

각종 전기 설비에서의 전자파의 영향 및 저감대책

최재훈 / 연구개발부 대리

연재 순서

최근 관심의 초점이 되고 있는 전자파 문제와 관련하여,

- ① 전자파개요와 전자파의 영향
- ② ELF에서의 전자파 영향과 저감대책
- ③ 각종 전기 설비에서의 전자파의 영향 및 저감대책

의 순으로 연재합니다.



최 근들어 생활이 윤택해지고, 건강에 대한 관심이 고조되면서 각종 전기·전자기기에서 나오는 전자파에 대한 우려가 날로 증폭되고 있다. '제4의 공해'로 불리는 전자파는 보이지도 않고, 들리지도 않는다는 점에서 그 심각성을 더해주고 있다. 하지만 방송, 통신분야는 말할 것도 없고, 제어, 계측, 전력, 의료 등 광범위한 분야에서 전자파가 광범위하게 이용되면서, 이러한 전자파가 발생하는 이용기기 및 장치를 우리들의 일상생활 주변에서 흔히 접함으로써 이들 기기에서 발생하는 불필요한 전자파가 인체에 유해한가 관심이 초점이 되고 있다.

본고의 1, 2편에서 언급하였듯이 일상 생활에서의 가전기기나 전기설비에서 나오는 전자파는 우리가 생활하는 주변에 위치한다는 점에서 그 심각성이 더하다.

건설현장에서도 각종 마그네트 스위치, 릴레이, 전동기의 정류자 등에서 발생하는 개폐 잡음이나 고주파 이용 장치, 전기공급선 등에서 발생하는 방전현상 등의 잡음으로 인해 각종 전기·전자기기 등이 오동작을 일으킬 수 있는 가능성은 항상 존재하고 있다.

따라서 전자파에 의한 기기의 오동작에 따른 재해의 방지측면에서 불필요한 전자파를 무조건 억제해야 될 뿐만 아니라, 이러한 전자파의 영향을 받지 않도록 해야 한다.

본고에서는 우리 생활주변에서 사용되는 전기·전자기기에서 발생하는 불필요한 전자파(잡음)에 대해 알아보고, 전기설비와 인체에 미치는 전자파의 영향에 대해 간략히 설명하고 전자파 연구의 최신동향을 결론으로 제시해 보고자 한다.

1. 기본적인 잡음대책 기술

1) 잡음발생 개요

우리가 접하고 있는 전자파 잡음은 “전기·전자기기가 본래의 목적과 기능을 발휘하는 것을 방해(과파, 고장, 오동작 등을 기기에 발생시키는)하는 불필요한 전기적 에너지”라고 할 수 있다. 각종 전기·전자기기에서 발생하는 이러한 전자파 잡음은 “전류 i 나 전압 v 가 변화되는 부분, 바꿔 말하면 di/dt 나 dv/dt 가 있는 부분에서 발생한다”라고 말할 수 있다. 이러한 측면에서 볼때 모든 전기·전자기기가 본래의 기능을 실현하기 위해서, 시간적으로 변화하는 전기량을 사용하는 이상, 모든 기기가 전자파를 발생하는 것은 당연한 사항으로 우리 실생활에서 이와같은 현상이 종종 나타나는데 실제로 라디오나 TV수상기가 모터나 믹서기 등에 가까이 가면 화면의 왜곡 및 잡음이 발생하는 것을 종종 목격하게 된다.

2) 잡음문제의 3요소

잡음이 발생하는 데는 일반적으로 3가지 요소가 반드시 조합(구성)되어야 하며, 이 중 어느 하나만이라도 제거되면 문제가 발생하지 않는다. 따라서 잡음문제가 발생하면 이와같은 3가지 요소로 세분화하여 정확한 원인 파악과 아울러 이에 대응하는 문제 해결방법을 찾아야 한다.

- 잡음발생원 (Noise Source)
- 전달경로 (Coupling Channel)
- 수신단 (Receptor)

(1) 잡음 억제 방법

잡음문제를 해결하는 기본적인 방법은 앞에서 구분한 3요소중의 어느 하나를 제거하면 된다.

- ① 잡음발생원에서 발생하지 않도록,
- ② 수신단이 잡음으로부터 영향을 받지 않도록,
- ③ 전달경로를 통해 최소로 전달되도록 하면 가능하다.

이를 근거로 우리가 실생활에서 접하는 전기제품을 통해서 잡음 발생원과 그 저감대책을 알아보도록 한다.

(2) 전기용품의 잡음 발생원

일반적인 전기·전자회로에 있어서는 다소의 잡음이 항상 발생하고 있는데, 특히 전기용품에서 발생하는 잡음에 대해서는 국내에서는 다음과 같은 절차를 통해서 전자파와 관련된 규제를 가하고 있다.

국내 형식승인을 받을 때, 전자파 장해시험(잡음의 세기)시 잡음단자 전압(전도 노이즈), 및 잡음전력(RFI Power)에 대해서만 시험하고 방사잡음은 측정하지 않는 품목이 대부분이다. 이것은 전기용품의 경우는 잡음문제를 일으키는 원인이 대부분 전원부에 있으며, 주로 200MHz 이하의 낮은 주파수 대역이기 때문이다.

모든 전기·전자기기의 잡음대책을 올바르게 하기 위해서는 우선적으로 잡음 발생원을 정확히 파악할 필요가 있는데, 편의상 모든 전기용품의 기술기준중 전자파측정 방법에 따라 (표 1)과 같이 4가지로 구분하여 특성을 알아보기로 한다.

전기용품중 잡음문제가 가장 어렵고 대표적인 것이 전열기구 및 전동력 응용기기류의 잡음문제이다. 이러한 품목에 대한 잡음에 대하여 상세하게 분류하면 다음과 같다.

① 스위칭 잡음

스위칭 전원, 인버터 등과 같이 반도체적인 스위칭 소자(TR, SCR, TRIAC 등)를 이용

전자파 잡음은 전기·전자기가 본래 목적과 기능을 발휘하는 것을 방해하는 불필요한 전기적 에너지이다. 잡음이 발생하는데는 잡음 발생원, 전달경로, 수신단 등의 3가지 요소가 반드시 조합되어야 한다.

한 전류의 스위칭에 의한 과도현상과 부수적인 고조파 발생이 원인이 되는 노이즈로서 최근 개발되는 대부분의 전기용품이 출력 또는 부하전류의 편리한 조작과 전력효율을 높이기 위해 많은 경우 스위칭 방식의 전원을 채택하기 때문에 문제가 가장 심각한 경우이다.

② 점점 잡음

전류의 급격한 단속은 원천적으로 매우 큰 잡음원이 된다. 이러한 점점 잡음의 대표적인 경우가 전동모터의 잡음으로 특히, 브러쉬모터인 경우 매우 심각할 정도로 잡음이 많이 발생하고 있으며 믹서기, 전동공구류 등과 같

이 모터를 사용한 전기용품에서 자주 발생하는 잡음이다.

③ 릴레이(스위치) 잡음

일반 전기용품중 동작의 변경이나 동작의 정지/재동작 등의 기능을 수행하기 위하여 많은 제품의 릴레이나 스위치 동작이 되는데 이 경우 순간적인 불연속성 노이즈가 발생하게 된다. 발생원인은 유도성부하를 가진 회로에 릴레이(스위치) 동작 순간 점점에서의 방전성 노이즈로서 그 크기가 매우 높다.

(표 2)는 각종 전기·전자제품의 전자기장의 세기를 나타내었다.

(표 1) 전기용품의 잡음 발생 구분

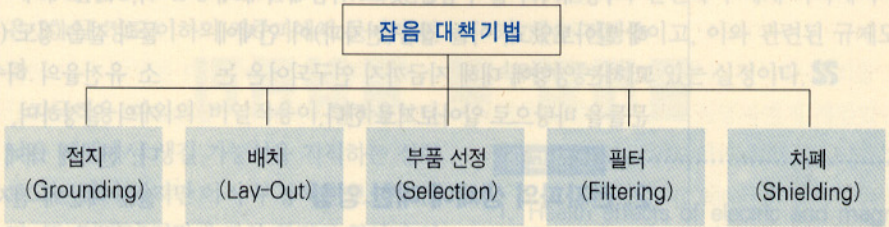
| 잡음 구분 | 접점 및 아크 | 스위칭 | 국부 발진 | 고주파 발진 |
|--------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 대상기기류 | 전열기기, 전동력 응용기기 | 디지털기술 응용 기기 | 방송 수신기기 | 고주파 이용기기 |
| 대표적 제품 | 전기장판, 믹서기, 전동공구, 세탁기, 냉장고, 진공청소기 등 | 전자식안정기, 프린터, 모니터 | TV, 라디오수신기, 튜너 | 초음파가습기, 유도식가열기, 전자렌지, 초음파진단기 |
| 잡음 특성 | 접점 및 방전에 의한 잡음으로 광대역성, 불연속성인 특성 | 대표적인 스위칭 잡음으로 협대역성인 잡음 | 수신단의 국부발진에 따른 고조파에 의한 대표적인 잡음 | 고주파를 이용하기 위한 고주파 발진 자체와 고조파 |

(표 2) 전기·전자제품의 전자기장의 세기

| 생활용품 | 물체로부터의 거리 | | |
|--------------|-----------|--------|---------|
| | 10cm | 30cm | 90cm |
| 선 풍기 | 20~900 | 75~200 | 5~20 |
| 전기 면도기 | 14~1,600 | 1~90 | 0.1~3 |
| 진공 청소기 | 230~1,300 | 20~200 | 1~20 |
| 전기 마사지 기계 | 150~420 | 20~75 | 0.5~1.5 |
| 헤어 드라이어 | 13~300 | 1~6 | - |
| 전자오븐 | 200~600 | 40~90 | 3~5 |
| 전기 연필깎기 | 120~800 | 40~90 | 0.5~1 |
| 전기 톱 | 200 | 40 | 5 |
| 전기 드릴 | 150 | 30 | 5 |
| 무선 전기드릴 | 20 | 1 이하 | - |
| 텔레비전 | 5~100 | 4~20 | 0.1~1.5 |
| 전기 담요 | 100~200 | 5~20 | 1~2 |
| 복사기 | 90 | 20 | 7 |
| 형광등 | 12~40 | 2~6 | - |
| 컴퓨터 모니터(VDT) | 14~600 | 3~30 | 1~2 |
| 컴퓨터 | 1~4 | 1 이하 | - |

* - 표시는 거의 없음을 나타냄.

3) 잡음 저감 기술



가장 중요한 잡음 발생의 저감방법으로서 접지, 배치, 부품 선정, 필터, 차폐의 제거방법 등이 있는데 여기서는 중요한 몇가지에 대해서만 알아보도록 한다.

(1) 차폐 (Shielding)

잡음원과 잡음의 영향을 받는 회로나 전기·전자기기 사이에서 잡음의 영향을 차단하는 금속체를 차폐(Shield)라고 한다. 일반적으로 차폐는 대상을 2개의 공간으로 분할한다.

즉, 한쪽의 공간은 잡음원을 포함한 전자계가 존재하는 영역이며, 다른 한쪽은 차폐가 되어 전자계가 존재하지 않는 영역이다. 이러한 차폐는 2가지 경우를 생각할 수 있다. 하나는 잡음원이 차폐밖에 있도록 하는 경우(외부 전자계의 영향으로부터 차단하는 것)이며, 또 하나는 잡음원을 차폐내에 가두어 놓는 경우(잡음원을 둘러 싸는 것)이다.

(2) 접지 (Grounding)

그라운드링은 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 전기충격으로부터 보호하기 위한 것이다. 전자회로를 바르게 접지하면 신호의 기준전위가 정해지고 안정된 동작이 보증되지만 접지점의 전위가 변동하면 잡음이 발생하게 된다. 잡음 저감을 위한 접지기술은 여러가지

가 있지만 주요한 것을 간추려 보면, ① 접지 회로의 임피던스를 가능한 한 작게 할 것, ② 접지회로에는 가능한 한 전류가 흐르지 않게 할 것, ③ 그라운드 루프가 형성되지 않도록 할 것 등이다.

접지의 방식도 1점에 접지하는 방식(Single Point Grounding Connections, 1점 접지방식)과 여러점에 접지하는 방식(Multi Point Grounding Connections, 다점접지방식)이 있다.

(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 없을 때의 잡음저감법이다. 만약, 잡음이 침입하는 위치를 알 수 있고, 가해지는 잡음의 크기가 예측가능한 경우에는 잡음 그 자체를 없앨 수는 없지만 잡음보상의 방법을 사용하여 잡음으로 인한 영향을 배제할 수 있다.

(4) 점점잡음을 제거하는 방법

스위치나 릴레이의 점점개폐에는 점점에서 불꽃방전이 생길 수 있다. 여기서 생성되는 펄스전류와 전계, 자계에 의해 잡음이 발생하게 된다. 방전을 근본적으로 방지하는 방법은 점점전압의 상승을 방전개시전압 이하로 억제하면 된다. 이렇게 하기 위해 여러가지 종류의 소자나 회로를 부가하여 인덕턴스에 축적된 에너지를 소비시키거나 소비되는

시간을 연장시켜 전압의 상승을 억제시킨다.

이상에서와 같이 잡음 및 그 저감대책에 대해 알아보았고, 이들 잡음(전자파)이 인체에 미치는 영향에 대해 지금까지 연구되어온 논문들을 바탕으로 알아보기로 한다.

2. 전자파의 생체에 대한 영향

전자파를 쬐인 생체내의 전자계 성분이 일으키는 생물학적 반응을 생체효과(Bioeffect)라고 한다.

양자전자기학에 의하면, 전자파는 입자성과 파동성의 양면을 가지고 있지만 생체효과의 측면에서 전자파를 크게 분류하면 에너지 레벨이 높고 입자성이 강하게 작용하는 전자파는 방사선이며, 입자성과 파동성의 양쪽이 작용하는 전자파는 광, 낮은 에너지를 갖고 파동성이 작용하는 전자파는 전파이다.

이들 스펙트럼은 생체내에 있어서는 각각 ① 전리, ② 광, ③ 전류가 생체효과를 지배하는 주요 작용인자가 된다. 일반적으로 유럽과 미국 및 일본의 전자파 안전기준은 ③에 바탕을 두고 구축되어 있다.

주파수 100kHz 이상에서 Joule손실에 의한 발열작용이 있고, 그 이하의 주파수에서는 전류의 직접적인 자극작용이 우세하게 작용한다. 체온의 상승과 신경세포, 감각기의 흥분 등은 전류작용의 결과로서 생긴다.

1) 열작용과 비흡수율

전파관계법에서 규정된 전파의 주파수 영역은 300GHz 이하이며, 비전리방사선이라 부르는 영역에 속한다. X선이나 γ 선 등의 파장이 아주 짧은 전자파는 큰 광자에너지에 의한 전리작용을 통하여 DNA 파괴와 같은 중대한 생물학적 영향을 미친다. 이에 대해 비전리방사선인 전파의 생체작용은 전혀 다르며, 주요한 작용은 열작용이다.

생체조직의 전기적 성질은 저주파 영역에서는 비유전율이 아주 크고(104에서 106),

주파수가 높아짐과 더불어 유전율은 작아지며, VHF에서 마이크로파 영역에서는 거의 물과 같은 정도(약 70)로 된다. 또 도전율(복소 유전율의 허수부)은 대략 1(S/m)급으로 거의 일정하며, 주파수와 더불어 약간 커진다. 전자계 내에 놓여진 인체에는 조직의 도전율 때문에 전자파의 전력이 흡수되어 열이 발생한다.

이 열에 의한 생리학적인 영향이 열작용이다. 전파영역의 전자파의 작용은 열작용이 거의 지배적이라고 생각하여도 좋다. 열작용의 지표에는 조직의 단위 중량당의 흡수전력으로 정의되는 비흡수율(SAR)이 사용된다.

SAR의 전신 평균값은 심부체는 상승에 의한 생체 영향의 지표로 되며, 4~8(W/kg)을 넘으면 행동의 변화(체온의 상승에 수반하는 열조절 행동 등)가 시작되고, 여러가지 생체 영향이 발생한다고 알려져 있다. 안전율을 고려하여 전신평균 SAR을 0.4(W/kg) 이하로 제한하는 것이 방호지침의 골자가 된다.

조직의 국소에 전력흡수가 집중하면 국소 조직온도가 상승하고, 44℃ 정도 이상으로 장시간 유지되면 열상 등의 장애가 발생한다. 안구에서는 41℃ 정도에서 백내장이 발생한다.

국소 SAR과 온도상승의 관계는 혈류가 열을 운반하기 때문에 정량화가 곤란하며 충분한 데이터가 없지만, 안구에서 백내장이 발생하는 임계값은 138(W/kg)로 된다.

일본이나 미국에서는 국소 SAR의 안전성 기초값이 조직 1g당 평균 8(W/kg)이고 유럽에서는 조직 0.1kg당 평균 10(W/kg)이다. 손발에는 중요 장기가 없고, 방열도 양호하기 때문에 보다 완화된 수치까지 허용하는 것이 통례이다.

2) 비열작용

열에 의존하지 않는 생체작용으로서는 자극작용이 확립되어 있다. 자극작용은 전자계에 의해 생체조직에 유도되는 전류로 신경이

나 힘줄이 흥분하고 지각되기도 하며, 자유롭지 못한 운동이 발생하는 현상이다. 이 현상은 30kHz정도 이하의 저주파에서 문제가 된다.

자극작용 이외의 비열작용이 열작용보다 낮은 레벨에서 생길 가능성을 지적하는 실험 보고는 많이 있지만 아직 부정적인 보고도 많다. 또, 인체의 건강에 관한 확립된 현상이 없기 때문에 방호지침에 이들의 비열작용을 직접적으로 도입할 수 없는 것이 국제적으로는 거의 합의되어 있다.

그러나, 펄스파나 변조파 작용에 의한 비열작용의 가능성에 대해서는 앞으로 더욱 검토가 필요할 것으로 생각된다.

3. 결 언

전파 이용 시스템으로부터 발생하는 전자계가 미치는 다른 시스템에 대한 좋지 않은 문제에 대처하는 공학기술을 환경전자공학이라 부른다.

영향을 받는 시스템으로 대부분의 경우는 전자기기 등의 인공시스템이 상정된다.

한편, 인공시스템 뿐만 아니라, 인체의 건강이나 다른 동식물의 생태계에 대한 영향의 가능성도 대비해야 할 중요한 문제라는 인식이 최근 높아지고 있다. 이와같은 문제를 생체전자환경문제라고 부른다. 생체 전자환경 문제에서는 기기간의 EMC와는 다른 생각법이 필요하게 된다.

1930년대 이래의 연구실적에 의해 100kHz 이상의 고주파 전자계의 생체 영향에 대해서는 세계적으로 공통인식을 갖고 있으며, 인체방호의 생각법도 거의 확립되고 있다.

하지만 대상인 인체가 공학기술에 의해 만들어진 것이 아닌 아주 복잡한 시스템이며, 건강은 침해하기 어려운 신성한 영역의 문제로 추구되고 있는 경향이므로, 이 문제는 공학기술의 범위에서는 다루기 어려운 특수한

성격을 지닌다.

하지만 이와 관련하여 세계 각국에서 연구가 계속 진행중이고, 이와 관련된 규제도 계속하여 증가하고 있는 실정이다. SS

참 고 문 헌

1. "Health effects of electric and magnetic fields", International utility symposium, 1986.
2. "전자계의 생물학적 영향 연구", 한국전기연구소, 1988.
3. "전자설비의 전자파 유도장애에 대한 대책", 한국전력공사, 1990.
4. 赤尾保男, "環境電磁工學の基礎", 電子情報通信學會, 1991.
5. "電子環境の健康影響に關する調査研究", 日本環境協會, 1995.
6. "전력소 구내에서의 전자응용 설비에 미치는 EMI영향 연구", 한전기술연구원, 1990.
7. 김기채, "전자파에 의한 산업기기의 오동작과 인체장애", 한국표준과학연구원, 1992.
8. "전기·전자기기의 노이즈 트러블 실전대책 기술", 한국산업기술평화, 1996. (이상 무순)