

# 전자파에 의한 산업기기의 오동작과 인체장해

김기채\*

(\*한국표준과학연구원 전자파연구실 선임연구원)

## 1. 서 언

19C말 전자파의 존재가 실증된 후 백여년이 지난 현재 전자파의 이용기술은 눈부신 발전을 거듭해왔다. 방송과 통신 분야는 말할 것도 없고, 제어, 계측, 전력, 의료 등 광범위한 분야에서 전자파가 이용되기에 이르렀고 현대와 같은 정보화 사회도 전자파에 의해 구축되었다고 해도 과언이 아니다. 이러한 전자파의 이용기기 및 장치가 우리들의 일상생활 주변에서 범람하고 있는 가운데 이들 기기로부터 나오는 불필요한 전자파에 의한 인체장해가 염려되고 있다. 이 뿐만 아니라, 산업체의 생산현장에서는 주위의 전자파 응용장치 등에서 나온 불요전자파에 의해 산업기기 및 시스템이 오동작을 일으켜 치명적인 산업재해를 유발하기도 한다.

전자파의 인체작용에 관해서는 약과 같이 좋은면과 나쁜면의 양면성을 갖고 있으므로 이들 양면의 효과를 적절히 제어 운용하기 위한 지혜가 필요하지만, 산업기기의 오동작에 따른 산업재해의 방지 측면에서는 불요전자파를 무조건 억제해야 할 뿐만 아니라, 불요전자파에 의해 영향을 받지 않도록 해야 한다.

본 해설에서는 불요 전자파에 의한 산업기기의 오동작과 인체장해에 대해 간략히 설명하고자 한다. 보다 구체적인 내용에 관해서는 다른 전문서적 및 문헌을 이용해 주었으면 한다.

## 2. 전자파란

전자파란 전계와 자계의 진동이 진공 또는 물질중

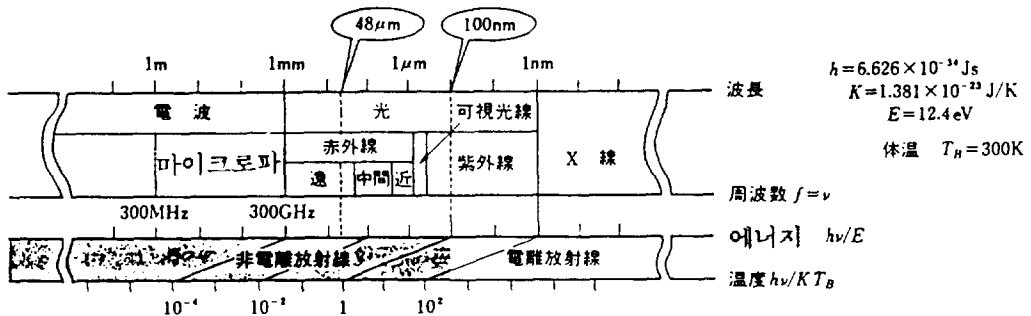


그림 1. 전자파의 스펙트럼과 제원

을 전파하는 파동현상을 말한다. 이 파동은 파장, 주파수, 광양자에너지와 온도의 4개의 파라미터로 특징 지을수 있다.

전자파를 스펙트럼으로 분해하여 나타내면 그림1과 같다. 파장이 짧고 주파수가 높아질수록 그 만큼 전자파가 갖는 운동에너지는 증대하고 온도도 높아진다. 일반적으로 파장이 약 100 nm(광양자 에너지로는 약 12 eV)보다 짧은 전자파는 관례적으로 전리방사선, 이보다 긴 전자파는 비전리방사선으로 불리고 있다[1].

온도로 말하면 전리방사선이란 약 143,700 °C이상의 전자파를 말한다. 전파는 파장이 1 mm보다 길고, 주파수는 300 GHz 이하의 전자파를 가르키고 무선 주파수라고도 한다. 광양자에너지로는  $1.24 \times 10^{-3}$  eV이하의 전자파가 통상 말하는 전파이다. 온도로는 영하 260 °C보다 낮은 초극저온의 전자파가 된다.

### 3. 전자파와 산업기기

1970년대 초반 하더라도 산업재해라고 하면 프레스 판금 작업시에 손가락이 프레스 금형에 의해 절단된다던가, 장갑을 낀채 그라인딩 작업을 하다 공작물과 함께 그라인딩에 휘말려 손을 다친다던가, 화학공장의 대형 저장물 탱크를 용접가공하다 용접시의 열로 인한 압력증가로 용기가 폭발하여 재해를 입는 경우가 대부분이었다. 이에 더하여 70년대 후반에 들어와서는 전혀 새로운 산업재해의 요인이 생겨나게 되었다. 디지털 회로기술이 발전하고 마이크로프로세서가 개발됨에 따라서 NC선반, 로봇 등과 같이 수치제어로 동작하는 각종 산업기기가 출현하게 되었다. 이러한 산업기기들은 지시한 대로 시간과 함께 예정동작을 하게되어 있다. 그러나, 외부로부터 예상치도 않았던 변화로 인하여 산업용 로봇이 각 공정에서 영뚱한 동작을 하게 된다면 제품생산에의 손실초래 뿐만 아니라, 최악의 경우에는 인명 손실까지 가져오게 하기도 한다. 산업용 로봇과 자동화된 공작기계 등은 디지털 회로를 이용하고 있으며 각종 메모리 소자가 내장되어 있다. 이러한 메모리 소자들은 미약한 전류에서 고속으로 동작하는데 공장내의 각종 전기 접점 이블테면, 마그네트 스위치, 릴레이, 전동기의 정류자 등에서 발생하

는 개폐잡음 및 고주파 이용 장치나 도시주변에 산재해 있는 내온사인, 전철의 전기공급선 등에서 발생하는 방전현상등의 잡음으로 인해 메모리 소자는 예측하지 못한 오동작을 할 수 있다. 외부에서 침입한 미약한 전류가 메모리소자에 기록되어 있던 원래의 정보를 없애버리거나 또는 다른 정보를 기록케 하여 원래의 동작을 흐트러지게 하기 때문이다. 이러한 목적외의 동작을 방지하기 위해서는 불요전자파의 침입을 적극적으로 배제하는 수단을 취하던가 그렇지 않으면, 불요전자파가 전혀 없는 곳에 공장을 세울 수 밖에 없다. 그러나 후자와 같은 환경이 실현되어도 공장내의 전기설비에 따른 각종 스위치가 설치되는 등 잡음원을 완전히 배제할 수는 없다. 따라서, 산업용기기 자신의 잡음 배제 능력(immunity)을 갖추게 할 수 밖에 없다.

산업안전측면에서는 무조건적으로 목적외의 동작이 발생하지 않도록 해야 한다. 그렇게 하자면 실제로 오동작이 어떻게 일어나고 있는가에 대한 사례연구를 통하여 현상을 인식하는 것이 산업체 현장의 실무자들에게는 도움이 될 것이다. 사례를 통하여 주위에 설치되어 있는 각종 산업기기들을 주의깊은 눈으로 바라볼 수 있을 뿐만 아니라 안전을 지키기 위한 안전수칙 같은 것도 생각해 낼 수 있을 것이기 때문이다.

1982년 일본에서 발생한 예를 들어 보기로 하자(그림 2 참조). 피해자인 33세의 A씨는 CNC선반 작업중 선반의 주축에 장착되어 있는 공작물이 편심으로 흔들리는 것을 바로 잡으려고 CNC선반을 정지

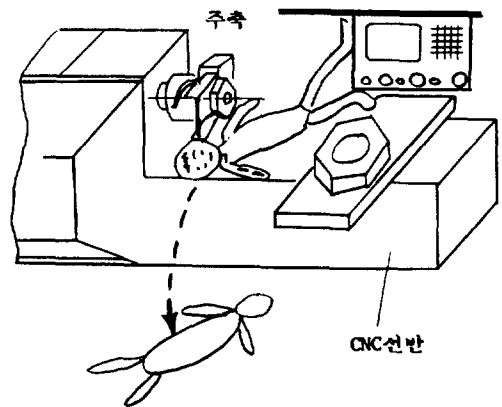


그림 2. CNC 선반 작업시의 재해 발생상황

라서는 인명손실을 초래할 수가 있다. 산업체 현장의 근무자들이 가장 두려워해야 하는 것은 바로 보이지 않는 전자파 잡음이라는 생각이 든다. 전자파가 우리들의 일상생활에 도움을 주는 것인 반면, 건강을 해치기도 하고, 심지어는 전자파가 2차재해를 유발하여 생산현장 근무자의 생명까지 앗아가기도 한다. 이러한 전자파 잡음을 적절히 제어 운용하기 위해서는 전자파환경공학(EMC/EMI)의 기술이 산업기기를 설계하는 단계에서 철저히 고려되어야 한다.

다음 장에서는 잡음 저감기술에 대하여 간단히 알아보기로 한다.

#### 4. 잡음 저감기술 [7]

잡음이 현실적인 문제로 대두되기 시작한 것은 전자회로의 고집적화, 광대역화 및 고속화에 의해 신호가 공간적 시간적으로 고밀도화한 것으로부터 유래한다. 즉 이롭지 않은 전자기적 상호간섭이 증가했기 때문이다. 환경공해 문제에는 가해자 자신이 피해자가 되어있는 구조가 대부분이며, 잡음의 문제도 이와 같다. 피해자가 되지 않기 위해서는 자신도 잡음을 내지 않는 구조가 필요하게 된다.

잡음원이 존재하더라도 전달경로가 없으면 영향을 미치지 않는다. 이 경로는 회로도 상에는 명시되지 않는 것이 대부분이며, 회로소자간의 모든 결합관계가 회로도 상에 기술되어 있지는 않다. 회로도에는 기술되어 있지 않지만 불필요하고 유해한 결합을 통찰하는 것이 잡음문제 해결의 본질이다. 회로설계와 실장기술에서 중요한 잡음발생의 저감 방법으로서 차폐, 접지, 감결합, 분리, 잡음보상, 점점잡음의 제거방법 등이 있는데 여기서는 중요한 몇가지에 대해서만 알아보도록 하자.

##### 4.1 쉴딩(차폐, shielding)

잡음원과 잡음의 영향을 받는 회로나 전기전자기 사이에서 잡음의 영향을 차단하는 금속체를 쉴드(shield)라 한다. 일반적으로 쉴드는 대상을 2개의 공간으로 분할한다. 즉, 한쪽의 공간은 잡음원을 포함한 전자계가 존재하는 영역이며, 다른 한쪽은 차폐가 되어 전자계가 존재하지 않는 영역이다. 이러

한 차폐는 2가지의 경우를 생각할 수 있다. 하나는 잡음원이 쉴드 밖에 있도록 하는 경우(외부 전자계의 영향으로부터 차단하는 것)이며, 또 하나는 잡음원을 쉴드 내에 가두어 놓는 경우(잡음원을 둘러 싸 버리는 것)이다.

##### 4.2 그라운딩(접지, grounding)

그라운딩은 접지 또는 어스라고 하며 회로나 전기전자기기를 지구와 동일한 전위가 되도록 하는 것이라고 생각할 수 있다. 접지의 목적은 크게 2가지가 있다. 제 1의 목적은 기준전위를 정하는 것이며, 제 2의 목적은 사용자를 전기 충격으로부터 보호하기 위한 것이다. 전자회로를 바르게 접지하면 신호의 기준전위가 정해지고 안정한 동작이 보증되지만 접지점의 전위가 변동하면 잡음이 발생하게 된다. 잡음저감을 위한 접지기술은 여러가지가 있지만 주요한 것만을 간추려 보면, (1) 접지회로의 임피던스를 가능한한 작게 할 것, (2) 접지회로에는 가능한한 전류가 흐르지 않게 할 것, (3) 그라운드루프가 형성되지 않도록 할 것 등이다. 접지의 방식도 1점에 접지하는 방식(single point grounding connections, 1점접지방식)과 여러점에 접지하는 방식(multi point grounding connections, 다점접지방식)이 있으므로 구체적인 내용은 전문서를 참조하기 바란다.

##### 4.3 잡음보상

위에 열거한 것은 회로도에 명확히 기술되지 않는 잡음 및 잡음의 형태를 알고 있더라도 침입위치를 정확하게 알 수 없고, 또한 잡음의 크기를 정확히 예측할 수 없을때의 잡음 저감법이다. 만약, 잡음이 침입하는 위치를 알 수 있고, 가해지는 잡음의 크기가 예측 가능한 경우에는 잡음 그 자체를 없앨 수는 없지만 잡음보상의 방법을 사용하여 잡음으로 인한 영향을 배제할 수 있다.

##### 4.4 점점잡음을 제거하는 방법

스위치나 릴레이의 점점개폐에는 점점에서 불꽃방전이 생길 수가 있다. 여기서 생성되는 펄스전류와 전계, 자계에 의해 잡음이 발생하게 된다. 방전을

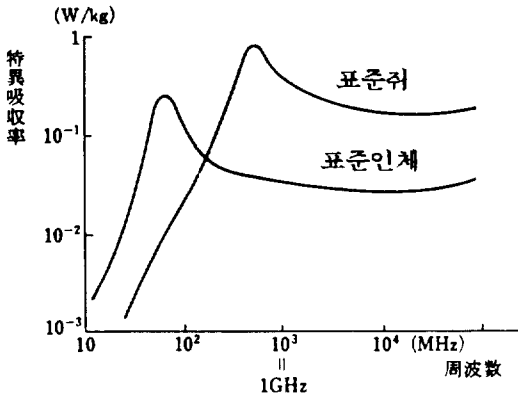


그림 6. SAR의 주파수 특성

계를 나타내면 그림5와 같다. 그림 5에서 알 수 있는 것과 같이 체중당의 기초대사량과 체중과의 관계는 양대수 그래프상에서 동물의 종류에 관계없이 직선상에 놓여진다. 이로부터 알 수 있는 것과 같이 체중이 무거울수록 기초대사량이 낮아지게 된다. 질량(체중) 1 kg당의 전파의 흡수전력은 특이흡수율(SAR, Specific Absorption Rate)이 발열작용에 의한 생체효과의 척도로서 이용된다.

인체에 대한 생체효과의 문턱치로서는 전신평균 SAR이 ANSI에서는 4-8 W/kg, 미국, 환경보호청(EPA, United State Enviomental Protection Agency)에서는 1~2 W/kg으로서 이 문턱치의 10배 또는 2.5배의 안전율을 고려한 0.4 W/kg이 세계각국에서의 안전기준 지침치로서 확립된 것으로 되어있다. 이 값을 넘지 않는 전자파의 세기가 안전기준이 되지만 SAR는 전파원, 주파수, 편파, 인체의 크기 등에 의해 크게 변한다. 따라서, 평면파를 전신에 쬐었을 때를 최악의 케이스로 하고, 이 경우의 SAR 지침치를 넘지 않는 전파의 세기를 기준레벨로 정하고 있다.

그림 6은 1 mW/cm<sup>2</sup>의 평면파 쬐임에 대한 특이흡수율의 주파수 특성을 나타낸다. 전파의 세기가 같아도 주파수와 생체의 크기에 따라서 SAR가 현저히 변하고 있지만, 일반적으로는 자유공간에서는 전계와 신장방향이 평행하고 신장의 반파장에 상당하는 주파수의 전파가 가장 흡수되기 쉽고 SAR가 최대로 된다. 실제로 조사해보면, 작은 동물은 높은 주파수의 전파에 공진하고 있다. 예를들면, 토끼의

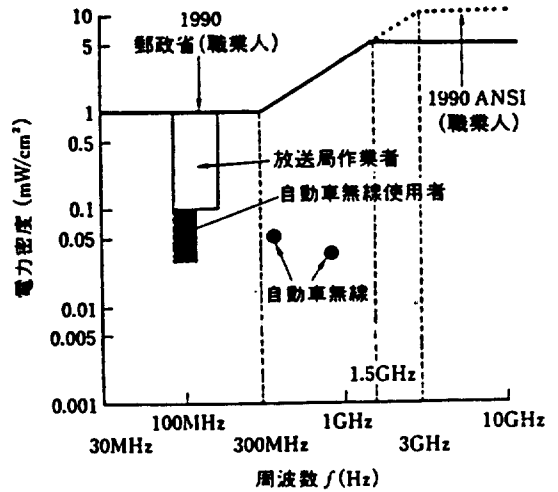


그림 7. 안전기준과 전자파이용시설 주변의 전력밀도

공진주파수는 1 GHz 부근에 있다. 그리고, 사람의 경우에는 신장 175 cm의 표준 인체를 상정했을때 70MHz 부근에서 공진한다. 그리고 팔뚝만이라면 300MHz근처에서 공진하고 있다. 그림6을 자세히 관찰해보면 동일한 전계의 세기라도 1 GHz와 70 MHz를 비교해 보면 인체에 흡수되는 전파의 흡수량은 10배 가까이 차이가 난다. 즉, 인체에 대해서는 주파수 30-300 MHz의 범위에서 SAR이 최대가 되기 때문에 세계각국의 안전기준에서는 이 주파수 대역의 전파의 세기를 가장 엄격하게 규제하고 있다.

그림7은 ANSI와 일본의 안전기준을 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 자동차 무선과 방송전파 등은 기준레벨보다 훨씬 적다.

## 6. 결 언

본 해설에서는 전자파가 인체에 미치는 영향을 개설하고 불필요한 전자파 잡음이 산업기기에 오동작을 일으켜 산업재해를 유발시킬 수 있다는 것을 간략히 설명하였다. 전자파가 우리들의 일상생활에 도움을 주는 것인 반면, 경우에 따라서 치명적인 손실을 주기도 하며 건강을 해치기도 하고, 심지어는 불필요한 전자파가 2차재해를 유발하여 생산현장 근무자의 생명까지 앗아가기도 한다. 이러한 불요 전자파를 적절히 제어 운용하기 위하여 우리는 모든 지

해를 동원해야 할 것으로 생각된다.

본해설의 대부분은 문헌[4]~[7]을 참고로 하여  
집필되었음을 밝혀둔다.

참 고 문 헌

[1] 森山節二(譯), “無線周波數およびマイクロウェーブ  
の生體, 環境構築基準と安全對策”, pp. 19-20, pp.  
40-44, New Technology and Science, Sep. 1984.

[2] 齊藤正男, “電磁界の生體への影響”, テレビ誌,  
42, 9, pp. 945-950, 1988.

[3] Gandhi OM O., “Biological Effects and Medical  
Applications of RF Electromagnetic Fields”, IEEE  
Trans. Microwave Theory and Techniques, MTT  
-30, 11, pp. 1831-1847, Nov. 1982.

[4] 赤尾保男, “環境電磁工學の基礎”, pp. 145-160, 電  
子情報通信學會, Mar. 1991.

[5] 藤原 修, “電磁波のバイオエフェクト”, 電子情報通  
信學會誌, Vol. 75, No. 5, pp. 519-522, May  
1992.

[6] 김기채(譯), “전파는 위험하지 않은가(徳丸 仁  
著)”, 전파과학사, 1991.

[7] 山崎弘郎, “電子回路のノズ技術”, オーム社, .1981.



김기채(金基采)

1959년 10월 19일생. 1984년 영남대  
공대 전자공학과 졸업. 1986년 일본  
게이오대 대학원 전기공학과 졸업(석  
사). 1989년 동 대학원 전기공학과  
졸업(공학). 1989~93년 한국 표준과학연구원 전자  
파연구실 선임연구원. 1993년 4월 일본 후쿠오카공  
업대학 정보공학과 조교수. 1988년 일본전자정보통  
신학회 Outstanding Young Engineer Award 수상.  
주관심분야: 안테나공학, 전자파이론등. 역서: 전파  
는 위험하지 않은가?