석 및 전문가의 철저한 검사가 선행되지 않는한 어떤 결론을 내리는 것은 위험한 일이며, 현재 시점에서 안전한 것으로 판단되더라도 점차 고주파 출력이 증강되는 현실에 비추어, 이에 대한 충분한 대비책이 마련되어야 할 것이다.

무기체계를 고주파로부터 보호하는 것은 크기는 탄체부터 작게는 케이블이나 커넥터까지 체계 설계시부터 일관되게 고려해야 한다. 고주파는 아주 작은 틈새라도 자유로이 통과하므로 한 부분의 조그만 실수는 전 체계에 큰 영향을 미치게 되기 때문이다.

최근에는 무기체계의 경량화를 위하여 금속에 비해 고주파 감쇄 효과가 미미한 복합재로 탄체를 교체하는 추세이며, 이에 따라 고주파에 대한 대책이 더욱 강조되고 있다.

교체에 따른 취약점을 보완하기 위해 복합재 탄체 위에 전자파를 흡수하는 특수 고무판이나 페인트를 입힘으로써 고주파의 위험으로부터 보호하려는 연구가 계속 되어, 어느정도 성과를 거두고 있으나 보호정도가 만족할만하지 않고 사용가능한 주파수 범위가 협소하여 사용이 제한적이다.

일단 침투한 고주파는 틈새를 타고 유도장치, 조정장치, 구동장치, 점화장치 등 각 부속장치에 침투하여 케이블을 타고 전파에서 전류로 그 형태를 달리하게 된다.

이 고주파 전류는 각 부속장치 내의 전자 부속품이나 EED를 공격하여 오작동을 유발하게 된다. EED는 안전을 고려하여 1 와트의 전력에서도 착화하지 않도록 설계되어 있으며, 신뢰도를 높이기 위해 2개의 발열선(Bridge)을 동시에 사용하고 있다.

착화회로에서 인가된 직류전류가 EED의 발열선에 흐르면 전기 에너지는 발열선을 통해 열에너지로 바뀌게 되고 발생한 열이 점화화약을 착화시키게 된다.

그러나 직류가 아닌 고주파가 EED에 연결된 케이블을 타고 들어오는 경우에는 발열선에 전류가 흐르는 Pin-to-Pin mode 외에도 발열선과 EED의 몸체(Case) 사이의 스파크 발생으로 인해 착화되는 Pin-to-Case mode, 발열선과 발열선 사이에서 발생하는 스파크나 유도전류로 인해 착화하는 Bridge-to-Bridge mode 등 그 발화원인이 다변화되어 해석과 예측이 쉽지 않다.

고주파에 의해 인가된 전류가 착화에 충분한 경우에는 위의 3가지 방식중 하나 또는 복합작용으로 착화하게 되며, 인가된 고주파 전류가 발화시키기에 충분치 않은 경우라도 점화화약 중의 일부가 천천히 반응하여 완전한 착화를 방해하거나 불완전한 착화를 유도하게 되기도 한다.

그러므로 높은 신뢰도의 발화를 보장하기 위해서는 비록 예상되는 고주파로부터의 위협이 아주 작아 보이는 경우라도 사전에 충분한 대응책을 마련하여 고주파에 대한 위협을 극소화하도록 노력해야 한다.

고주파로부터 EED를 안전하게 보호하려는 시도 및 연구는 EED 자체를 새로이 개발하려는 방법과 함께 기존의 EED에 특별한 장치를 부착하려는 두가지 방법이 계속되어 왔다.

EED의 점화화약은 매우 민감하여 사용되는 전류는 수 암페어면 충분히 점화된다. 점화화약을 상대적으로 둔감한 HNS, PETN, RDX 등을 사용하면 높은 착화전류에 따르는 설계, 제작상의 어려움이 따르지만 고주파를

고주파의 위협으로부터 더욱 안전하게 보호되는 EED로는 전기대신 레이저를 사용하는 레이저 점화장치가 있다. 이 장치는 케이블 대신에 광섬유를 사용함으로써 고주파는 물론 EMI 등에 거의 영향을 받지 않으며, 레이저에서 나온 광선이 광섬유를 타고와서 점화화약을 직접 점화시키므로 정전기에 대해서도 거의 완벽하게 보호된다. 이에 따라 최근 레이저 다이오드에 대한 연구 및 응용이 활발히 진행중이며, 이를 이용한 무기체계가 증가하는 추세이다

포함한 다양한 오폭위험으로부터 안전성이 향상된다.

EED 자체를 새로이 개발하려는 노력의 결과로 미국에서 개발된 것이 폭발도선 착화장치(Exploding Bridgewire : EBW)이다.

이는 기존의 EED가 수 암페어 정도의 직류전류를 발열선에 흘려주는 것과는 달리 수백 암페어를 금, 백금, 알루미늄 등으로 제작된 발열선에 흘려주어 스파크를 발생시키고, 이 스파크는 고온, 고압의 플라즈마(Plasma)를 형성하여 화약을 점화하게 되는데, 이 모든 과정이 불과 10⁻⁶초 동안에 일어나게 된다.

EBW는 안전성과 신뢰도는 우수한 반면 착화장치가 복잡하고 제작비용이 비싼 것이 단점으로 지적되고 있다. EBW는 원래 핵무기용으로 개발되었으나 현재는 비핵무기에 적용되어 성공적으로 사용되어 오고 있다.

폭발박막 착화장치(EFI : Exploding Foil Initiator)는 EBW의 발전된 형태의 EED로서, EBW가 상대적으로 민감한 PETN을 사용하는 반면 EFI는 점화화약으로 HNS를 주로 사용하여 안정성을 향상시켰다.

FFI는 전기적인 에너지를 이용하여 얇은 판(Flyer)을 매우 빠른 속도로 가속시키고 이것이 날아가 화약에 충돌하여 발생하는 충격파(Shockwave)로 화약을 기폭시키게 된다.



EFI는 EBW와 비교할때 성능과 견고성 등에서는 거의 같으나 수명이 길고 크기가 작은 장점이 있다. EFI는 원래 핵무기용으로 개발되었으나 최근 사용영역이 확산되고 있다.

고주파의 위협으로부터 더욱 안전하게 보호되는 EED로는 전기 대신 레이저를 사용하는 레이저 점화장치가 있다.

레이저는 안테나 역할을 하는 케이블 대신에 고주파에 전혀 영향을 받지 않는 광섬유(Optical Fiber)를 사용하므로 고주파, EMI 등에 거의 영향을 받지 않는다.

레이저 점화기는 레이저에서 나온 광선이 광섬유를 타고와서 점화화약을 직접 점화시키므로 고주파로부터의 방호는 물론 정전기에 대해서도 거의 완벽하게 보호될수 있다.

수년전까지만 해도 사용되는 레이저는 1주르(Joule) 정도의 출력을 가진 Nd YAG 레이저를 사용하여 크기와 가격에 따른 제한을 많이 받았다.

그러나 최근에 와서 레이저 다이오드 분야의 발전으로 인하여 Nd YAG 레이저와 같은 출력을 갖는 레이저 다이오드를 사용하여 소형으로 만들수 있을뿐 아니라 다이오드의 가격이 급속히 하락하는 추세에 있다.

이에 따라 가격과 크기면에서 경쟁력을 보유하게 되어 이에 대한 연구 및 응용이 활발하게 진행 중이며, 점차 레이저 다이오드를 이용하는 무기체계가 증가하는 추세이다.

기존의 EED에 특별한 장치를 부착하여 EED를 고주파로부터 보호할수 있는 간단한 방법은 고주파를 흡수하는 필터를 EED에 삽입시키는 것이다. EED용 고주파 필터로는 주로 산화철에 망간, 아연, 니켈, 구리 등을 조금 섞은 페라이트(Ferrite)를 사용한다.

국내에서도 Ni-Zn-Cu 페라이트 필터를 개발하여 일부 무기체계에 적용하고 있으나 아직 정확한 감쇄율 측정은 실시하지 못하고 있다. 고주파 감쇄율은 MIL-STD-1512에

따라 측정하도록 규정되어 있으나 실험장비 및 시설이 高價이고 실험기술도 까다로와 미국 내에서도 프랭클린 연구센터를 비롯한 1~2개소에서만 실험이 가능한 형편이다.

국내에서는 활용범위가 넓은 EMI에 대한 시험은 관련 규격에 따라 가능하나 필터 및 EED에 대한 고주파 시험을 할수 있는 기술과 시설은 보유되어 있지 못한 실정이다.

최근에 와서 영국 ML Aviation社에서는 EMI 및 고주파 위협을 뛰어나게 감쇄시킬수 있는 RFAC(Radio Frequency Attenuation Coupler)를 개발하여 EED 뿐 아니라 항공기의 방출장치에 사용하고 있다.

RFAC는 전자기 유도를 응용한 것으로, 개략적으로 분리된 변압기의 형태를 가지고 있으며, 발열선에 직접 전류를 공급하지 않고 전자기 유도방식을 사용한다.

RFAC를 부착한 EED는 레이저 착화기와 마찬가지로 핀(Pin)이 EED에 나와 있지 않으므로 근본적으로 정전기나 고주파가 들어갈 경로를 제공하지 않는다.

착화회로에서도 기존의 EED는 정전기 방지를 위한 보호회로, 착화후 발열선의 단락으로 인한 방지회로 등이 불필요해짐에 따라 회로가 간소화되고 전력소모를 줄일수 있는 장점이 있다.

RFAC에 레이저 착화기의 병행사용이 가능하며, 이것은 높은 신뢰도와 함께 고주파에 대해 높은 안전성을 보장할수 있을 것이다.

EED의 고주파 감쇄효과 측정이 국내에서는 불가능함을 이미 지적하였다.

그러나 실제로 무기체계의 운용에 중요한 것은 무기체계 전체를 강한 전자파 환경 하에서 각종 부속장치의 오작동 여부를 시험하는 EMV 테스트이다.

EMV 테스트에서는 강한 전자파 속에 무기체계를 장착시키고 유도성능, 구동성능, 점화성능 등을 직접 관찰 및 측정하게 되는데, 측정 자료들은 광섬유를 이용하여 조정실로 보내게 된다.

또한 무기체계 안에 장착된 EED는 점화화약 대신 발열선의 저항이나 온도변화를 측정할수 있는 특수 센서를 부착하여 전자파로부터의 위험정도를 측정하게 되는데, 이때의 판정 기준은 MIL-STD-1576에 따라 최소 발화전류가 20dB이하이어야 한다. 그러나 EMV 시험 또한 아직은 국내에서의 시험이 어려운 형편이다.

살펴본 바와 같이 전자파에 대해 아무리 대처한다 해도 결코 완벽한 무기체계를 설계, 제작하는 것은 불가능할 것이다.

또한 기술적으로는 가능하다 하더라도 비용대 효과를 고려할때 추진여부를 재고해야 할 경우도 있을 것이다.

하지만 유도무기는 개발에서 폐기까지 최소한 10년 이상이 소요되는 장기사업이고, 현재의 전자파 환경이 급속히 복잡, 강력화되는 추세일뿐 아니라 적의 기만전술인 전자파 대항(EMC : Electromagnetic Countermeasure) 기법의 발전추세에 비추어 불때 실로 장기적인 안목으로 대처해야 할 것이다.

특히 EED는 비록 크기는 작지만 오작동시 미칠 영향을 고려해 전자파에 대한 안전을 최대한 강구해야 할 것이며, 상대적으로 낙후되어 있는 전자파 시험평가 시설 및 기술의 선진화가 추진되어야 할 것이다. *

참 고 자 료

- ▲ Edited by E. J. Eichblatt, Jr., Test and Evaluation of the Tactical Missile, Vol. 19, Progress in Astronautics and Aeronautics, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Washington D. C., 1989
- ▲ Engineering Design Handbook, Hardening Weapon Systems against RF Energy, AMCP 706-235, 1972
- ▲ MIL-STD-461C
- ▲ MIL-STD-462
- ▲ MIL-STD-1512
- ▲ MIL-I-85627
- ▲ MIL-STD-1576