

電氣·電子機器의 電磁雜音 現況分析 및 對策

(1)

Analysis for the Present Status and Its Countermeasure
of Electronic Noise on Electrical
& Electronic Apparatus

李 起 哲

韓國電氣研究所 電氣環境研究室長

1. 序 論

우리는 TV를 視聽하고 있을 때 헤어드라이기나 믹서 등이稼動되면 화면에 점이나 線이 나타나 화면이 어지럽게 된 경우나, 전기장판이 켜진 상태에서 AM라디오 聽取가 不可能한 경우를 경험할 수 있다. 이것은 不必要한 電磁波가 電源線이나 空間을 通하여 放出되어 Radio 및 TV受信에 妨害를 주기 때문에 發生된다. 이러한 現象을 伝導性妨害(Electromagnetic Interference; EMI)라고 하는데 요즘은 高度情報化社會에 따른 機器의 急速한 普及 및 部品の 低價格化, 高集積化에 따른 耐雜音性(Immunity)의 低下로 電磁妨害現象이 매우 심각한 實情이다. 이와 같은 問題를 일찍이 豫見한 IEC에서는 Noise專門下部機關인 國際無線障害特別委員會(CISPR)를 두어(1934) 電磁環境保全을 위해 노력하여 왔으며, 이에 근거를 둔 독일의 VDE, 미국의 FCC 등에서 強力한 規制를 하고 있어 一部에서는 비관세무역장벽으로 일컫고 있는 程度이다. 이러한 때에 國內에서는 韓國工

業規格, 電波管理法, 電氣用品 安全管理法에서 一部 規制가 있으나 法令만 制定되어 있고, 細部 施行令이 없어 실제 적용하기는 난점이 있을 뿐만 아니라 規制 周波數帶域도 傳導雜音의 中波帶(0.5MHz~1.6MHz)까지만 머물러 있고 放射雜音에 대해서는 거의 規制가 없어 有名無實한 實情이다. 情報化社會에 対応하고 國際貿易의 원활과 技術水準의 國際的 互換性을 고려하여 CISPR 권고 등을 바탕으로 하여 國內實情에 適合한 國際法令 및 技術水準의 정립이 필요한 시기라 여겨진다.

따라서 本 研究에서는 國際EMI技術情勢에 能動的으로 대처하고 國內 電磁環境保全을 위해서 全般的인 EMI技術을 論하고자 한다. 이를 위하여

첫째로 電磁雜音現象과 이러한 雜音에 따른 機器의 影響을 檢討하고, 둘째로 電磁雜音을 正確히 測定하는 方法과 設備 및 그 評價規格을 論한다. 셋째로 國內의 EMI現位置를 파악하고자 현재 國內에서 사용중인 電氣·電子機器의 伝導性雜音에 대한 實態를 分析한다. 마지막으로

電磁雜音 低減對策 및 對策實例를 紹介하고자 한다.

2. 電氣·電子機器에서의 電磁雜音 現象

가. 電磁雜音의 發生源

(1) 自然雜音 (Nature Noise)

自然雜音은 비교적 低周波영역에서 그리고 人工雜音은 비교적 高周波영역에서 우세한 에너지분포를 가지며 自然雜音은 크게 地球外雜音, 大氣雜音, 溫度雜音, 地球內雜音으로 나눌 수 있다.

◎ 地球外雜音 : 우주공간에서 발생하여 지구로 도달하는 잡음

- 電離層雜音 (ionospheric noise)
 - 히싱 (Hissing)
 - 코러스 (dawn chorus)
- 太陽系雜音 (solar radio astronomic noise)
 - 熱放射電波
 - 非熱放射電波
- 宇宙雜音 (cosmic noise)
 - 銀河系雜音
 - 銀河系外雜音

◎ 大氣雜音 : 대기권내에서 발생하는 잡음

- 空電雜音 (atmospheric noise)
 - 雷放電雜音
 - 휘슬러 (whistler)
- 沈積雜音 (precipitation noise)

◎ 溫度雜音 (thermal noise) : 지구상의 대지, 물, 수증기등에 의한 잡음

◎ 地球內雜音 : 지구내부에 기인하여 지표상으로부터 오는 잡음

- 지진에 따라서 발생하는 잡음
- 地電流에 의한 잡음

資料 : 노이즈對策最新技術 (綜合技術出版, 1986. 7)

自然雜音이 受信側의 機器에 어떻게 妨害를 미치는가는 自然雜音의 強度와 周波數特性의에 다음과 같은 수신측의 상태에 따라 결정된다.

◎ 수신측기기의 雜音耐力 (Immunity)

- 受信用周波
- 回路의 雜音
- S/N比

• 變調方式

• 内部雜音

◎ 受信側機器의 안테나指向性

• 안테나지 향성

• 대지로부터 안테나의 이격거리

◎ 受信側機器의 近接導體有無

◎ 受信點의 電磁環境

(2) 人工雜音 (Man-Made Noise)

人工雜音은 인위적원인에 의해 발생하는 잡음인데 이 잡음은 傳達經路에 따라 다음과 같이 나눌 수 있다.

◎ 伝導性雜音

- 노말모드 (Normal mode)
- 커먼모드 (Common mode)

◎ 輻射性雜音

- 輻射性雜音
- 伝導性으로부터 輻射性雜音으로의 변환 (전송선로등으로부터의 輻射)

또한 人工雜音을 發生源別로 보면 다음과 같이 분류할 수 있다.

人工雜音

- 電力系 (Man-Made Noise in Power Engineering Systems)
 - 架空送電線系 (Overhead Power Lines)
 - 架空配電線系 (Overhead Power Distribution Lines)
- 輸送系 (Man-Made Noise in Transportation Systems)
 - 電氣鐵道 (Electric Railways)
 - 直流式
 - 交流式
 - 自動車 (Automotive Vehicles)
 - 가솔린차 (점화잡음)
 - 디젤차
 - 전기자동차
 - 水上航海船舶
 - 航空機
- 工場系 (Man-Made Noise in Factory System)
 - 電氣機器
 - 高周波利用設備 (통신용제외)
 - ISM주파수
 - ISM주파수 이외
 - 放電加工機

- └ 高周波防犯警報시스템 (Crime Prevention Alarm Systems)
- └ ME系 (Medical Engineering)
- └ 都市雜音 (Urban Man-Made Noise)
- └ 電子機器 (Electronics Devices)
- └ 通信系 (Telecommunication Systems)
- └ 靜電放電 (ESD : Electro-Static Discharge)
 - └ 直接ESD (Direct ESD)
 - └ 間接ESD (Indirect ESD)
- └ 核爆發에 의한 電磁펄스 (NEMP : Nuclear Electromagnetic Pulse)

資料 : 노이즈對策最新技術 (綜合技術出版, 1986. 7)

(가) 電力系雜音

架空線路가 상당히 긴 안테나역할을 하여 放送波 또는 雜音電波를 수신한 후 이것을 再輻射하는 경우가 있다. 대체로 수십Hz~500MHz사이의 주파수성분이 관측되며 보통 垂平偏波성분이 우세하지만 철탑근처에서는 垂直偏波성분이 강하게 나타난다. 이러한 재복사현상은 6kV 배전선에서도 관측된다.

超高压送電線에서는 이외에도 다음과 같은 것이 있다.

① 코로나放電

線路 및 碍子沿面의 코로나방전에 의해 잡음이 발생.

② 불꽃放電

불량애자, 接觸不良등에 의해 잡음이 발생.

(나) 輸送系雜音

① 電氣鐵道

전기철도에서 架空트롤리선 (Trolley), 팬터그래프 (Pantograph) 또는 集電靴 (Collector shoe)가 力行시 離線 (Dancing)을 할 때 코로나방전을 발생시키면 큰 電波雜音이 생긴다. 또한 排流裝置 (Drainage Connection)도 큰 잡음원으로 되며 최근에는 SCR制御電車が 나타나서 새로운 잡음원으로 주목되고 있다.

② 自動車

가솔린차, 오토바이 등에서 발생하는 点火雜音 (Ignition noise)은 보통 80MHz 이상에서 문제로 되는 경우가 많다. 디젤차 특히 건설용등의 디젤內燃機關의 특수차량에서 발생하는 잡음도 상당히 크다. 전기자동차의 경우는 40MHz 이하에서 잡음이 문제로 된다.

(다) 工場系雜音

공장에서는 많은 로보트가 이용되고 있거나 工場自動化 (FA : Factory Automation)가 이루어지고 있는데 공장내에서 사용하고 있는 電氣機器등에서 輻射되는 잡음에 의해 이러한 기기나 시스템이 誤動作하여 사고를 일으키는 경우가 있다. 보통 와이어切斷放電加工機 (Wire Cut Machine)에서 발생하는 잡음은 広帶域雜音 (Broad Band Noise)에 해당되며 高周波熔接機의 잡음은 狹帶域雜音 (Narrow Band Noise)에 해당된다.

(라) ME系

医用電子機器에서 Diathermy나 Electric Messer가 輻射性 및 伝導性雜音源이 되고 전기자극장치 (Electric Stimulator)등은 전도성잡음원이 되는 경우가 많다. 근전계, 뇌파계, 수술실의 Surgical monitor, 심전계 등은 이러한 잡음원으로 부터 干涉을 받아 誤動作을 일으키는 수가 있다.

(마) 都市雜音

도시의 電磁環境은 輸送系, 工場系, 電力系, 通信系, 放送系, 家庭用電氣·電子應用機器 (Home Appliance)등이 복합적으로 잡음원이 되어 형성된 것이라고 볼 수 있다. 이러한 電磁環境의 都市雜音은 보통 周波數領域, 時間領域, 空間領域으로 구분하여 準尖頭檢波로써 측정하며 그 측정치를 統計的으로 처리하여 평가한다.

都市雜音의 레벨 분포는 住居地區, 商業地區, 工業地區, 田園地區등 외에 鐵道와 高速道路의 근접에 따라 다르게 나타나므로 하나의 도시에 대해 巨視的 (Macroscopic)으로 파악해야 한다.

(바) 電子機器

① 電磁界의 時間的 變化

전자기기내부의 電磁界가 시간적으로 변화함에 따라 간섭신호가 발생하는데 이것은 전류의 시간적변화에 따른 것이다. 干涉信號의 크기는 $\frac{di}{dt}$ 의 값에 비례한다. 즉

$$\frac{di}{dt} = 0 : \text{電磁干涉 없음}$$

$$\frac{di}{dt} \neq 0 : \text{電磁干涉 있음}$$

② 임피던스變動

내부임피던스의 변동 및 非直線임피던스는 잡음을 발생시키는 원인이 될 수가 있다. 스위치를 포함한 회로의 경우 스위치가 OFF때의 회로임피던스는 $M\Omega$ 정도이지만 스위치를 ON한 상태에서는 $m\Omega$ 정도가 된다. 이와 같은 임피던스의 급작스런 변동은 임피던스가 서서히 변화하거나 단계적으로 변화할 때보다 훨씬 広帶域이고 높은 레벨의 잡음을 발생한다.

③ 電磁界를 導體가 끊을 때 생기는 雜音

도체가 電磁界내에서 움직이면 導體兩端에 誘起電圧이 발생하므로 磁界내에서 lead wire 등이 어떠한 원인에 의해 振動하면 雜音電圧이 형성되는 경우가 있다.

④ 位相制御

SCR등을 이용한 位相制御에서 制御角이 크면 고조파에 의한 잡음레벨이 커지게 되지만 無制御상태에서는 잡음이 발생되지 않는다.

⑤ 非直線回路

Zenor Diode의 경우는 非直線特性을 가지고 있으므로 整流器素子를 이용하거나 位相制御를 실시할 때와 같이 高調波에 의한 잡음을 발생한다. 이것을 방지하기 위해서 Zenor Diode와 並列로 보통 $100\mu F$ 정도의 콘덴서를 삽입한다.

⑥ Clock周波數

컴퓨터등에서 발생하는 Clock주파수와 같은 周期性펄스는 보통 広帶域의 雜音源이 되기 때문에 被害機器측에서 이것에 대한 방지 대책을 세워두어야 한다.

⑧ 플립플롭 (flip-flop)

LED를 ON시키기 위해 Multivibrator 등을 이용하여 플립플롭을 동작시키면 이것이 주변 회로에 대해 잡음을 발생시키는 경우가 있다.

(사) 通信系

통신기기에서 발생하는 不要輻射 (Spurious Radiation)도 또한 人工雜音으로 분류된다.

① 高調波 (Higher Harmonic Wave)

안테나상에서 電波가 輻射되는 과정에서 안테나전류등의 波形이 正弦波로 되지 않고 찌그러지게 되면 基本波의 整数倍의 周波數成分을 가진 전파가 함께 輻射되는 경우가 발생한다.

② 過變調 (Over Modulation)

過變調에 의해서 高調波가 발생한다.

③ 寄生電波 (Parasitics)

水晶을 이용할 때 구조가 적합하지 않으면 寄生振動을 일으키기 쉽다.

④ 周波數變調에 起因한 不要輻射

송신기의 安定度가 부족하여 주파수가 변동하게 되면 이것에 의해 周波數變調를 일으켜 基本波와 周波數變調波 및 양자의 合, 差 또는 각각의 高調波에 따른 여러 주파수의 전파가 輻射되는 경우가 생긴다.

(아) 靜電放電 (Electro Static Discharge)

靜電氣는 두 物質을 접촉 또는 분리시킴으로써 발생한다. 靜電放電에는 두종류가 있는데 直接ESD와 間接ESD로 나눌 수 있다. 直接ESD는 対象機器 바로 앞에서 放電하는 것으로 放電에너지는 크지만 대부분은 빛, 소리, 열 등의 에너지로 변환되며 극히 일부만이 電磁에너지로 된다. 間接ESD는 물체가 서로 떨어져 있을 때에도 큰 靜電損傷 (Static Damage)을 주는 경우를 말하며 이것은 공기중의 이온분포에 관계된다.

ESD現象은 시스템 및 半導體素子에 대해서 Damage, Failure, Error를 주기 때문에 주의해야 한다.

나. 外部雜音과 内部雜音

일반적으로 디지털장치는 아날로그장치에 비해 잡음에 강하다고 하지만 잡음으로부터 받는 影響의 정도는 잡음이 어느 일정 한도를 넘으면 아날로그장치보다도 심하게 된다. 즉 아날로그장치에서는 잡음에 의해 信號의 品質劣化가 발생하지만 디지털장치에서는 잡음에 의해 電子回路가 誤動作하여 장치의 기능이 정지하는 경우가 있다.

이와 같이 디지털장치의 기능을 정지시키는 잡음을 裝置自体에서 발생하는 内部雜音과 외부로부터 장치에 印加되는 外部雜音으로 구분하여 雜音源에 대한 發生構造, 性質 등을 알아보고자 한다.

(1) 外部雜音

디지털장치에 대한 外部雜音을 侵入経路에 따라 분류하면 誘導雜音과 傳導雜音이 있다. 誘導雜音은 디지털장치에서 靜電誘導와 電磁誘導의

형태로서 침입하는 잡음이고 傳導雜音은 장치와 외부와의 접속부분 즉 電源線과 通信線을 통해서 침입하는 잡음이다.

(가) 外部誘導雜音

誘導雜音에는 靜電誘導雜音과 電磁誘導雜音의 두종류가 있다. 前者는 靜電的으로 誘導되는 잡음이고 後者는 외부의 強電界 등에 의해 발생하는 잡음이다.

① 外部電磁誘導雜音源

외부의 強電界에 의해 디지털장치 내부에 外部電磁誘導雜音이 誘起된다고 할 때 이 잡음의 크기 E_N 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_N = K \cdot E_G \cdot W$$

여기서 K : 結合係數

E_G : 外部電界의 크기

W : 外部電界의 周波數

誘導雜音은 式에서 雜音源의 強度와 周波數에 비례함을 알수 있지만 보통 디지털장치에서는 주파수성분이 문제로 되는 경우가 많다.

高周波成分을 가지는 잡음원으로는 펄스성잡음을 발생시키는 接点雜音이 있는데 이것은 機械的接点에 의해 큰 전류를 ON/OFF할 때 발생하는 잡음이다. 기계적 접점에 의한 雜音發生源에는 다음과 같은 것이 있다.

- 電氣鐵道
- 電磁開閉器
- Relay를 사용한 電子機器
- 브러쉬형 모터를 사용한 電氣機器

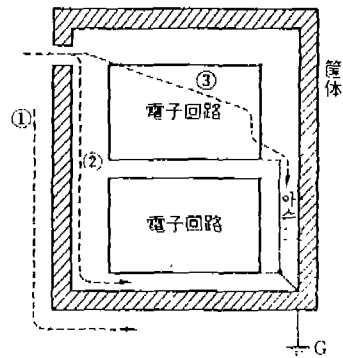
誘導雜音으로서 靜電誘導가 있지만 외부잡음원으로부터 靜電誘導形態로 誘導되는 양은 보통 무시할 수 있는 정도로 작다.

② 靜電氣

靜電氣는 물체의 마찰에 의해 발생하는 전기로써 전력은 극히 작지만 전압은 수kV~수십kV로 상당히 높다. 최근에는 플라스틱과 같은 絶緣性이 높은 물질이 많이 사용되고 있기 때문에 정전기가 발생하는 경우가 많다.

靜電氣는 절연성이 취약한 부분을 통해 放電되는데 디지털장치에 靜電氣가 放電되는 經路는 그림 1과 같이 3가지의 경우로 생각할 수 있다.

그림 1의 ① 經路는 케이스표면에 帶電된 電



<그림 1> 靜電氣 放電루트의 例

荷가 케이스의 바깥면을 통해서 放電하는 경우로서 電子機器에는 거의 영향을 주지 않는다.

② 經路는 케이스의 틈을 통해 케이스의 안쪽면을 거쳐서 放電하는 경우로서 내부의 電子回路에 誘導性雜音을 발생시킨다.

③ 經路는 케이스내부로 들어온 잡음이 電子回路의 가운데를 통해 放電하는 경우로서 회로중의 電子部品을 破壞하거나 誤動作을 일으킨다.

따라서 靜電氣가 어떤 經路를 통해서 放電하는가는 각 經路의 絶緣耐力에 의해서 결정되며 放電電流의 크기는 보통 μA 정도로서 매우 작지만 펄스형태를 가지므로 디지털회로에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다.

(나) 傳導雜音源

傳導雜音은 電子裝置와 外部機器사이를 接續하고 있는 線路를 통해 들어오는 잡음이다. 이 잡음의 防止對策은 誘導雜音과 다르지만 잡음원은 誘導雜音源과 동일하다. 傳導雜音의 傳達 經路는 보통 AC라인과 신호라인의 두가지로 생각할 수 있다. AC라인을 통해서서는 機械的接点에서 발생된 펄스성잡음 등이 들어오고 신호라인을 통해서서는 접속되어 있는 다른기기의 신호공간에 분포되어 있는 雜音電波 등이 混入된다.

自然系의 잡음원인 雷의 誘導雜音은 AC라인 및 신호라인의 양쪽을 통해 들어오는 경우가 많다.

(2) 内部雜音

内部雜音은 電子機器의 동작에 의해서 기기의

다른 부분이 영향을 받는 것을 말한다. 디지털 장치에서 이 잡음의 發生機構 또는 傳達方法으로서 다음의 세가지를 생각할 수 있다.

- 誘導에 의한 結合
- 共通 임피던스에 의한 結合
- 反射에 의한 結合

각종 電氣·電子機器가 더욱더 高精密化, 高集積化가 이루어진다고 할 때 安定된 장치를 실현하기 위해서는 이것에 대한 대책을 충분히 세워두어야 한다.

(가) 誘導에 의한 結合

内部誘導雜音도 外部雜音과 같이 電磁誘導와 靜電誘導에 의한 두 종류로 나눌 수 있다. 하나의 전기회로가 동작하고 있을 때 주변회로가 받는 誘導의 크기가

- 거리에 반비례한다.
- 주파수에 비례한다.
- 신호의 크기에 비례한다.

라는 성질을 가지고 있기 때문에 디지털 장치내부에서 誘導雜音의 發生源 또는 誘導雜音을 발생시키기 쉬운 장소로서 다음과 같은 부분이 있다.

- 信號의 配線이 密集되어 있는 부분
- 高速으로 動作하고 있는 부분
- 信號의 에너지가 큰 부분

예를 들면 디지털회로의 Clock은 배선이 密集하게 되어있는 부분에서 誘導雜音의 원인으로 되는 경우가 많다.

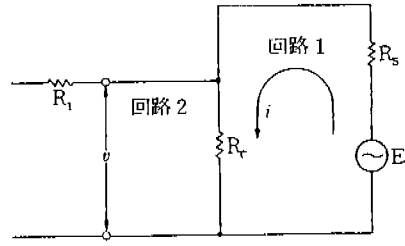
(나) 共通 임피던스에 의한 結合

두 회로에 共通으로 된 임피던스가 존재하는 경우 두 회로가 相互結合하여 干涉으로 나타날 때 이것을 共通 임피던스에 의한 잡음이라 한다.

그림 2에서 회로 1, 2에 共通 임피던스로서 R_c 가 있는 경우 회로 1에 신호 E 를 印加하면 회로 2에 v 전압이 발생한다. 이 전압은 두 회로에 公通으로 위치한 임피던스 R_c 에 의해서 발생된 것이다. 이와 같이 共通 임피던스에 의한 잡음은 電源回路나 接地回路등에서 생기는 경우가 많다.

(다) 反射에 의한 結合

회로가 高速으로 動作할 때 信號의 反射가 문제로 된다. 즉 회로상에서 反射가 일어나면 傳送된 信號의 波形이 外亂되어 나타나기 때문에



$$V = \frac{R_s}{R_s + R_c} E$$

(그림 2) 共通 임피던스에 의한 結合

잡음과 똑같은 影響이 미친다고 생각할 수 있다.

信號의 反射는 傳送路의 特性 임피던스를 Z_0 , 負荷 임피던스를 Z_L 라 하면 전압 및 전류의 反射係數 ϕ_v 및 ϕ_i 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi_v = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = -\phi_i$$

低周波回路에서는 $Z_L = Z_0$ 로서 反射의 影響을 抑制할 수 있지만, 디지털회로에 影響을 주는 펄스와 같이 広帶域이고 동시에 高周波 성분을 포함한 신호에 대해서는 이 조건을 만족시키기 가 상당히 곤란하다.

일반적으로 低速의 회로에서는

○漂遊容量과 内部抵抗 등의 影響으로 完全反射가 일어나지 않는다.

○傳送路가 제한된 周波數帶域을 가지고 있다.

○集積回路 内部에 Active 終端素子가 있다.

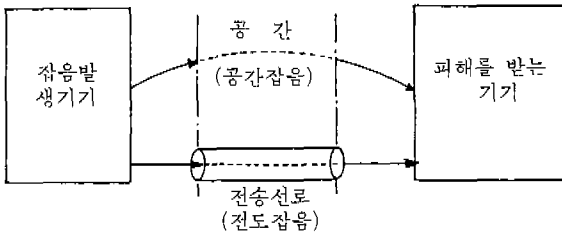
○펄스의 rise-time이 遲延한다.

등의 이유에 의해 反射波形의 外亂의 크기가 제한되어 完全反射만큼 크지는 않다.

보통 反射에 의해 생긴 펄스파형의 外亂이 잡음과 똑같이 문제로 되는 영역은 펄스의 rise-time (t_r)과 펄스의 전달시간 (T)과의 관계가 $t_r \leq 2T$ 로 되는 경우이다. 高速回路의 경우는 t_r 이 짧기 때문에 反射가 問題視되는 것은 이와같은 이유 때문이다. 예를 들면 $t_r = 1$ [ns]의 펄스의 경우 약 10cm의 伝速路에서도 문제가 된다.

다. 雜音의 傳達經路

(1) 雜音의 傳達經路



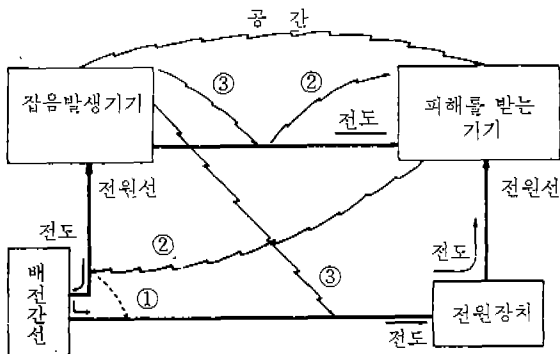
〈그림 3〉 雜音의 傳達經路

잡음을 雜音發生源과 妨害를 받는 기기와의 사이를 傳達하는 經路에 따라 분류하면 그림 3과 같이 電源線, 信號線, 接地線, 大地 등의 傳送線路를 통해 전달되는 傳導雜音과 주위공간을 통해 전달되는 輻射雜音으로 나눌 수 있다.

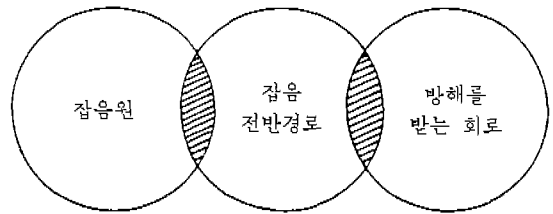
실제로 잡음은 독립적으로 전달되는 것이 아니고 전달과정에서 서로 組合된 複合雜音의 형태를 나타낸다고 할 수 있다.

그림 4는 複合雜音의 전달형태로 나타낸 것으로 이를테면

- ① 雜音發生源의 伝送線路가 妨害를 받는 기기의 전송선로의 부근을 통과함에 따른[伝導→輻射→伝導] 잡음.
 - ② 잡음발생원의 전송선로가 안테나 역할을 하는 [伝導→輻射] 잡음.
 - ③ 방해물 받는 기기의 전송선로가 안테나 역할을 하는 [輻射→伝導] 잡음.
- 등이 있다. 보통 기기내부에 대해서는 傳達보



〈그림 4〉 輻射雜音, 伝導雜音, 複合雜音



발생→결합→전반→결합→오동작

〈그림 5〉 雜音에 의한 妨害

다는 結合이라는 표현이 더 적절하다.

발생된 잡음에 대해 각종 전기, 전자 기기가 誤動作 혹은 破壞되는 현상을 그림 5와 같이 생각할 수 있다.

(2) 傳送線路의 性質

線路는 주파수에 따라 취급하는 방법이 달라진다. 低周波領域에서는 傳送線路를 集中 整数回路로 보아도 좋지만 高周波 領域에서는 分布 整数回路로서 취급해야 한다. 어느 정도의 주파수로부터 高周波領域이라고 취급해도 좋은가는 전송선로의 길이(1)와 관계가 있다. 신호의 선로상 傳送速度를 u [m/s], 周波數를 f [Hz], 波長을 λ [m]라 하면 아날로그 회로의 경우에는

$$l \ll \lambda = \frac{u}{f}$$

이면 低周波영역으로 취급해도 좋다.

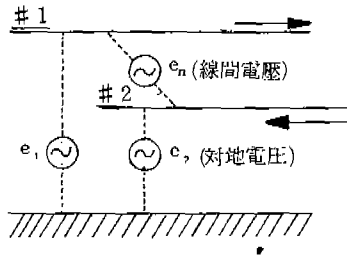
디지털회로는 펄스폭이 좁은 경우와 넓은 경우로 나누어 생각할 수 있다. 전송된 펄스폭이 좁은 경우는 線路抵抗에 의한 電壓의 低下와 선로간의 漂遊容量에 의해 파형의 歪曲이 일어나며, 펄스폭이 넓은 경우는 이것 이외에 傳達時間의 遲延과 反射의 문제를 고려해야 한다. 펄스폭 (Δt) 이 선로내의 傳達時間보다 크다면 즉

$$l \ll u \cdot \Delta t \quad \Delta(\Delta t)$$

이면 低周波영역으로 취급하여도 좋다.

(3) Common mode雜音과 Normal mode雜音

電氣信號와 雜音을 傳導하는 傳送線路는 平行한 往復2線인 경우가 많다. 傳導雜音을 취급할 때는 보통 그림 6-1처럼 往復2線 사이에 발생하는 線間成分과 大地(또는 接地)와 같은 共通



〈그림 6-1〉 線間電壓과 對地電壓

電位가 되는 것)와 각 2線과의 사이에 발생하는 對地成分으로 구분하여 생각할 필요가 있다. 이것은 두 成分의 伝送線路의 임피던스 特性이 다르기 때문이다.

對地成分 雜音은 두 선에 대하여 동일位相으로 전달되며 Common mode (同相)雜音, 不平衡雜音, 非對稱雜音, 縱雜音이라고도 한다. 이것에 대해 線間成分雜音은 線間信號와 같이 서로 다른 位相으로 전달되며 Normal mode (差動)雜音, 平衡雜音, 對稱雜音, 橫雜音이라고도 한다.

伝導雜音이 線路上을 진행해 갈때 두 선로의 임피던스가 完全對稱이면 Common mode 成分과 Normal mode成分을 독립적으로 취급해도 좋지만 실제로는 線路의 임피던스가 完全하게 대칭되기가 불가능하므로 線路上을 진행하는 과정에서 Mode의 變換이 일어나서 서로간의 成分에 대해 妨害를 주게 된다.

3. 電磁雜音의 影響

가. 受動素子에 의한 電磁雜音의 影響

受動素子에 의한 雜音레벨은 작지만 低레벨信號系에는 보통 增幅器가 있기 때문에 雜音의 影響이 크게 되는 경우가 있다.

(1) 熱雜音

受動素子에 의한 雜音 중에서 가장 문제가 되는 것이 熱雜音이다. 이것은 導體속에서 自由電子의 불규칙운동에 의해 발생되며 溫度에 비례

한 搖動電流가 생긴다. 導體중의 平均電流는 0이지만 불규칙 搖動에 의해 回路端子雜音電壓을 발생시킨다고 할 수 있다.

일반적으로 熱雜音은 μV 이하로 작게 나타나지만 回路素子의 내부에서 物理的으로 발생하는 것도 있으므로 제거하기가 곤란하다.

(2) 渦刺雜音

비교적 높은 抵抗값을 가지는 炭素皮膜 抵抗과 thermit抵抗에 直流電壓을 印加하면 0.01~1Hz 정도의 낮은 周波成分을 가진 雜音이 발생한다. 이 雜音의 크기도 보통 μV 이하이지만 熱雜音보다 훨씬 큰 경우도 있다.

(3) 熱起電力

서로 다른 金屬이 접촉하는 抵抗器, 콘덴서 및 스위치 등의 接觸點에서 溫度分布가 일정하지 않으면 熱起電力이 생겨 直流電壓回路에서는 이것이 문제로 된다. 따라서 電子部品の 接續リード線에는 熱起電力이 작은 것이 요구되며 또한 機器内部의 溫度不均一 때문에 상당한 크기의 熱起電力이 생기는 경우도 있으므로 주의해야 한다.

(4) 콘덴서의 漏泄電流

알루미늄 電解 콘덴서와 같이 漏泄電流가 비교적 큰 경우 그것이 雜音으로 되는 경우가 있다. 특히 逆極性의 電壓이 印加되면 漏泄電流는 溫度와 함께 크게 되어 트랜지스터의 burst 雜音에 가까운 雜音을 발생시킨다.

逆極性電壓이 印加되는 경우는 반드시 過渡現象때만이 아니고 低周波交流를 전달할 때 등에도 해당되므로 주의해야 한다.

(5) 變壓器 및 變流器의 漏泄磁界

變壓器 및 變流器에서 漏泄磁界가 변화하면 그 부근의 리드線 등에 雜音電流를 誘起하는 경우가 있다. 즉 變流器의 漏泄磁界에 의해 1차측의 리드線에 誘導電流가 雜音으로 重疊되어 出力電流에 誤差를 발생시킨다.

또한 變壓器의 捲線이 構造上의 문제로 振動을 일으키면 鐵心에 뒤틀림이 가해지게 되고 이

것이 1 차, 2 차 捲線間에 靜電容量을 변화시키게 되어 雜音의 要因으로 되는 경우도 있다.

나. 能動素子에 의한 電磁雜音의 影響

트랜지스터, IC 등의 能動素子가 발생하는 雜音은 주로 熱雜音, Shot雜音 및 $\frac{1}{f}$ 雜音이다. 이 가운데 低周波回路에서 특히 문제가 되는 것은 $\frac{1}{f}$ 雜音(低周波)인데 트랜지스터 등에서는 컬렉터 전류가 크게 되면 증가하는 경향이 있다. 또한 일반적으로 트랜지스터보다 演算增幅器 등의 IC쪽에서 雜音이 많이 발생되며 보통 $\frac{1}{f}$ 雜音은 Shot雜音에 비해 $\sqrt{2}$ 倍以上 크게 나타나지만 能動素子에서 발생하는 雜音레벨은 μV 정도 이하로 낮다.

(1) Shot雜音

半導體다이오드, 트랜지스터 등에서는 캐리어의 擴散에 의한 불규칙 搖動으로 Shot雜音電流가 발생한다.

(2) $\frac{1}{f}$ 雜音

서로 다른 두 종류의 導體가 접촉한 부분에서 $\frac{1}{f}$ 雜音이 발생되는데 低周波信號를 취급하는 트랜지스터 및 集積回路에서 가장 영향이 크다. 이 잡음은 素子의 製造方法과 表面處理 등에 의해서 어느정도 감소시킬 수 있다.

Power Spectrum이 周波數 f 에 반비례하는 형태를 나타내는 이 잡음을 Flicker雜音, Contact雜音이라고도 한다.

다. 스위칭回路에 의한 電磁雜音의 影響

回路素子에 의해 발생하는 雜音보다도 機械式 릴레이 또는 半導體 스위치 등으로 구성된 스위칭 回路에서 발생한 雜音의 影響이 더 크게 나타난다. 이러한 스위칭 回路에 의한 雜音은 過渡現象에 의해 생기는 것으로 스위칭시의 電壓과 電流의 크기, 스위칭 速度 및 回路의 負荷狀態 등에 의해서 결정된다.

일반적으로 電壓, 電流가 크고 스위칭 速度가 빠를수록, 또한 負荷가 誘導性일수록 스위칭 回路에서 발생하는 雜音은 크다. 機械式의 릴레이

또는 스위치 경우 接点材料 및 接点狀態에 의해서도 雜音의 크기와 狀態가 달라진다.

(1) 스위칭回路에서 발생하는 雜音例

(가) 로터리(Rotary) 스위치에 의해 誘導性 負荷를 開閉할 때

로터리스위치에 의해 變壓器의 탭(tap)을 轉換시킬 때 불과 10V 정도의 電壓開閉에서도 200V 이상의 펄스性 雜音이 발생하는 경우가 있다.

(나) 스냅(Snap) 스위치에 의해 單捲變壓器의 1 차側을 開閉할 때

스위치가 있는 電源電壓調整用 슬라이드 트랜스의 경우 1次側의 開閉에 의해 2次側에 30倍以上의 펄스性 雜音이 발생되어 이것에 接續된 機器에 雜音의 影響을 준다.

(다) 리드릴레이로서 抵抗負荷를 開閉할 때

抵抗負荷일 때 스위칭 시에 雜音은 발생되지 않지만 릴레이接点의 채터링(Chattering) 등에 의해 雜音이 발생하는 경우가 있다.

(라) 아날로그 스위치 IC로서 容量性 負荷의 回路를 開閉할 때

아날로그 스위치가 가진 임피던스에 의해 抵抗負荷에서도 임펄스性 雜音이 발생하여 負荷가 容量性이면 그 靜電容量에 雜音이 吸收되는 경우가 생긴다.

(2) 스위칭 回路에 의한 雜音의 影響

스위칭 回路에 의한 雜音의 影響은 크게 세가지로 나눌 수 있다.

- ① 回路素子の 損傷
- ② 디지털적 誤差信號
- ③ 아날로그적 誤差信號

라. 電磁雜音의 トラブル 實態

(1) 生産現場에서의 電磁雜音障害

(가) 生産現場과 雜音障害

企業간의 경쟁속에서 生産現場에서의 trouble 발생은 곧 品質의 低下, 設備의 損傷, 從業員의 安全上의 不安, 担当者의 過大한 負擔 등을 초래하며 또한 이것만으로 그치지 않고 製品의 納期遲延, 生産效率의 低下, 信賴의 喪失등 企業

〈 표 1 〉 生産現場의 雜音障害事例

發生現場	障害을 받은 装置	內 容
鍛造工場	産業用로봇	無人化를 위해 採用한 로봇가 빈번하게 停止하여 그때마다 사람이 대신 設備를 操作하는 등 自動化의 長점이 없다.
化学工場	荷役로봇	일 數回 정도로 荷役 로봇가 暴走하여 荷物を 옮기는 도중에 떨어뜨리는 등 危險한 事故가 발생하였다.
重電機器工場	머시닝 센터	工具 交換時에 誤動作하여 指定한 것과 다른 工具를 取扱하여 工具가 切斷되는 事故가 발생하였다.
樹脂加工工場	레이저加工機	레이저 빔의 콘트롤러가 빈번하게 誤動作하여 여러 不良品을 多量으로 出荷시키는 경우가 있어서 사람이 監視, 再 체크하였다.
製板工場	食板製造機	溫度 콘트롤러가 誤動作하여 大量의 材料가 쓸모없게 되었고 出荷가 중지되어 顧客에 대한 信賴가 떨어졌다.
自動車工場	自動車組立라인	製造라인의 시퀀스가 長時間 다운되어 工場 전체의 機能이 마비됨에 따라 多額의 損害가 발생하였다.
藥品工場	병조립自動機	高周波 용접기의 動作에 의해 自動計量裝置가 誤動作하여 加工했을 때의 原料에 대한 製品의 比率이 현저하게 떨어졌다.
金型工場	放電加工機	X-Y 테이블이 誤動作하여 長時間 加工한 高價의 金型이 순식간에 不良品으로 되는 事故가 빈발하였다.
音響機器工場	環境試驗裝置	試驗中에 條件設定이 變動하고 試驗이 停止되어 製品의 데이터 提出이 遲延되었다.
縫製工場	工業用自動이상	갑작스런 움직임으로 針이 부러져 不良製品이 만들어지는 등 作業의 흐름이 현저하게 妨害되었다.

活動全体에 波及되는 정도가 크다. 다음의 표 1 은 生産現場에서의 障害事例를 나타낸 것이다.

(나) 生産現場에서의 雜音障害의 傾向
生産現場의 경우는 제한된 空間에 여러 종류

의 機器·裝置가 동시에 稼動되고 大容량의 電力設備이 있는 등 다음과 같은 傾向이 있다.

① 大電力을 사용하므로 에너지가 큰 雜音發生源이 있는 경우가 많다.

다음의 표 2는 生産現場에 많이 있는 雜音障害의 列를 나타낸 것이다.

② 被害側의 耐性을 높이기 위해 發生源보다 被害機器側에서 対策을 세우는 경우가 많다.

③ 雜音의 動態와 trouble의 發生頻度가 랜덤

自動車 에너지節約

연료사용당 주행거리(연비)를 점검합시다.

- 매일 주유량과 주행거리를 기록하면 연비(km/ℓ)를 계산해 낼 수 있습니다.
- 주행거리(km) 및 주유량(ℓ)를 반드시 기록합시다.
- 시내와 시외연비를 따로 체크합시다.
- 동일거리 주행시 연료가 5% 이상 더 소모되면 그 원인을 규명하여 개선합시다.



〈 표 2 〉 生産現場에 많이 있는 雜音을 發生하는 機器

附帶電氣設備	電氣工作設備
配電母線	整流子모터
力率改善裝置	汎用인버터
漏電遮斷機	高周波誘導過熱爐
螢光灯·水銀燈	熔接機
크레인	放電加工機
엘리베이터	레이저發生機
폼프레서	플라즈마利用機器
空調機	靜電集塵裝置
電話交換機	사이리스터利用機器
CVCF	超音波發生機

하게 변하기 쉽다. 이것은 여러 종류의 機器가 분주하게 稼動함으로써 다음과 같은 狀況이 생기기 때문이다.

- 配電線路의 임피던스가 시시각각 크게 變化한다.
- 많은 라인 雜音이 발생되어 雜音位相이 합치게 되면 重疊되어 레벨이 급히 變化하는 경우가 있다.

(2) 通信機器에서의 電磁雜音障害

通信機器의 電磁環境問題는

① 通信機器가 TV, 라디오 등의 다른 機器에 影響을 주는 妨害波問題.

② 高压送電線, 放送送信所 등의 外来雜音에 의한 通信機器의 伝送品質劣化, 誤動作을 취급하는 Immunity 問題.

③ 雷서지, 靜電氣 등에 의한 通信 機器의 破壞를 취급하는 機器破壞問題.

④ 通信機器相互間의 雜音干涉問題 등으로 나누어 생각할 수 있는데 電磁雜音이라는 觀點에서는 ①, ② 및 ④가 關連있다.

通信機器는 微弱한 信號를 伝送하기 때문에 ②의 Immunity 問題가 從來부터 檢討되어 왔지만 最近 ISDN(서비스 綜合 디지털網)에 의해 通信機器의 디지털化가 이루어지면서 ②만이 아니고 ①에 대해서도 CISPR의 「情報技術裝置로부터의 妨害波」와 關連하여 檢討할 필요가 있다.

(3) 医療機器에서의 電磁雜音障害

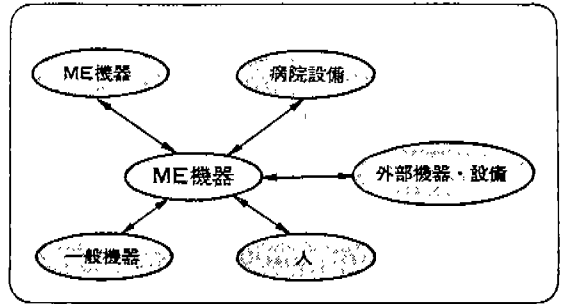
(가) 病院에서의 雜音問題의 特徵

病院에서의 雜音問題를 생각할 경우 다음의 事實을 염두에 두어야 한다.

- ① 信號가 微小하다.
- ② 信號의 周波數帶가 低周波領域에 있다.

〈표 3〉生体電氣·物理現象의 振幅과 周波數成分

生体现象	振 幅	周波數成分
心 電 岡	0.1~2mv	0.05~100Hz
腦 波	1~50 μV	0.5~70Hz
筋 電 岡	0.1~10mV	10~10000Hz
血 流	1~100 μV	DC~100Hz
血 庄	1~100mV	DC~100Hz



〈그림 6-2〉ME 機器의 相互干涉

〈표 4〉雜音의 種類와 影響例

雜音의 種類	影 響 例
高周波雜音	電氣메스, 텔레메터 등 라디오, 텔레비전, 無線局 등
低周波雜音	商用交流障害(헛) 등
超低周波雜音	드리프트, 基線動揺 등
임펄스雜音	放電雜音, 過渡現象 등 디지털機器, 컴퓨터 등
靜電氣雜音	플로팅 機器
磁氣雜音	交流障害(모터) 靜磁界(NMR-CT)
電源低下· 瞬間停電	컴퓨터內藏機器 등

- ③ 信號源임피던스가 크다.
- ④ 精密機器와 強力에너지機器의 併用
- ⑤ 디지털系와 아날로그系의 干涉
- ⑥ 無線텔레메타의 利用
- ⑦ 安全을 위해 入出力플로팅化

(나) 雜音障害事例

ME機器를 中心으로한 相互干涉는 그림 6-2 처럼 생각할 수 있다.

또한 雜音障害의 原因을 電磁界種類別로 나타내면 표 4와 같다.

특히 病院의 ME機器로서 最大의 雜音源은 電氣메스이다. 電氣메스는 500kHz~10MHz, 500W 정도의 強力高周波發振器이다. 또한 非線性發振때문에 広帶域雜音을 발생시킨다. 더욱이 出力波形包絡線이 電源回路의 리플로서 變調되고 있기 때문에 高感度增幅器는 入力이 飽和하여 非線形性으로 檢波되면 低周波雜音이 발생한다.

〈다음호에 계속〉