

산업체 기고문

시스템 레벨의 전자파 안전성에 관한 고찰 및 동향

정 기 범

(주)이엔알컨설팅

I. 서 론

모든 전기/전자 및 산업 플랜트 분야에 적용되는 독특한 문제점 중 하나는 전자파(Electromagnetic: EM)에 의한 방해다. 모든 전기/전자 제품은 무선 통신기나 기타 전자 장비의 정상 동작을 간섭하는 EM 방해파를 방사한다. 그리고 현대의 전자 제품들이 대체로 과거의 제품에 비해 이러한 전자파를 방사할 가능성이 더 커지고 있는 것이 현실이다.

일반적으로 전자 장비들은 또 EM 방해를 받을 경우에 성능이 저하되거나 완전히 고장이 날 수 있다. 이러한 EM 방해파의 방출을 통제하고 내성을 갖추는 활동을 전자파 적합성(Electromagnetic Compatibility: EMC) 활동이라 부른다. 전자 제품은 점차 안전과 관련된 용도에 사용되고 있다. 따라서, 부적절한 EMC에서 비롯된 전자 기기의 오류와 오작동이 위협한 상황을 초래할 수 있고 사람의 건강과 안전에 더 많은 위해 요소가 될 수 있다. 재래식 기술의 안전성에만 친숙한 제조사 전자 제품을 사용할 때 발생하는 위험이 증가하고 있다는 사실을 깨닫지 못할 수 있다. 예를 들어, 기계를 제어하기 위해 프로그램이 가능한 로직 제어기(PLC)를 사용하는 기계 제조사에서 PLC가 주변의 워크토키나 주 전원의 과도 전압에 의해 EM 방해를 받는다면, 기계가 원치 않는 작동을 함으로써 주위의 작업자들을 부상의 위험에 빠뜨리거나 사망에 이르게 할 수도 있다는 말이다(실제 사례가 국내외적으로 발행하고 있음). 조직

에서 EMC와 안전을 담당하는 부서들은 다양한 기술과 원칙을 활용하면서 서로 독자적인 활동을 벌인다. 그러나 이들 회사의 부서들의 중요한 관심사는 어느 한가지도 해결하지 못하는 상황을 초래한다.

본 기고문의 목적은 EMC에 관한 기능상의 안전 문제에 대한 임직원과 설계자 및 기타 전문가들의 인식을 높이는 것이다. 그러나 EMC Directivity을 준수해도 EMC와 관련된 기능상의 안전 문제가 정확하게 해결되고 안전 관련 법규를 모두 만족시키는 것은 아니다. 본 기고문도 EMC의 기능상 안전을 다루는 지침인 동시에, 조직 내에서 EMC와 안전에 관한 제반 원칙간의 틈새를 메워준다.

II. 본 론

전기/전자 제품을 통제나 보호하에서 사용하더라도, 적절한 EMC 대책의 결여로 인해서 야기되는 오류나 오작동 때문에 건강과 안전의 위험이 커질 가능성이 있다. 제품의 안전성과 신뢰성 및 작업장의 건강과 안전에 관한 법적 요건을 만족하려면, 기능상의 안전 면에서 EMC 문제를 정확하게 다룰 필요가 있다. EMC 지침은 안전 문제만을 특별히 다루지 않으므로, 통일된 EMC 지침에 따라 국내외적으로 인증을 획득하여도 기능상의 안전에 대한 EMC의 성능이 부적합할 수 있다. EMC와 관련된 기능상의 안전을 제대로 통제하려면, 위해와 위험을 평가할 필요가 있고 다음과 같은 점을 고려해야 한다.

- 가) 그 기기는 어떤 전자파 방해에 정기적으로나 부정기적으로 노출되어 있는가?
- 나) 그런 방해가 기기에 어떤 영향을 미칠 것으로 예상되는가?
- 다) 그 기기에서 방출되는 EM 방해파가(기존 또는 미래에 계획된) 여타 기기에 어떤 영향을 미칠 것인가?
- 라) 위에 언급한 방해가 안전에 어떤 의미를 주는 것으로 예상되는가(위해의 심각성과 위협의 크기 및 요구되는 안전 무결성(Integrity)의 레벨은 어느 정도인가)?
- 마) 위와 같은 점을 충분히 고려했고 바람직한 안전 레벨을 성취하는데 필요한 모든 조치를 취했다고 인정하려면 어느 정도의 확신(검증이 나 입증)이 있어야 하는가?

이러한 위해/위험 평가와 그런 평가에서 드러난 각종 결정, 규격 활동 및 검증 사항은 안전에 관한 검증 자료로 간주되어야 하고 결과를 문서를 작성해야 한다. 위와 같은 활동과 문서의 양과 질은 조직이나 프로젝트마다 현저히 다를 수 있다. 일반적으로 위해와 위험이 높을수록(즉, 안전 무결성 레벨이 높을수록) 높은 수준의 활동과 문서 작업이 요구된다.

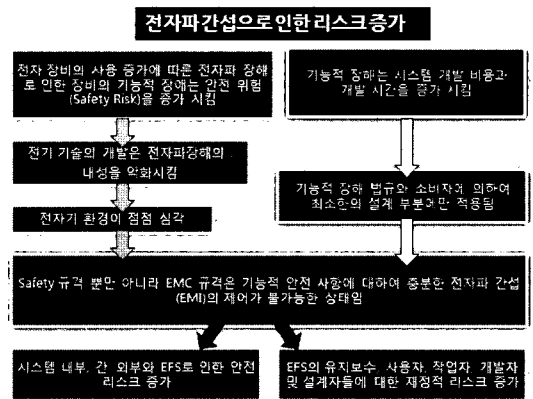
2-1 기능상의 안전을 위한 EMC의 필요성

본 기고문은 EMC와 기능상의 안전 사이의 상관 관계를 다루기 위함이다. 그리고 작업장의 건강과 안전, 소비자, 제 3자 및 공공의 안전 등의 다양한 주제를 다루고 있다. 사람들의 생활 중 거의 모든 면이 나날이 전자식으로 제어되고 있는데, 주된 이유는 심지어 저가 상품까지 “지능”을 갖고 디지털 방식으로 기능을 처리하는 추세가 급속히 진전되고 있기 때문일 것이다. 전자 제어와 “지능”이 기능을 향상시키고 다른 많은 혜택을 가져다주었지만, 한편으로는 전자 제품에만 특히 해당되는 성능과 신뢰성의 문제에 봉착하게 되었다. 전자 제품들이 전자파에

노출되면 다양한 기능상의 성능 저하를 겪게 된다. 또 오래 전에 개발된 상당수의 전자 제품들은 처음에 출시되었을 때 EM 방해파의 간섭을 받지 않았지만, 현재는 운영환경에서 EM 방해파의 방사 크기가 증가하여 심한 전자파 간섭을 받기도 한다. 전자 제품이 EM 간섭을 받으면 이용자들은 더 심하고 새로운 유형의 기능적 안전상 위협에 처하게 된다. 전통적인 분야에서 안전상의 문제점을 많이 경험한 회사들은 더 심한 위협이나 새로운 전자 제품을 사용함으로써 야기되는 신종 위협에 무감각해지거나 이런 문제점을 효과적으로 해결하는 데 필요한 능력도 결여되기 쉽다. [그림 1]은 이러한 시스템(들)에서 전자파 간섭으로 인한 위해(Risk) 요소의 증가로 기능적 안전성에 위협 요소들이 증가된다는 것을 보여주고 있다.

2-1-1 EMC와 안전 관련 시스템

어느 시스템의 일부 특성이 어떤 형태로든지 안전에 영향을 미치면, 그런 시스템을 ‘안전과 관련된’ 것으로 분류한다. 이 용어는 위험을 견딜 수 있다고 여겨지는 수준까지 줄이기 위해 특별한 기능(들)을 수행해야 하는 시스템을 묘사하는데 사용된다. 안전과 관련된 시스템은 모든 시스템에서 실행될 수 있



[그림 1] 시스템의 전자파 안전성에 관한 필요성

지만, EMC의 관점에서 보면 주로 전기가(프로그램 가능한) 전자 기술로 시작되는 시스템이 해당된다. 다음은 안전과 관련된 전기/전자 시스템의 예이다.

- 가) 위험한 화학 처리 플랜트의 긴급 차단 시스템
- 나) 크레인의 안전 부하 표시기
- 다) 철도 신호 시스템
- 라) 기계 보호용 잠금 장치와 비상 정지 장치
- 마) 보호 수단의 일종인 ‘초저속’을 제어하는데 사용되는 변속 모터류
- 바) 의료용 방사선 기계에 노출되지 않게 차단하거나 노출 정도를 제어하는 시스템
- 사) 자동차의 에어백과 ABS 및 전기 엔지 제어 시스템(EV/HEV)

다음으로 안전 관련 시스템을 이해하는 핵심은 안전 관련 시스템이 안전 기능을 수행하고, 안전 기능에는 시스템이 하는 일과 무결성(현재 수행 중인 안전 기능이 만족스러운 확률)이 규정되어야 한다는 개념이다.

안전 무결성의 수준은 위해/위험 분석을 수행하고 특수한 안전 기능으로 얻어지는 위험의 경감 정도를 규명하여 판정한다. 일반 원칙은 안전 관련 시스템을 구축할 때 견딜 수 있을 정도의 낮은 전자파 방해만 발생되도록 하려면 높은 안전 무결성 차원에서 보다 엄격한 기준이 필요하다는 것이다.

2-1-2 안전 요건

안전 관련 시스템에 사용되는 전기/전자 장비의 안전 요건은 초기의 안전 라이프 사이클 기간 동안 시스템의 위해/위험을 평가한 결과를 토대로 잘 규정되어야 한다. EMC의 내성 분야는 현 단계에서 해결되어야 할 중요한 안전 요건으로써, 여기에는 다음과 같은 단계가 포함된다.

- 가) 장비를 운영하는 동안 겪게 될 EM 환경을 방해의 유형과 방해의 특성(이를 테면 수준과 주기 또는 범위)면에서 미리 지정해야 한다.

그러나 통계적 변수 때문에 결코 넘지 않을 절대적인 수준을 지정하기란 불가능하다. 따라서 이렇게 특성을 지정하는 목적은 특별한 경우에만 한계를 넘는 일반적인 기준치(예를 들어 요구되는 안전 무결성에 적합한 5% 정도)를 정하는데 그쳐야 한다.

방해가 한계치를 넘지 않으리라는 확신을 굳히기 위해 다른 장비(예를 들어 이동 전화기나 기타 무선 통신 장비)의 사용을 통제해야 할 필요성이 있으면, 그러한 통제 사항을 이 단계에서 명시해야 한다. 그러나 지시를 해야 행동하는 사람에게 의존하는 통제는 흔히 무시되기 쉽고, 요구되는 안전 무결성의 수준이 너무 높아서 가끔씩 위반하는 사례를 피할 수 없다. 표준이 이 과정에서 도움이 될 수 있지만, 그것에 전적으로 의존해서는 안 된다. 특수한 환경에 대한 지식은 중요하므로 간과되어서는 안 된다. 표준은 특수한 EM 환경에서 중요한 방해 유형들을 소홀히 취급했는지 모르고, EM 환경도 예를 들어 할당 주파수의 변경이나 새로운 장비의 출현 또는 기존 제품/시스템/시설물의 변경으로 인해 항상 달라지기 쉽다. 특히 EMC 지침서에 의해 통일된 표준을, 여타 사항을 고려치 않고, 안전 요건을 지정하는 근거로 활용해서는 안 된다는 점을 유념해야 한다.

- 나) 장비의 EMC 내성 능력은 관련된 EM 환경과 요구되는 안전 기능의 무결성 양자를 모두 고려한 후 결정되어야 한다. 면역 능력의 기준은 그 장비의 작동이 위험에 처할 수 있을 정도의 간섭(또는 기능 저하)에 견딜 수 있는 최저한의 방해 레벨을 가리킨다. 실제로 지정된 환경의 한계(평가된 방해 레벨)와 면역 능력의 한계 사이의 차이는 때로는 적합성 한계(compatibility margin)라고 불리는 안전 마진으로 볼 수 있다).

이 마진은 통계상의 환경 특성과 요구되는 완벽한 안전 기준 양자를 고려해서 결정해야 한다. 원칙

적으로, 안전 마진은 환경에 대한 불확실성이 존재하거나 장비가 보다 높은 수준의 안전 무결성을 목표로 작동되고 있을 때 더 높아지는 법이다.

위와 같은 결정은 결국 판단 과정에 좌우될 것이다. EM 환경의 통계적 분포를 실제로 완전히 계량화하기란 불가능할지 모른다. 그러므로 핵심은 시스템의 안전 요건을 충분히 알고 해당 환경과 응용 분야에 대한 전문 지식과 경험을 가진 인력에 의해서 제반 기준이 신중하고 공개적으로 결정되어야 한다는 사실이다.

다) 다음은 내성 레벨을 검증하는데 사용되는 검사 절차와 성능 기준이 지정되어야 한다. 내성 검사의 성능 기준은 관련된 위해와 위험을 심분 고려해야 한다. 예를 들어, 일시적인 성능 저하나 기능의 상실조차 허용되지 않는 엄격한 분야도 있기 때문이다.

라) 심지어 서비스나 정비 보수 절차에도 안전이 요구되므로, 정비 보수나 개조 절차에서도, EMC를 고려해야 한다. 특히, 장비와 가까운 곳에서 방사성 방해 억제용 커버 없이 사용되는 이동 무선 통신 장비들이 특히 ‘온라인’에 접속되어 있을 때는 조심해서 통제해야 한다.

마) 소프트웨어의 변경과 업그레이드도 EMC와 기능상의 안전에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로, 이들은 마치 하드웨어를 정비할 때 처럼 조심해서 다루야 한다.

바) 위와 같은 절차에서 EM 환경에 처한 제품이나 시스템 또는 시설물의 내성 시스템을 다루었지만, 일부 장비들이 EM 방해파를 방사하여 주변의 EM 환경을 현저하게 악화시키고 다른 장비의 기능을 저하시킬 수 있다는 사실을 간과해서는 안 된다. 음성이나 무선 통신 시스템은 EM 방해에 매우 취약하므로, 이들이 안전과 관련된 정보 통신에 사용되면 위험을 초래할 수 있다. 일부 산업/과학/의료 장비는 높

은 출력의 무선 주파수(RF) 에너지를 활용하여 원하는 기능(예를 들어, 유도 가열이나 플라스틱 RF 용접/접합 또는 RF를 이용한 금속 용접)을 수행하기도 하는데, 이들 장비에서 방출되는 전자파가 주변 장치나 제어기기에 오류를 일으켜서 안전에 위험이 되고 있다.

그러므로 새로운 장비를 기획할 때는 그러한 장비에서 야기되는 EM 방해가 기존 장비의 적합성 한계를 저하시키지 않도록 필요한 제반 단계를 거쳐야 한다.

2-1-3 일반적인 요점

EMC 검사를 해도 EM 방해에서 야기될 수 있는 모든 잠재적 기능 저하 현상이 노출되는 것은 아니다. 이런 관점에서 볼 때, 안전을 위해 EMC를 성취하는 방법은 안전과 관련된 소프트웨어의 경우와 유사해야 한다. 다시 말해서, 시스템의 고장을 최대한 예방하려면 안전 라이프 사이클의 모든 단계에서 체계적인 접근법을 채택하는 것이 중요하다. 장비를 설계할 때는 설계 초기 단계에서 EMC를 고려하는 것이 특히 중요한데, 그 이유는 이때에 가장 효과적인 수단을 강구할 수 있기 때문이다(그리고 EMC를 실행하는 가장 비용 효과적인 방법이기도 하기 때문이다).

경우에 따라서 안전을 위해 EM 방해파가 발생될 때 그 장비의 작동을 멈추게 하는 것이 허용되기도 하지만, 그런 방법도 안전하게 이뤄져야 한다. 예를 들어, 종이 절단기 위에 소형의 전자파 탐지 커튼을 설치해서 방해파가 심할 경우에 작동을 멈추게 하는 것이 전자파를 제대로 탐지하지 못해서 메인 전원의 전압 강하를 초래하는 것보다 안전 면에서 더 나은 방법일 것이다.

EM 방해는 “공통 원인에 의한 고장(CCF)”을 야기시킬 수 있다. 이런 고장은 시스템의 여러 부품들이 공통된 원인에 의해 동시에 발생하는 고장과 동

일한 의미로써, 하드웨어 부품의 불시 고장으로부터 시스템을 보호하기 위한 수단으로 활용되는데, 대형 구조를 갖고 있는 안전 관련 시스템에서 이런 방해 현상을 사전에 파악하는 것이 특히 중요하다. 하드웨어의 신뢰성을 예측할 때는 그런 공통 원인에 의한 고장을 고려해야 하는데^[7], 그 이유는 고장 난 부위에만 집중할 경우에 오히려 고장을 더 키울 수 있기 때문이다.

면역 수준을 높이기 위해(바리스터 순간 억제기 같은) 보호기기를 사용하다가 그런 기기의 고장이면 역 레벨을 떨어뜨려서 위험이 초래될 수 있는 경우에는, 그런 고장을(이를 테면 진단 검사 방법으로) 자동 탐지하거나 기기를 정기적으로 점검해서 고장 부위를 미리 찾아내야 한다. 그리고 정기 검사의 주기는 특별한 상황에서의 고장 확률을 토대로 결정할 수 있다.

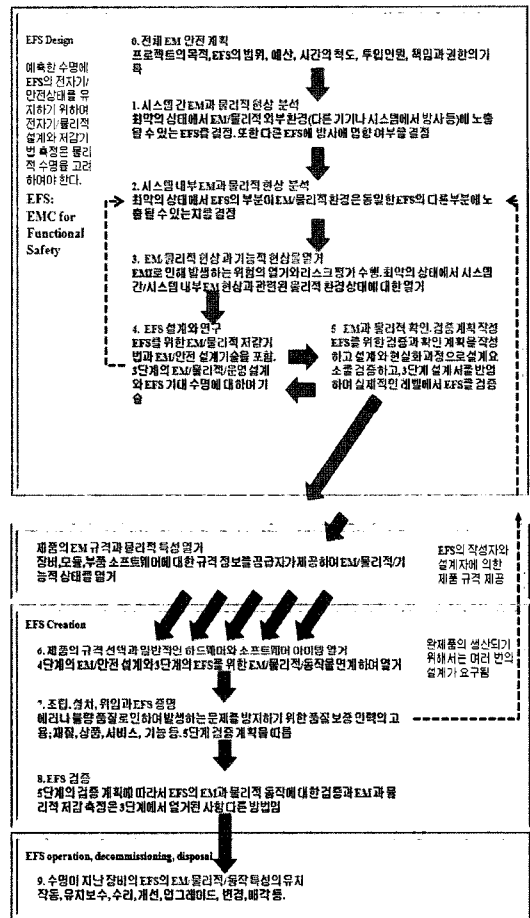
설계자는 제조회사, 설치자, 운영자 및 정비 회사 등이 의도하는 EMC 수단을 실행하고 지속적으로 규정된 방사 레벨을 유지하며 EM 방해파에 대한 면역 능력을 갖추기 위해 충분한 정보를 이용할 수 있게 해야 한다.

2-2 기능상의 안전을 달성하기 위해 EMC 통제 지침

[그림 2]는 기능상의 안전성을 달성하기 위한 EMC 절차 및 개념을 나타낸 것이다.

기능상의 안전을 위해 EMC를 정확히 통제하려면, 위해/위험 평가에 EM 환경과 방사성 방해 및 내성 능력을 반영해야 하고, 다음과 같은 점들을 해결해야 한다.

- 기기가 노출될 우려가 있는 EM 방해(간헐적인 것까지 포함)
- 그런 방해가 기기에 미치는 예측 가능한 영향
- 기기에서 발생된 EM 방해가(기존이나 계획된) 다른 기기에 얼마나 영향을 미치는지 여부

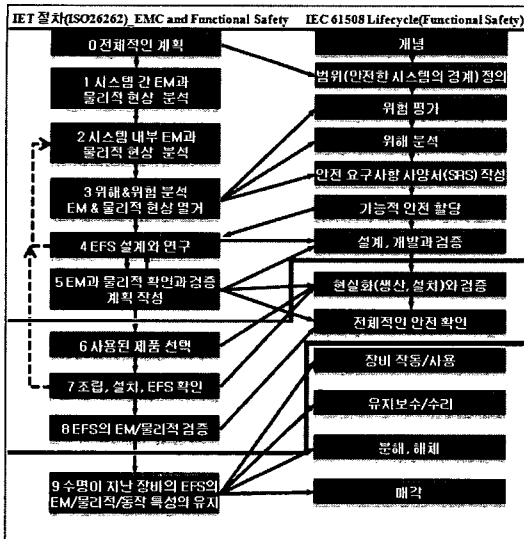


[그림 2] 기능적 안전성을 위한 단순한 EMC 관리 절차

- 위에 언급된 방해가 안전에 미치는 예측 가능한 영향(위해의 심각성과 위험의 범위 및 적합한 안전 무결성의 레벨)
- 위의 사항이 완전히 고려되었고 원하는 안전 레벨을 달성하기 위해 필요한 모든 조치가 취해졌다는 사실을 검증할 때 요구되는 확신감.

2-3 기능적 안전성과 관련된 EMC 시스템 레벨의 현황

각 시스템 별 EMC와 관련된 기능적 안전성에 대한 인식 정도 및 문제점들은 많은 응용 분야 및 시스



[그림 3] 기능적 안전성을 위한 EMC 관리 계획 및 문서 절차 및 승인 절차(IET와 IEC61508과의 비교)

탐 분야에서 인식을 하고 있긴 하지만 아직 초보적인 단계이며, 이러한 문제를 근본적으로 다루는 관련 전문가 또한 거의 전무한 상태이다. 각 시스템별 현황은 다음과 같다.

2-3-1 항공우주 분야

항공 우주 업계는 EMC와 관련된 기능의 안전 문제를 오래 전부터 알고 있는데, 이는 이 분야 설계자들의 역할과 안전이 지극히 중요한 분야(이를 테면 자동 조종 장치와 자동 착륙 시스템에서 오랫동안 해당 전자 장비를 사용해오고 있기 때문이다. 현대 항공기는 전자 장비에 절대 의존하고 있으며, 심지어 수동 제어까지 그러하다(예컨대 자동화된 조종(fly-by-wire) 시스템에서 조종사의 동작은 컴퓨터와 서보 시스템으로 전환되어서 비행 시스템이나 제어판에 적용된다).

모든 항공기는 매우 강력한 EM 방해(예를 들어, 공항 레이더, 무선 방송 송신기, 번개 등)에 노출되어 있고, 군용 항공기는 추가로 전자전(EW)과 전자 대항

전(ECW)의 부담을 안고 있다. 항공 업계에서 EMC는 EM 방해에 노출이 예상되는 모든 경우를 커버하기 위해 계속 변경되는 포괄적인 각종 표준을 망라할 뿐 아니라, 확률이 낮은 사고와 EMC 규격/설계/개발/검증(예: 검사)을 통제하는 엄격한 프로젝트 관리 절차도 포함하고 있다.

2-3-2 건물 서비스와 배전 분야

유럽에서는 최근 건물의 서비스와 배전에서 임의의 전기 장비(장치)가 전원 공급 장치에 방해를 미치고, 이들 방해의 대표적인 영향은 무엇이며, 파괴적이고 고비용적이며 유해한 결과를 예방하려면 어떻게 해야 하는지에 대한 문제를 다루고 있다. 전압 강하와 단전 및 전원 차단이 특히 문제점으로 제기되었는데, 기존의 표준으로는 이런 현상을 막을 수 없다. EMC와 주요 전원 공급장치에 관한 표준 양자에 의해 커버되는 대표적 방해를 설명하고 있고, 표준 간의 차이점이 부각되어 있다. 일반적으로 건설 회사 및 관련 장비 하청업체는 장비가 어떤 방해에 노출될 것인지 잘 모르고 있는 실정이다.

결론은 EMC 표준이 유용하지만 그런 표준을 만족하는 장비(주전원 장치)라고 해도, 비록 드문 경우지만, 일상적인 여러 방해 환경에서 정확히 작동할 만큼 충분한 면역력을 갖고 있지 못하는 경우도 있다는 점이다. 특히 전압 강하와 단전 및 차단 현상은 표준에서 제대로 다루고 있지 않다. 가장 우선적인 권장사항은 전원 공급 장치와 전원의 질 및 장비 사양을 전체 시스템 차원에서 검토하고, 전원의 질이 요구 수준을 만족하면서 전체 시스템이 원하는 안전 레벨을 달성하는데 필요한 신뢰성을 갖고 운영되는 지 계속 감시하는 것이다.

2-3-3 건강 관리 분야

“의료 기기 지침”(MDD)과 관련된 “삽입 가능한 능동 기기 지침”이 최근에 EU에서 발표되었다. 이들은

환자의 신체와 접촉하는 의료 기기의 안전을 다루고 있는데, EMC와 관련된 기능상의 안전과 EMC 전반을 반영하기 위해 그런 제품을 만드는 제조회사의 요건도 포함하고 있다.

EMC와 관련된 많은 안전 사고들이 주로 미국의 FDA에 의해 조사되고 검증되었는데, 이런 사고가 건강관리 업무에 특히 많은 전자 기기와 제품 및 시스템을 활용하는 미국과 캐나다의 건강관리 전문가들 사이에 커다란 우려를 불러 일으켰다. EMC의 통일된 표준이 MDD에 있지만, 이것이 EMC와 관련된 기능상의 안전을 규제하기에는 부적합하므로, [그림 3]과 [그림 4]의 절차를 따르는 것이 매우 중요하다.

2-3-4 해상 운송 분야

해양 업계의 EMC 효과를 설명하기 위해서 위험을 평가할 때는 특수한 EMC 환경을 고려한다. 갑판상에 있는 주요 간섭 발원지는 배의 자체 무선 송신기이고, 가장 취약한 장비는 배의 무선 수신기다. 따라서 이론적 배경은 함교에서 무선 장비의 전파 발사를 제한하고 면역 기능을 높이면 EMC의 적합성이 실현될 것이라는 것이다. 함교 내부와 주변의 장비를 대상으로 하는 이런 제한은 그 지역에 있는 모든 전기/전자 장비의 EMC 적합성에 도움이 될 것이다.

배의 나머지 부분에 대한 EMC의 위험 평가는 선급협회의 규칙에 이미 포함되어 있다. 이 과정에서 핵심 서비스와 안전이 중시되는 시스템이 무엇인지 밝혀지고, 프로그램 가능한 시스템과 기타 취약한 부위도 확인될 것이며, EMC 검사를 포함한 공식적인 형식 승인 절차가 요구될 것이다.

2-3-5 해양 원유와 가스 분야

원유/가스 탐사 업계에는 아직 EMC에 대한 공식적인 절차가 없고 이를 확인하고 다루는 것을 개별 프로젝트의 소장이나 회사에게 일임하고 있어서 결과가 천차만별이다. 업계는 EMC 지침을 준수하는데

필요한 유일한 수단인 CE 마크의 승인을 얻는데도 비용이나 시간 면에서 부담을 느끼고 있다. 본 저자는 이런 관행이 위해/위험을 증가시킬 수 있음을 알리고 싶으며, 다음을 토대로 EMC와 관련된 안전에 기술적으로 접근할 것을 권장한다.

- 가) 각 시설물의 EM 환경 평가
- 나) 해상 시설물에 대해 적절한 EM 성과와 검증 요건 지정
- 다) 모든 신규 프로젝트를 공식적인 안전 사례 평가에 포함시켜서 각종 EM 요건을 만족시킴
- 라) 최근의 EMC 모범 사례와 공급자 준수 요건에 따라 모든 신규 프로젝트에 설계/시공/운영 절차 채택
- 마) 필요한 승인 조건의 일환으로 현장에서 안전이 중시되는 기능에 대한 EM 성과 검증

2-3-6 철도 운송 분야

유도 장치가 부착된 운송 시스템은 많은 다양한 목적으로 전기 에너지를 사용한다. 높은 전력은 전기적 견인에 사용되고, 낮은 전력은 신호 전송과 제어 목적에 사용된다. 시스템은 외부 소스의 간섭을 받기 쉬울 뿐 아니라, 외부의 다른 장비에 간섭을 일으킬 수 있다. 유도형 운송 시스템의 EM 환경이 복잡하지만, 신호와 제어 시스템의 완벽한 작동 기능이 간섭을 받아서 저하되지 않는 것이 안전 운영에 매우 중요하다. 따라서 EMC와 기능상의 안전 문제는 그런 네트워크에 지극히 중요하다고 하겠다.

안전 사례는 자기 시스템이 안전한지 점검하게 하고 유도형 운송 시스템의 안전 사례중 중요한 점은 EMC에 관심을 기울이는 것이라는 사실을 일깨워준다. 엔지니어링이나 운영상의 모든 변경은 시스템의 EM 환경을 바꿔놓아서 기능상의 안전에 영향을 미친다. 따라서 어떤 변경을 할 때마다 이런 문제가 없는지 확인하는 것이 매우 중요하다. 이런 문제점은 해당 시스템의 내부(예를 들어, 기관차 내부나 변압

장치)에서 일어나거나(이를 테면 기관차와 객차 사이와 신호와 통신 시스템간의) 인터페이스 단계에서 발생될 수 있다.

외부의 전기 네트워크/장치가 운송 시스템에 미치는 영향과 운송 시스템이 외부의 전기 시스템에 미치는 영향도 고려되어야 한다. 또 관련된 문제점을 규명하고 분석하며 필요한 제어 수단이 시스템의 안전에 적합하도록 하려면 공식 절차를 사용해야 한다. 본 저자는 이러한 경험은 영국의 엔지니어와 함께 공유했으며, 매우 시스템적인 접근법을 사용하고 있다. 향후 국내에서도 점진적으로 이러한 시스템을 적용하려는 움직임이 일고 있음은 매우 중요한 변화라 할 수 있다.

2-3-7 도로 운송 분야

자동차의 EMC 환경은 가장 열악하고 예측하기 어려운 것 중 하나다. 차량이란 원래 이동하는 물체이므로 고정 송신기(방송 송신소)에 가까이 접근하기도 한다. 차주와 운전자는 자신들이 어떤 종류(심지어 고전력)의 송신기 옆에 가더라도 자동차가 정확하게 작동할 것으로 기대할 수 있는 권리가 있다고 믿는다. 차주도 자기 차에 임의로 전자 장비를 장착하고 자동차의 전원이 아닌 별도 전원으로 작동시킬 수 있다고 생각한다. 도로를 다니는 차량은 일반적으로 89/336/EEC 지침에 해당되지 않지만, 차종마다 특수한 EMC 지침인 95/54/EC의 저축을 받는다. 이 지침이 주변의 고정형 송신기 문제를 적절히 다루고 있지만, 정작 자기 차에 장착된 이동형 송신기 문제는 효과적으로 다루지 못하고 있다. 도체에 유기된 과도 전류는 차량 내부 문제이므로 95/54/EC에서 다루지 않고 있으며, 출고된 후에 부착한 액세서리도 포함되지 않는다. 그리고 정전기 방전(ESD) 요건도 95/54/EC에서 제외된다.

지금 안전과 관련된 자동차의 EMC에 관한 내용을 쓰고 있는 저자도 아직 EMC 문제로 사고가 난

차량의 얘기를 알지 못한다. 이것은 아마도 제조물 책임법의 대상인 자동차 제조사들이 자기들의 자동차가 EMC 문제를 일으키지 않도록 오랜 동안 노력한 덕분임이 분명하다.

EMC 문제에서 벗어나려면(차량과 부품의) 엄격한 사양, 부품 공급업체에 대한 철저한 감독, 좋은 설계, 차량과 부품에 대한 오랜 검사 그리고 자동차 EMC 지침이 안전과 관련된 EMC 시스템을 달성하는데 부적합하다고 여길 정도로 높은 품질 의식을 갖춰야 한다.

2-3-8 소프트웨어 분야

소프트웨어 설계는 IEC 61508 제 2부에서 요구하는 EM 방해에 견딜 수 있어야 한다. 일반적으로 내장된 소프트웨어의 EMC 문제를 다루기 위해 자동차 업계의 지침(MISRA)과 권고 사항을 참고로 사용한다.

이들 지침은 원래 자동차 업계에서 사용하도록 작성된 것이지만, 다른 응용 분야에서 내장된 소프트웨어의 성능을 높이는데도 매우 유용하게 쓰인다. 이들 지침은 다음과 같은 EM 방해의 영향을 대상으로 하고 있다.

- 특별한 외부 차단외의 경우를 포함한 디지털/아날로그 입력
- 통신 회선
- 여러 유형의 메모리 손상
- 프로세서의 제어 기능 상실
- 마이크로 코드의 해석 오류/장애와 클럭(clock) 펄스의 오류
- 주소 버스(bus)와 저장 장소(stack-pointer)의 오류
- 부동(浮動) 소수점 코프로세싱(co-processing)
- 개방/폐쇄 루프 제어 시스템

하드웨어가 견디기 어려운 EM 환경의 경우 소프트웨어 솔루션이 EMI 영향을 경감시키는 것이 바람직하다. 특히, 소프트웨어는 EM 방해(EMI)와 관련된 아래의 기능에 사용될 수 있다.

- 데이터의 디지털 필터링
- 오류를 확인하기 위해 데이터를 상수나 추정치와 비교
- 메모리 데이터에 대한 오류 탐지와 수정
- 통신 데이터에 대한 오류 탐지와 수정
- S/N 비율을 최적화하기 위해 적극적인 비율 조정
- 고장 관리와 안전한 상태로의 전환

2-3-9 중공업 분야

오늘날 대부분의 중공업 프로젝트들이 하청업체에 의해 수행되고 있지만, 장비에 CE 마크를 부착하고 관련된 모든 지침을 만족하도록 규정한 EMC 관리를 실시하는 곳은 거의 없는 실정이다. 따라서 전기/전자 시스템이 실제로 EMC를 갖추지 못해서 시운전이 늦어지거나 성능이 저하되거나 신뢰성이 낮아져서 불안정한 공장/장비로 전락하고 있다. 이런 문제점은 또 정교하고 예민한 전자 장비의 사용이 중공업 분야에서 계속 증가할수록 날로 심각해지고 있다.

그러나 CE 마크를 붙이고 EMC 지침/통일된 표준을 만족한다고 그런 문제점들이 해소되지는 않을 것이며, 중공업 분야에서 직면하고 있는 점차 열악한 EM 환경에서는 특히 그러하다. 경험상 최상의 해결책은 EMC 문제를 처음부터 다시 설계하는 것이다.

일반적으로 “Shell”의 EMC 관리 계획 절차는 중공업 프로젝트의 EMC를 하향식으로 제어하기 위해 개발되었고, EMC의 모든 면(EMC와 기능상의 안전 및 직업적인 비전리/non-ionizing 방사선 노출 포함)을 통제할 수 있게 고안되었다. 이 절차는 또 원치 않는 전기적 간섭을 피하고 지나치게 간섭에 취약한 기능을 보완할 수 있는 전기/전자 장치의 구매 절차를 규정하고 있다. 장치가 설치될 예정인 EM 환경에 대한 평가를 단순화하기 위해 간단한 점점 양식과 일반 측정용 데이터베이스가 사용되고, 다른 핵심 기능은 “전자(電磁)적 성능 확보를 위한 계약상

의 요구 사양”이 적용된다.

2-4 기능상의 안전은 EMC 지침만으로 해결되지 않는다.

EU에서 모든 종류의 EM 방해를 제거하는데 필요한 유일한 방법은 CE 마크가 부착된 장비를 제조(또는 구입)하고 EMC 지침서를 만족한다는 사실을 내보이는 것이라는 공통된 오해가 만연되어 있다. 그러나 여기서 이런 개념이 틀린 몇 가지 이유를 들면 아래와 같다.

- EMC 지침서의 본문에는 “안전”이란 단어가 어디에도 사용되고 있지 않다.
- EMC 지침서는 오직 일반적인 운영 조건만 다룰 뿐이고, 당연히 예상할 수 있는 결함, 극한 상황, 운영자의 실수, 정비 상황, 잘못된 사용처럼 기능상의 안전에 중요한 것들은 커버하지 않고 있다.
- EMC 지침으로 통합된 거의 모든 EMC 표준들은 명시적으로나 내용상으로 안전에 관한 사항을 배제시키고 있다
- EMC 지침(또는 R&TTE 지침)으로 통합된 모든 EMC 표준들은 제한적인 숫자의 EM 방해만 다루고 규정 또한 너무 느슨해서 불합격될 것이 거의 없을 정도다.
- EMC 기술 문서 파일들(TCF)은 통일된 표준들을 모두 적용했을 때 달성할 수 있었던 성과보다 현저하게 낮은(또는 낮은 성과 기대감의) EMC 기준을 담고 있으며, 해당 주체들도 안전을 위해 TCF를 항상 평가하거나 검토하지 않고 있다.

따라서, EMC 지침서를 준수해도 부적절한 EMC 때문에 실제 운영 상태에서 EM 방해나 안전상의 위험이 절대로 없다고 말할 수는 없다. EMC 지침서가 기능상의 안전 문제를 해결하지 못한다는 사실이 유럽 집행 위원회(EC)의 SLIM III 팀이 작성한 보고서 (“Report of the SLIM III Team on the Electromagnetic Compatibility Directive(89/336/EEC as amended) Final

version, Brussels, 24th September 1998”)와 EC의 다른 문서 “*Considerations on Safety and EMC, pages 6 and 7 of EMC-consultant / commission 6 12/05/99 Annex A to CLC(SG)765, C210(Sec)151. A statement by Mr R De Vré(EMC consultant to the European Commission) tabled at the CENELEC/ETSI ad hoc meeting held on 18th May 1999 in Brussels.*”에 의해 알려져 있다.

2-4-1 통일된 EMC 표준이 다루지 못한 안전 문제

유럽 전기표준회의(CENELEC)는 통일된 EMC 표준을 작성할 때 안전 요건을 포함하지 말라는 지시를 유럽집행위원회(EC)로부터 받은 것으로 알려져 있다. 현재 적용 가능한 통일된 면역 표준은 점차 보편화되고 있는 환경-(산업-과학-의료(ISM) 장비로 알려지고 EN55011에 의해 다루지고 있는) 이를 테면 위키토키나 휴대 전화기 또는 무선 에너지 장치의 근접 사용-을 명백히 배제시키고 있다.

많은 제조회사들이 제품 표준이 없을 때 사용하는 통일된 일반 면역 표준인 EN50082-1과 EN50082-2의 본문에는 안전에 관한 사항이 “철저하게 배제” 되어 있다. 최근에 IEC와 ETSI 및 CENELEC에서 개발된 특정 제품의 내성 표준은 모두가 일반적인 표준을 근간으로 하고 있으며, 안전에 관한 내용은 전혀 포함하고 있지 않다.

흔히 EMC 방사에 관한 통일된 표준은 특히 방해 파에 예민한 장비가 가까이에서 사용되고 있는 상황을 제외시키고 있다. 그런 특수 상황을 전혀 고려하지 않는 표준끼리는 서로 비슷한 검사 방법과 방사 레벨을 적용하고 있으므로 내용 조차 비슷하다고 추정할 수 있다.

실생활에서의 안전이란 면역력이 취약한 전자 장비가 통일된 표준에서도 다루지 않을 정도로 EM 방해의 확률이 낮은 간섭을 받았을 때 정확히 작동되느냐에 달려 있다. 심지어 최근에 발표된 일반 EMC 표준들도 오직 있을 법한 EM 방해만 다루고 있다.

EM 환경은 신기술의 활용과 더불어 계속 달라지고 있어서 통일된 표준조차도 흔히 실제 수요보다 뒤쳐지고 있다. 예를 들어, 휴대 전화와 무선 LAN 그리고 기타 고주파 송신기와 고속 인터넷에 접속된 컴퓨터가 점차 보편화되고 있으며, 이들이 1 GHz 이상의 주파수 대역(때로는 최근에 발표된 면역 표준에서 언급한 주파수보다 높은 대역)에서 강한 레벨의 방해파를 수시로 방사하고 있다.

Ⅲ. 결 론

본 기고문에서는 기능적 안전성에 관한 시스템 레벨의 EMC 관리 절차를 다루었다. 향후 EMC 관련 시스템 차원의 안전성 문제는 많은 응용 분야에 필요할 것으로 생각되며, 이 분야는 아직 국내에서는 생소한 분야이긴 하지만 꼭 필요한 분야이기도 하다. 본 저자는 이 분야 경험을 영국의 엔지니어와 공유하면서 시스템 차원의 EMC 관리 절차의 중요성을 다시 한번 느꼈으며, 모든 국내 EMC 관련 엔지니어와 함께 공유를 하고 싶은 마음이다. 본 기고문이 개념적인 내용을 다루고 있지만, 실제 본 내용은 매우 복잡하며, EMC 시스템 엔지니어링 분야의 새로운 장을 열 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] IEC 61508-1:1998 *Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems-Part 1: General Requirements.*
- [2] IEC 61508-2 *Functional Safety of Electrical/electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems-Part 2: Requirements for Electrical/Electronic/ Programmable Electronic Safety-Related Systems.*
- [3] IEC 61000-2-5 *Classification of Electromagnetic Environments.*

- [4] IEC 61000-1-1 *EMC-Application and Interpretation of Fundamental Definitions and Terms.*
- [5] IEC 61508-6 *Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-Related Systems -Part 6: Guidelines on the Application of Parts 2 & 3 (still in preparation).*
- [6] Draft IEC 61000-1-2 EMC-Part 1, General-Section 2: *Methodology for the Achievement of Functional Safety of Electrical & Electronic Equipment (the latest draft at the time of writing (March 2000) is IEC CDV 77/61000-1-2 Ed.1).*
- [7] IEC 61508-5 *Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic Safety-related Systems -Part 5: Examples of Methods for the Determination of Safety Integrity Levels.*

≡ 필자소개 ≡

정 기 범



1999년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학사)

2001년 2월: 국민대학교 전자공학과 (공학석사)

2002년~2004년 2월: 한양대학교 전파공학과 박사수료

2004년~2008년: EMC기술지원센터 팀장

2008년~현재: (주)이엔알컨설팅 EMC수석컨설턴트

[주 관심분야] EMI/EMC 측정 및 설계·대책, EMC를 고려한 PCB Artwork 설계, EMC Management 엔지니어링