

산업용기계 · 기구의 전자파 안전대책

정 제 종

산업안전보건연구원

1. 서 론

최근 산업용 기계·기구 및 설비는 과거 아날로그 제어방식에서 전자회로를 이용한 디지털 제어방식으로 전환됨에 따라 제어장치가 소형화되고, 기능의 다양화 및 초정밀 제어가 가능해 졌다. 그러나 각종 전자파 잡음 발생원이 많아지고 기계장치의 제어에 약한 신호가 이용되고 있기 때문에 전자파 장애로 인한 산업재해와 생산차질, 불량품 생산 등 여러 부작용의 원인이 되고 있다. 이에 선진국의 경우 전자파 적합성(EMC)에 대한 규제대상과 안전기준을 점점 강화하는 추세에 있으며, 우리나라의 경우도 가전제품, 통신장비 등은 전파법, 전기용품안전관리법 등으로 오래 전부터 전자파 안전대책을 의무 규정화하여 규제하고 있다. 하지만 산업용 기계·기구 및 설비 분야에서의 전자파 안전대책은 매우 취약한 실정으로 기계의 제어장치 오작동으로 인한 산업재해발생 위험성이 갈수록 커지고 있으나 아직 전반적인 실태파악과 사례조사가 미흡한 실정에 있다. 이에 한국산업안전공단에서 산업용로봇 등 각종 산업용 기계·기구에 대한 전자파 적합성 시험결과에 대한 분석과 대표적인 장애사례 예시를 통하여 산업현장에서의 전자파 장애실태와 전자파 안전대책에 대해 제시하고자 한다.

2. 전자파 간섭(장애)현상

전자파는 산업현장과 우리 일상생활에서 사용되는 모든 전기·전자제품에서 사용(그림1 참조)되고 있으며, 방송·통신 등 다양한 분야에서 유용하게 활용되고 있다. 하지만 전기·전자제품 사용과정에서 고조파와 서어지 등(그림 2 참조)이 불가피하게 발생되게 되며, 이러한 불요불급한 전자파는 유용한 용도로 사용되는 주파수 대역과 중첩되는 경우 간섭을 일으켜 방송·통신장애 현상을 유발하거나 산업용 기계의 전자제어장치 오작동의 원인이 되기도 한다.

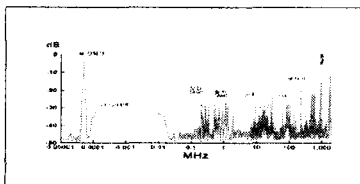


그림1. 일상 이용 주파수 대역

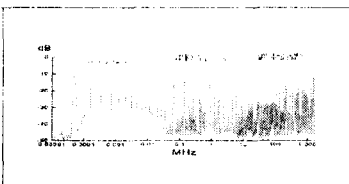


그림2. 장비에서 발생하는 전자파

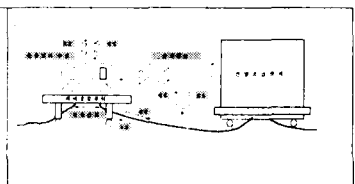


그림3. 전자파 간섭현상 개념도

3. 전자파 안전시험

전자파 안전시험은 어떤 전기·전자장비에서 전자파가 방사되는 수준을 측정하는 “전자파장해(EMI)시험”과 전기·전자장비가 외부의 전자파 환경에 오작동 가능성이 없는지를 시험하는 “전자파내성(EMS)시험”으로 구분할 수 있는데 이를 총칭하여 “전자파 적합성(EMC)시험”이라 한다.)시험은 배선을 통하여 방사되는 전자파를 측정하는 전도장해(CE) 시험과 공중방사 전자파를 측정하는 방사장해(RE) 시험으로 2가지 시험이 있다. 전자파내성(EMS)시험은 기계의 제어장치의 오작동 가능성에 대한 각종 신뢰성시험으로 정전기방전시험, 방사내성시험, 전기적 빠른과도현상시험 (EFT/Burst), 서어지내성시험, 전도내성시험, 순간정전시험 등 6가지 시험이 있다.

표1. 전자파 안전에 관한 시험

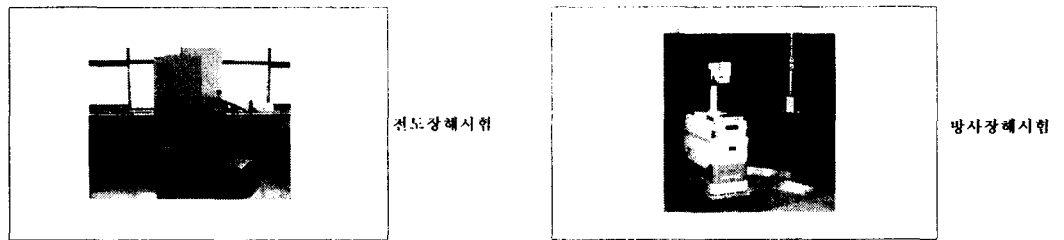
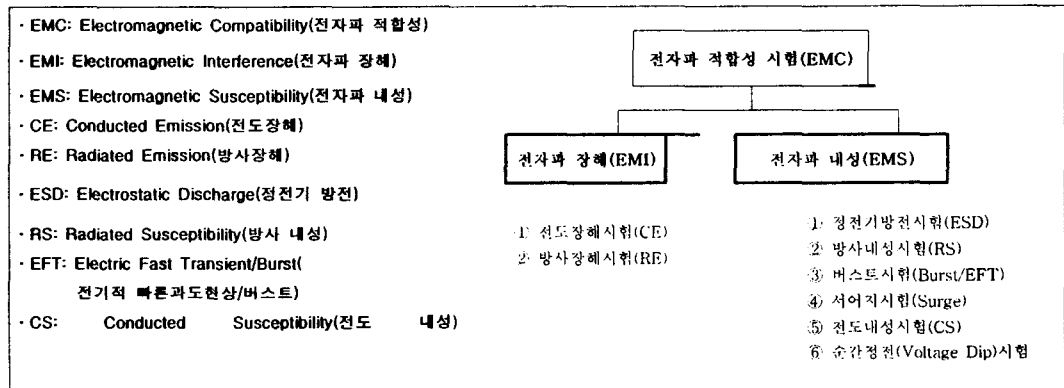


그림4. 전자파 장해시험(EMI)

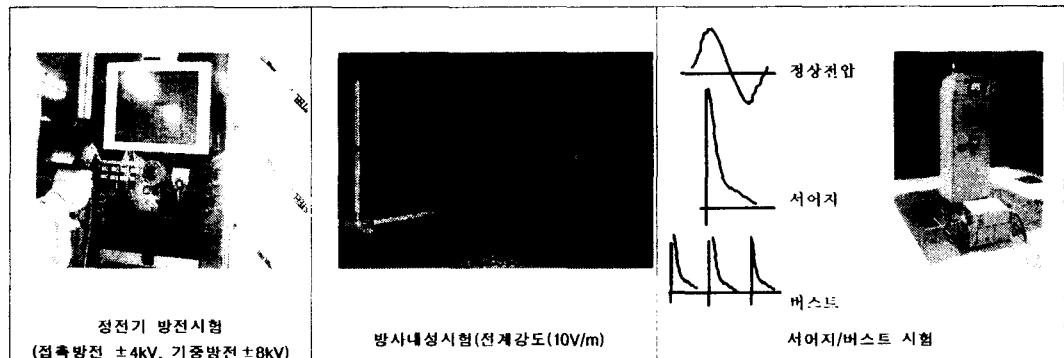


그림5. 전자파 내성시험

4. 산업용기계·기구의 전자파 안전 실태조사

4.1 조사대상

전자파 안전실태 분석대상은 2001.1.1~2003.4.30 기간에 한국산업안전공단에서 운영하고 있는 안전인증제도(S마크) 인증심사시 전자파 적합성 시험을 신청한 산업용 기계·기구 48개 품목을 대상으로 하였다.

4.2 시험방법 및 기준

산업용기계·기구 중 제품크기, 중량이 너무 큰 경우에는 제조현장에서 제품을 실제 가동조건에서 현장시험(On-Site Test)을 실시하였으며, 소형 기계 및 전기전자 부품의 경우 3m법 전자파 무반향실에서 시험을 하였다. 시험기준은 전자파 적합성에 관한 국제규격(CISPR 11), IEC 61000-6-4, IEC 61000-6-4) 및 유럽연합규격(EN55011)에 따라 수행하였다.

4.3 실태조사 결과

조사결과 과반수 이상이 무인운반기계 및 로봇이 부적합한 것으로 나타났으며, 특히 RE, RS, CS시험에서 부적합이 많았다.

표2. 전자파 적합성 시험결과

(단위 : 건)

	구 분	계	적 합	부 적 합
	계	48(100%)	26(54%)	22(46%)
제품별 전자파 적합성시험 (EMC)	산업용 로봇 내장기계 등	26(100%)	12(46%)	14(54%)
	무인 운반기계	5(100%)	2(40%)	8(60%)
	가스세정기/공급장치	5	4	1
	냉각기	1	1	0
	사출성형기	1	0	1
	굴삭기	1	0	1
	알력센서	2	1	1
	기타 전기전자 부품류	7	6	1
	계	26(100%)	16(68%)	15(42%)
전자파 장애시험(EMI)	전도장애 시험(CE)	12(100%)	9(75%)	3(25%)
	방사장애 시험(RE)	14(100%)	6(42%)	8(68%)
	계	139	109(78%)	30(22%)
전자파 내성시험(EMS)	ESD	28	24(85%)	4(12%)
	Burst	25	21(84%)	4(16%)
	Surge	11	10(82%)	1(18%)
	Dip	7	7(100%)	0(0%)
	RS	12	24(75%)	8(25%)
	CS	36	23(63%)	13(33%)

5. 전자파 장애사례와 대책

한국산업안전공단에서 안전인증(S마크) 심사과정에서 확인된 여러 전자파 장애 사례 중 첨단자동화 공정에서 신기술방식으로 도입을 추진중인 무인운반기계 (그림6) 의 전자파 장애사례를 소개하고자 한다. 이 기계의 특징은 전원공급이 전선을 통하여 이루어지지 않고 고주파 전자장 커플링을 통해 무인운반기에 전원이 공급되는 비 접촉 전원 공급방식이며, 광 무선 모뎀을 통해 로봇의 작동이 제어된다.

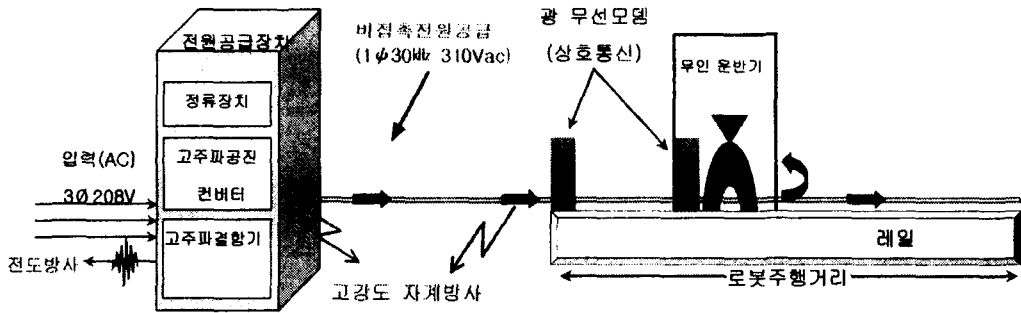


그림6. 무인운반기계 구성도

5.1 전도방사장해

그림 7, 8은 무인운반기계가 작동 전후 전원공급장치에서 발생하는 전자파가 전원 공급선을 타고 되돌아 나가는 파형을 나타낸다. 그림8과 같이 기준 값을 초과하는 전자파 방사는 동일 전원선에 접속된 다른 장비의 오작동을 유발하게 되어 생산 차질이나 산업재해 위험성을 높이게 된다.

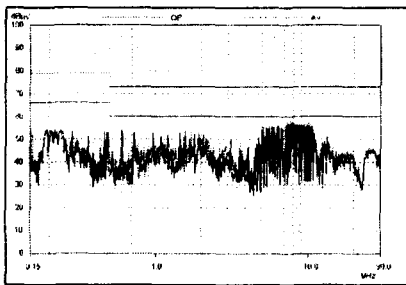


그림7. 기계작동전 입력선 전자파 특성

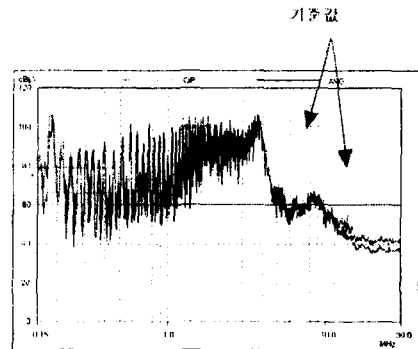
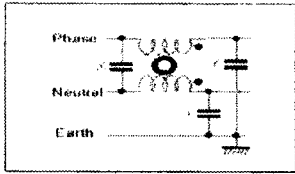


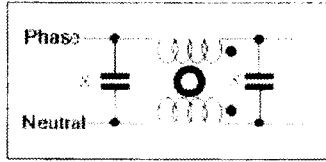
그림8. 기계작동시 입력선의 전자파 특성

전자파 안전대책은 여러 가지가 있으나 그림8과 같이 배선을 통한 전자파 방사가 큰 경우 이를 완화시키기 위해서는 전기회로의 특성에 적합한 적절한 전자파 차단필터를 설치하여야 한다. 차단필터(그림 9 참조)는 가격이 비싸고 용량이 큰 제품이 반드시 효과가 높은 것이 아니며, 주파수 특성에 따라 최적조건의 것을 선정하는 것이 중요하다. 또한

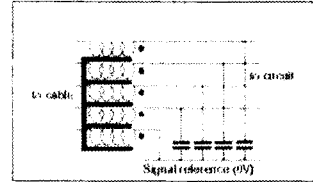
설치시에는 필터 부착부위의 페인트 등 이 물질을 깨끗이 제거하여 필터 외함과 부착면이 전기적으로 잘 접속 되도록 하고, 접지회로는 접지 저항 이 적도록 접지선 길이 및 굵기, 접지단자 접속(그림 10 참조) 등에 유념하여야 한다.



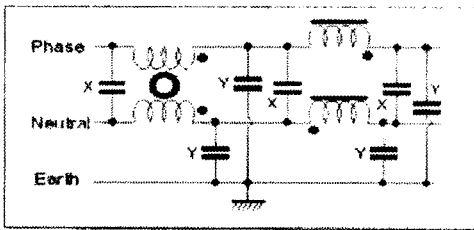
(9-i) 누설이 적은 필터



(9-ii) 일반 단상필터



(9-iii) 케이블 신호용 필터



(9-iv) 스위칭모드 전력변환용 필터
그림 9. 전자파 필터의 종류

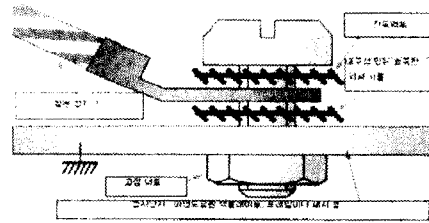


그림 10. 접지단자 고정방법

5.2 공중방사장해

무선통신장비와 산업용 로봇이 상호간섭을 일으키는데 그림 11은 로봇을 작동 시키지 않는 상태에서 주변의 전자파환경을 나타내고 있으며, 그림 12는 로봇 작동시 광모뎀을 통해 작동신호 통신시 전자파 공중방사의 특성을 보여 주고 있다. 이경우 로봇 제어장치에서 방사되는 전자파 중에서 제2고조파가 무선 통신대역과 중첩하게 되어 무선통신 장애를 상호 유발하게 되며, 또한 로봇 주변에서 무선통신을 사용 하거나 근처 무선기지국에서 발생하는 전자파에 의해서 로봇이 오작동 될 수 있다.

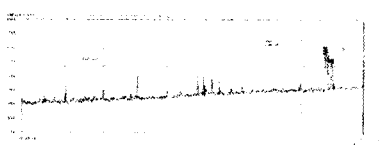


그림 11. 외부환경 전자파



그림 12. 광모뎀 작동시 방사 전자파

광모뎀장치를 플라스틱 외함에 내장시켜 제작함에 따라 광모뎀장치에서 발생하는 전자파가 차폐되지 아니하고 그대로 공중으로 방사됨에 따른 장애현상이다. 따라서 이러한 전자파 방사원(사진8참조)은 금속제 외함에 내장시켜 전자파 공중방사를 막을 수 있으며, 외부 노이즈원으로부터 유입을 차단할 수 있다. 또한 조작신호 로봇작동에 지장을 초래하지 않는 범위에서 가능한 낮추어 방사 기준값 이하가 되도록 한다. 무선통신을 이용한 제어방식의 경우에는 외란에 의한 작동신호의 오지령을 예방하기 위하여

2개의 채널로 제어되는 방식을 설계·제작시 고려하여야 한다.

5.3 고강도 전기·자기 발생

고강도의 전기(Electrical Field) 또는 자기(Magnetic Field)의 발생은 기기의 오작동 뿐만 아니라 인체에 노출되는 경우 매우 위험하게 된다.

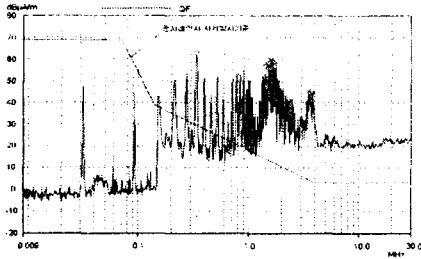


그림 13. 저주파 자기방사

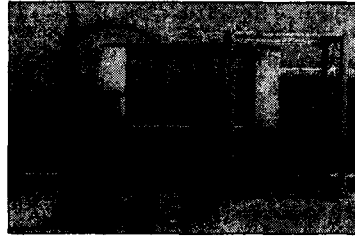


그림 14. 방사자기측정

그림 13은 무인운반기계 작동시 주변으로 방사되는 저주파 자기특성이며, 전기 강도는 65~135V/m 수준이다. 무인운반기계 작동시 방사되는 자기 강도가 가정용 전자레인지의 자기 방사기준치를 훨씬 초과하고 있다. 이 경우 주변 도전체에 높은 전압이 유도될 수 있고, 감전 위험성과 불꽃 방전을 일으키는 등 위험한 상황이 초래될 수 있다. 로봇 주변에 존재하는 부품 적재대, 캐비닛 등 모든 금속체는 등전위 본딩 접지를 하여 감전예방 및 불꽃방전을 일으키지 않도록 하여야 한다.

6. 결론

최근 산업용 기계·설비는 자동화·고속화·디지털 제어화 추세에 있기 때문에 전자파 적합성에 관한 문제는 생산성 향상과 산업안전 측면에서 매우 중요한 사항임에 틀림없다. 하지만 안전대책은 제도적 측면에서 구체적 규제사항이 없으며 기계·기구 제조자 역시 제품제작시 전자파 안전대책에 대한 고려가 극히 미흡한 실정이다. 산업용 전자파 안전 대책으로 다음과 같은 사항이 강조되어야 할 것으로 판단된다.

- 가. 각종 산업용 기계·기구 및 설비의 전자파 안전실태와 장해사례에 대한 보다 체계적인 조사가 필요하다고 판단된다.
- 나. 전자파 장해현상으로 재해발생 위험이 높은 산업용 기계·기구에 대해서는 최소한의 규제(노동부 고시 제정)가 필요하다고 판단된다.
- 다. 전자파 안전기술 연구, 전자파 안전용품의 개발이 활성화되어야 한다고 사료된다.
- 라. 기계·기구 제조·설계자가 제품제조시 활용 가능한 전자파 안전기술에 관한 각종 자료개발 및 보급, 현장실무 교육 등이 활성화되어야 할 것으로 사료된다.