



대림대학교 전기과  
교수(공학박사) 이철직

# “노이즈 발생과 대책기술”

## 1. 전자장 차폐기술

선진국에서는 오래 전부터 전자파 장애에 관심을 가지고 전자파 간섭을 줄일 수 있는 방법에 관해 연구해 왔는데, 금속 및 비금속 물질을 이용한 차폐 막 또는 케이스를 이용하는 기술들이 주를 이루었다. 또, 일본에서는 자기 차폐 재료로 초전도체를 사용함으로써 차폐 성능을 향상시키기도 하였다.

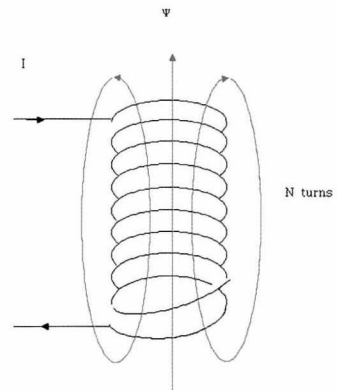
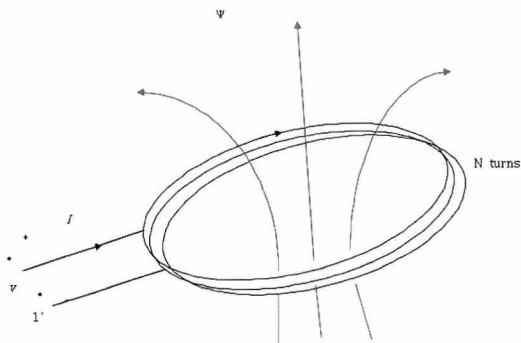
2004년부터는 Nano-기술의 발전으로 Ag-Nano 차폐 재료로 활용하는 방법에 관심이 집중되고 있다. 머리카락의 10만분의 1 굵기를 가진 미세 은 와이어를 제조하고 이를 코팅 액에 분산해 TV 모니터 등에 코팅하면 전자파 차폐 기능을 할 수 있는 디스플레이 용 전도성필름이나 투명필름 등으로 사용할 수 있다. 앞으로 제어기기류의 차폐 케이스 혹은 구조적으로 차폐가 가능한 메커니즘에 대한 연구가 지속적으로 진행될 것으로 보이며, 차폐 박스 및 실드룸에 대한 연구 역시 계속 진행될 전망이다. 또한 차폐 신소재 개발과 함께 이를 적용하는 방법에 대한 연구도 계속해서 진행될 전망이다.

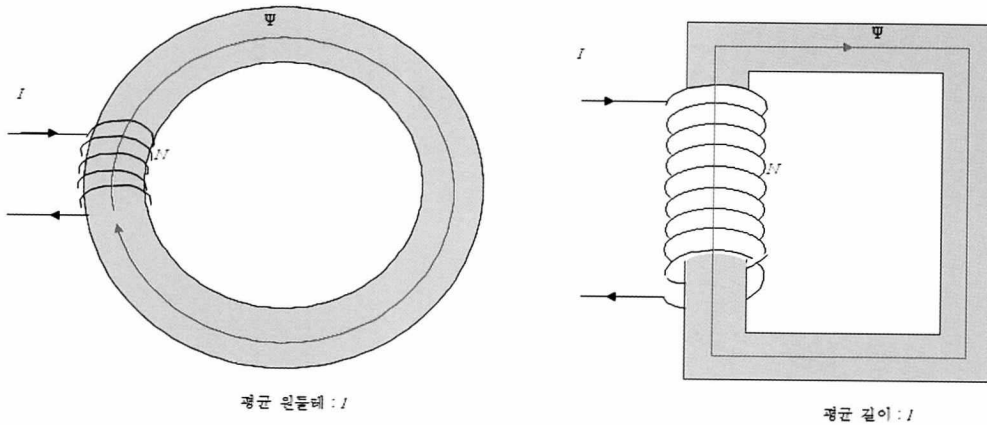
다음은 전도성 노이즈의 차폐를 위한 Coil과 Capacitor 가 주로 사용되고 있는 데 여기서는 Coil 에 대한 기본 이론과 설계 사례를 설명하기로 한다.

## 2. 인덕턴스(자기 인덕턴스)

권수가 N회인 코일에 전류 I가 흐르면, 전류에 비례하는 자속  $\psi$ 가 발생한다.

즉,  $\psi \propto I$





(그림 1) 코일에 전류가 흐를 때 자속이 발생하는 현상

(그림 1)과 같이 자속이 코일과 쇠교(link) 한다면, 총 자속 쇠교수(number of flux linkages) 는  $N\Psi$  으로 된다.

$$\text{코일(Inductor) 에 유기되는 전압은 } v = \frac{d\lambda}{dt} = N \frac{d\Psi}{dt} = L \frac{dI}{dt}$$

코일의 자기 인덕턴스를 다음과 같이 정의한다.

$$L \triangleq \frac{\lambda}{I} = \frac{N\Psi}{I} \quad \text{Henry [= H] , Wb/A}$$

1) Coil의 종류와 용도

Common Mode Coil



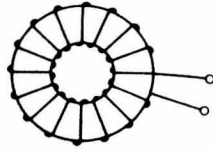
위 3가지 형태 코일의 장단점은 무엇인가 ?

Differential Mode Coil

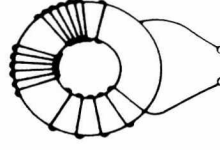


(그림 2) CM모드와 DM모드에 사용되는 코일의 대표적인 사례

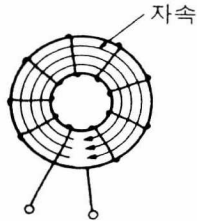
## 2) CM Coils의 제작



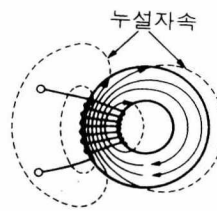
양호한 방법



나쁜 방법



자속



누설자속

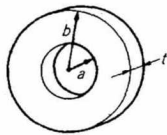
• 자속 이 코어 내에서 발생

• 자속 이 편중되어 누설자속이 발생

(그림 3) 토로이드 코일에서 발생하는 누설자속관계

(그림 3)은 토로이드 코어의 CM 제작과정에서 볼 수 있듯이 등 간격으로 제작하는 것이 무엇보다 중요하다. 권선을 조밀하게 튜닝할 때는 상하양복으로 일정한 간격과 접선성을 가지고 제작하는 것이 중요하다. 그러지 않으면 그림과 같이 누설자속이 발생되어 주변회로에 전자기파 영향을 줄 수 있으므로 노이즈 차폐에 큰 효과를 볼 수 없다.

## 3) 트로이달코어의 인덕턴스 계산



트로이달 코일의 인덕턴스  $L$ 은

$$L = \frac{N^2}{2\pi} \mu t \ell n \frac{b}{a}$$

여기서  $AL = \frac{1}{2\pi} \mu t \ell n \frac{b}{a}$  라 하면

$$L = AL \cdot N^2$$

$L$  : 인덕턴스(H)

$a$  : 코어의 내반경 (m)

$b$  : 코어의 외반경 (m)

$t$  : 코어의 두께 (m)

$N$  : 코일의 권수

$\mu$  : 코어의 투자율  $\mu = \mu_0 \cdot \mu_s$

$\mu_0$  : 진공중의 투자율 ( $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ )

$\mu_s$  : 코어의 투자율

$\ell n$  : 자연대수

$AL$  : AL치(H/N<sup>2</sup>)

• 코어내의 자속밀도를 구하는 계산법

$$B = \mu \frac{NI}{\ell}$$

$$\therefore I_{peak} = \frac{\ell}{\sqrt{2}\pi f \mu S N^2} V_{rms}$$

$$I_{rms} = \frac{E_{rms}}{2\pi f}$$

$$\therefore B_{peak} = \mu \frac{N}{\ell} \frac{\ell}{\sqrt{2}\pi f \mu S N^2} V_{rms}$$

$$I_{peak} = \sqrt{2} \frac{E_{rms}}{2\pi f L}$$

$$= \frac{V_{rms}}{\sqrt{2}\pi f S N} = \frac{V_{rms}}{4.44 \pi f S N}$$

여기서

$$L = \frac{N^2}{R_m} = \frac{\mu S N^2}{\ell}$$

코일이 공진하지 않고 정현파 신호가 가해져 있는 것이 조건

$B$  : 자속밀도(Wb/m<sup>2</sup>)

$\mu$  : 투자율  $\mu = \mu_0 \times \mu_s$

$N$  : 권수

$I$  : 전류(A)

$\ell$  : 평균자로 길이 (m)

$S$  : 코어단면적(m<sup>2</sup>)

$f$  : 주파수(Hz)

$E_{rms}$  : 전압(실효치)(V)

$R_m$  : 자기저항

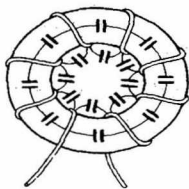
(그림 4) 트로이달 코어에서 인덕턴스를 구하는 사례

(그림 4)는 토로이드 코어에서 인덕턴스를 계산하는 과정을 보이고 있다. 자속과 주파수는 반비례관계를 가지고 있으므로 노이즈원에서 발생하는 전자기파의 주파수 영역을 분석하여 자속밀도를 계산한다면 최적화 설계를 할 수 있을 것으로 본다. 여기서는 코어의 단면적과 코일의 길이를 적절하게 변화시키면서 하드웨어의 크기에 적합한 설계를 할 수 있다. 한편, 그림 5와 같이 토로이드 코일을 구성하고 있는 경우는 코일사이에 전하 분포용량이 존재한다는 것이다. 넓은 대역의 특성을 보상하기 위해서는 이 같은 코일간의 전하량을 고려해야 한다는 것이다. 주파수 영역에 따른 병렬/직렬 공진이 존재하므로 Capacitor와 구성할 때는 등가영역별 회로 구성에서 보상해야 최적화 설계에서 전자기파 차폐를 하는 데 효과를 높일 수 있다. 한편, 분포용량을 줄일 수 있는 설계를 시도하는 것도 매우 중요하다.

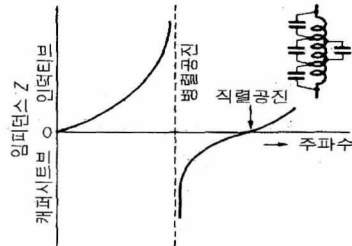
(그림 6)은 Common Mode에서 토로이드 코일을 설계할 때 주의할 내용을 보이고 있다. 여기서는 전류의 크기에 따른 코일의 크기와 Turn 수 및 이격거리 등을 고려해야 한다. 코어의 재질에 따른 투자율도 매우 중요한 파라미터이다. Common Mode Noise 에서는 그라운드(G) 선을 타고 들어오는 것으로써 기준 전위가 흔들려서 디지털 분야의 Logic 회로가 부동작/오동작에 빠질 우려가 있다. 따라서 주로 논리회로 및 기억장치 계통에 치명적인 손상을 줄 수 있다. 이러한 Noise를 위해서 약 10[A]미만의 소용량의 경우에는 그림과 같은 소형 경량인 Noise Filter가 주로 이용되고 있으나 특정 주파수 대역에 한정되어 있으며 감쇄도는 20-30 dB에 그치기 때문에 용량이 클 경우는 NCT (Noise Cut Transformer)를 사용하여 효과를 보고 있다.

1) Coi의 분포용량

넓은 대역의 특성을 얻기 위해서는 코일의 분포용량 관리가 중요함



코일의 권선 간에는 반드시 용량이 분포된다.

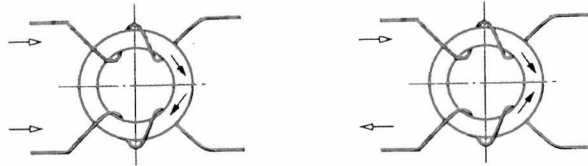


COIL은 L,C,R로 구성되어 있다.

- ◆ 분포용량은 어떤 영향을 미치게 되나 ?
- ◆ 분포용량을 줄일 수 있는 권선방법은 무엇인가 ?

(그림 5) 코일의 분포용량 특성의 예

## 2) Common Mode 동작원리 및 역할



- Coil 설계 시 고려사항

전류, 전압	Core의 크기, 이격거리, Wire굵기, Turn수
주파수대역 및 감쇄능력	재질, Turn수, 권선방법
온도특성	재질, Wire굵기, Turn수
DC저항	Wire굵기, Turn수

(그림 6) CM의 동작과 설계시 고려사항

## 3. 부품 및 소재기술

### ① 부품 및 부품 기술

- 차폐 제품에는 세라믹, 합성수지, 금속 재료, 자성 재료 등이 사용되었으며 최근에는 차폐용 필름을 위한 전반적인 연구가 진행되기도 하였다. 특히 전기적 저항이 작고, 기계적 강도나 내 부식성, 내수성 등이 우수한 항균성 합성수지 필름에 대한 연구가 활발하게 진행되었다.

특히 휴대폰의 유해 전자파 방출을 막아주는 전자파 차폐제(EMS) 시장의 경우 2001년만 해도 스프레일렛, 애치슨 등 미국업체들이 장악하고 있었으나 제일모직, 팜택 등 국내 업체들이 속속 뛰어들면서 시장을 급속히 잠식하고 있다.

국내업체들은 EMS의 핵심 원자재인 실버 플레이크(silver flake)를 자체생산, 가격 경쟁력에서 우위를 가진 것으로 분석되고 있다. 휴대폰, 노트북, 캠코더 등의 케이스 내부와 외면 유리에 코팅하여 유해전자파를 차단하는 EMS분산용액은 2004년 세계시장이 약 1200억원 정도로 추산된다.

부품에 관련해서는 페라이트 코어에 대한 연구가 활발히 진행되었고, 이외에도 노이즈 저감용 인덕터 제조 기술과 층상 세라믹 커패시터 등도 개발 되었다.

## ② 스위칭 소자 및 모듈화 기술

- 부품이 소형화, 집적화 되고, 전자 기기의 동작 속도가 매우 크게 높아지면서 전자기 간섭의 문제는 설RP 단계에서부터 매우 중요하게 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 집적 회로의 패키징 방법이나 IC 소켓과 같은 부분들에 관한 연구가 상당히 진행되어 칩세트와 회로설계의 발전으로 콘덴서 저항 인덕트 등 3대 수동 부품들이 기판에 실장되는 것이 아니라 아예 내장되는 쪽으로 기술 개발이 활발히 이루어지고 있다.

쏘필터 디플렉서 스플리터 등의 부품 사용수를 줄이거나 그 기능을 복합모듈이 대체하는 쪽으로 많은 변화가 있었으며, 이외에도 EMI 필터를 설치하거나 PCB 기판 내부에 접지층을 설치하고 이것을 접지하는 기술 등이 활발하게 연구 개발되어 양산에 적용되고 있다.

※ 기술자료 제공 : (주)이엠시스

▶ 다음호에 계속