



대림대학 전기과  
교수(공학박사) 이철직

# “노이즈 발생과 대책기술”

## ▶ Noise 스펙트럼

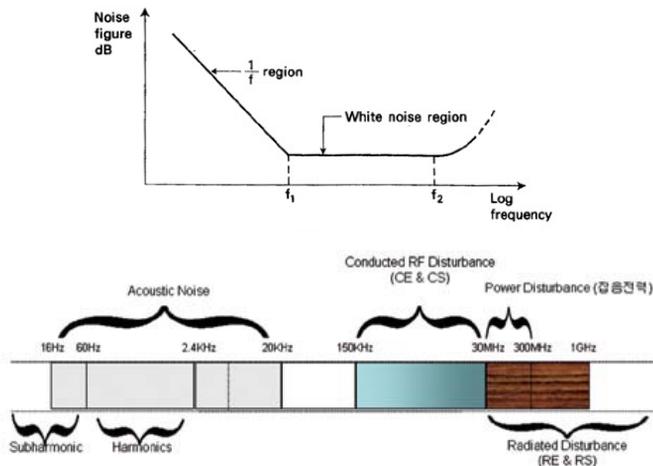
전기·전자회로를 중심으로 필요한 어떤 정보를 전달하는 양을 신호(Signal)라고 한다. 이러한 신호는 신호의 전송 및 검출 시 원하는 Signal 이외에 전송·검출을 방해하는 신호를 잡음(Noise)이라고 부른다. 즉, 전기·전자회로에서 불필요하거나 원하지 않는 전류 또는 전압은 잡음이다.

Noise는 잡음원(Noise Source)에 따라 대별하면, 계측기기 시스템의 주위에서 발생하여 여러 경로(①에서 설명됨)를 통해 시스템으로 들어가는 외부잡음(Extrinsic Noise)과, 회로 내부에서 발생하는 내부잡음(Intrinsic Noise)으로 구분된다.

외부잡음에는 낙뢰, 송배전 선로에서 발생하는 코로나 잡음, 전기철도나 자동차에 의한 잡음, 전기기기에서 방출하는 잡음 등 인공잡음을 외부잡음으로 볼 수 있다.

내부잡음에는 교류전력의 상용 주파수에 의한 험(Hum) 등 저주파 잡음과, 트랜지스터 등 스위칭을 위한 반도체에서 나오는 산탄 잡음 등의 고주파 잡음이 증폭기 잡음으로 되고, 또 저항체의 열잡음 등 회로소자 자체에서 나오는 잡음도 있다.

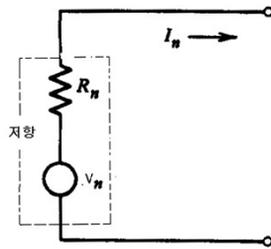
잡음은 일반적으로 불규칙한 파형으로 (그림 1)에 나타낸 것과 같이 넓은 주파수 스펙트럼과 진폭분포(amplitude distribution)를 갖는다. 따라서, 주파수 스펙트럼과 진폭분포에 따라 분류하는 것도 매우 유용하다. 잡음전력(noise power)이 평평한 주파수 분포(사이)를 가질 때 이것을 일반적으로 백색잡음(white noise)이라고 부른다. 또, 주파수에 역비례( $1/f$ )하는 잡음을 핑크 잡음(pink noise)이라고 한다. 핑크 잡음은 저주파 시스템에서 특히 중요하다.



(그림1) 잡음 스펙트럼

### ▶ 열잡음

열잡음(thermal noise)은 (그림 2)와 같이 회로내부의 저항소자에서 발생하는 잡음으로, 저항에 존재하는 자유 전자의 불규칙한 열운동(random motion)에 의해 발생하는 백색잡음 중 하나다. 이 잡음은 저항이 회로에 연결되지 않아도 발생하는데, 이것은 어느 순간에 전하 캐리어가 저항의 한쪽 끝에 더 집중되면 그 결과 외부 전압(전류)이 없더라도 저항 양단에 작은 전압 강하가 발생할 수 있기 때문이다. 열잡음은 1928년 J.B.Johnson에 의해서 처음으로 연구가 되었기 때문에 자주 Jonson 잡음이라고도 부른다.



(그림2) 저항에서의 열잡음

### ▶ 접촉잡음

모든 저항은 열잡음 이외에 접촉잡음(contact noise)를 갖는다. 또, 이 잡음을 플리커 잡음(flicker noise), 핑크 잡음(pink noise)이라고 부른다. 접촉잡음의 원인은 불명확 하지만, 전류가 비균질 재료(non-homogeneous material) 또는 불연속적인 매질(discontinuous medium)를 통해 흐를 때 발생하는 것으로 되어 있다. 저항의 경우 금속박막 저항(metal film resistor)이나 권선 저항기(wirewound resistor)보다는 탄소 저항기(carbon resistor)에서 접촉잡음이 가장 크게 발생한다. 또 가변 저항기의 와이퍼 접점(wiper junction)에서 발생한다.

접촉잡음은 FET와 BJT에서도 발생하는데 그 원인은 소자에 따라 다르다. BJT의 경우 이 잡음의 크기는 베이스 전류와 누설전류와 함께 증가한다.

### ▶ 산탄잡음

반도체 소자 또는 진공관에서 전류가 캐리어 의해서 불규칙하게 흐르기 때문에 잡음이 생긴다. 이를 산탄잡음(shot noise)이라고 한다. 예를 들면, p-n 접합을 통과하는 전자와 정공의 수, 또는 진공관에서 방출되는 전자의 수가 불규칙하게 변하기 때문에 산탄잡음이 발생한다. 이 잡음은 모든 능동소자에서 발생하며, 열잡음과 마찬가지로 백색잡음의 일종이다.

산탄잡음은 전류로 나타내며, 평균 잡음전류는

$$I_n = \sqrt{2eIB} \quad (1)$$

여기서  $e$ 는 전자의 전하( $= 1.602 \times 10^{-19}$  C),  $I$ 는 산탄잡음이 계산되는 직류전류,  $B$ 는 주파수 대역폭이다.

## ▶ Noise 측정

출력단에서 신호전력  $S$ 와 잡음전력  $N$ 과의 비( $S/N$ )를 신호 대 잡음 비(signal-to-noise ratio 또는  $S/N$  ratio)라 하고, 보통 dB로 나타낸다.

$$S/N = \frac{\text{signal power}}{\text{noise power}} = \frac{V_s^2/R}{V_n^2/R}$$

또는

$$S/N = 20 \log \frac{V_s}{V_n} = 10 \log \frac{P_s}{P_n} \text{ dB}$$

여기서,  $V_s$ 와  $P_s$ 는 각각 신호전압과 전력,  $V_n$ 과  $P_n$ 은 각각 잡음전압과 전력이다.

신호가 증폭기를 통과하면, 증폭기의 내부 잡음이 신호에 혼합되므로 입력단의  $S/N$ 에 비해 출력단의  $S/N$ 가 반드시 저하한다. 따라서 증폭기의 잡음에 관한 성능 평가에는 입력단과 출력단의  $S/N$ 를 사용한다.

- 잡음인자(noise factor) :

$$F = \frac{\text{입력에서의 } S/N}{\text{출력에서의 } S/N} = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o}$$

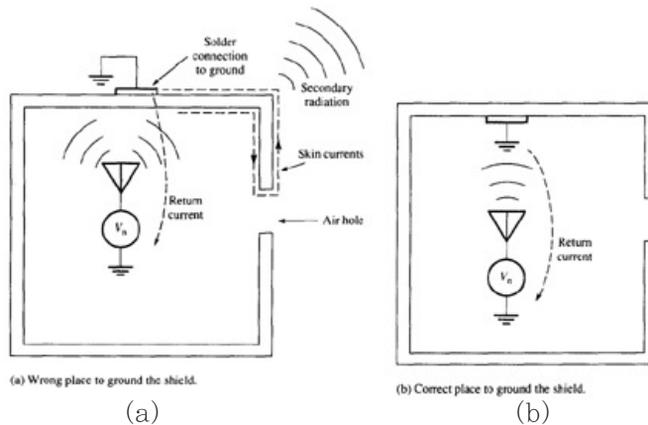
- 잡음지수(noise figure) :

$$F = 10 \log F \text{ dB}$$

증폭기 내부에서 잡음은 반드시 발생하므로  $F$ 는 항상 1보다 크다. 많은 문헌에서 잡음인자와 잡음지수는 동일한 의미로 사용한다.

## ▶ RF 차폐의 예

(그림 3)(a)는 잡음원으로 부터 잡음을 차단하기 위해서 차폐를 사용하고, 편의상 차폐 밖에서 접지를 만들었다. 그러나 표피 효과 때문에 냉각용 구멍을 통해 전류가 흐르고, 이것이 다시 전자파를 방사하게 된다. 이것을 방지하기 위해서는 (그림 3)(b)와 같이 차폐의 내부를 접지시키면 표면에 유도된 전류는 그 잡음원으로 되돌아가기 때문에 효과적인 차폐가 이루어진다.



(그림 3) RF 차폐의 예

마지막으로, 흔히 발생하는 외부 잡음은 60 Hz 전력선에 의한 간섭(power line interference)이다. 전력선 간섭은 회로에 원하지 않는 전압을 유기할 때 발생하거나 전력선으로부터 내부적으로 발생한다. 또, 잡음이 전력선을 통해 유입되는 경우도 있다. 전력선 간섭은 차폐 케이블을 사용하고 접지에 주의하면 피할 수 있다. 또 파손된 케이블은 시스템에 전력선 간섭을 도입하는 원인이 되므로 주의해야 한다. 접지 루프(ground loop)에 기인해서 전력선 간섭이 발생할 수도 있으므로 다수개의 접지 경로가 만들어지지 않도록 해야 한다.

▶ EMC에 있어 상호 간섭을 야기 시킬 수 있는 Noise는 다음과 같은 3가지의 노이즈를 들 수 있다.

1. 연속성 노이즈

- 시간에 의해 변경되지 않는 지속적인 시그널로써 예를 들면 오실로스코프에서 볼 수 있는 파형을 지속적으로 발생하는 현상을 말함.

2. 불연속성 노이즈

- 시간에 의해 변경되고 변화되는 시그널로써 반복적이고 규칙적이다. (“예” 전원공급장치, 조명 조광기등) 이 시그널은 average, peak, quasi-peak 에서 매우 다른 결과를 보여준다.

3. Clicks 노이즈

- Clicks 는 본질적으로 작동중인 접속부, 릴레이, 스위치 등에서 발생하는 데 이것은 간헐적 작동을 하는 경향이 있다.

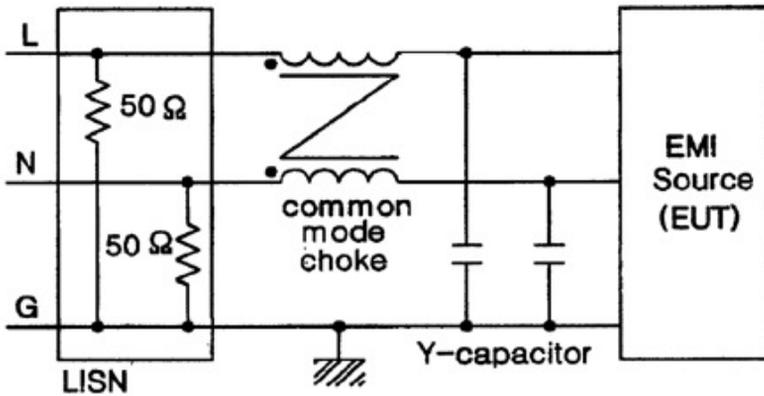
이러한 Noise를 분석하는 계측장비에는 Spectrum Analyzer(EMI Receiver)를 사용할 수 있다.(그림 4)



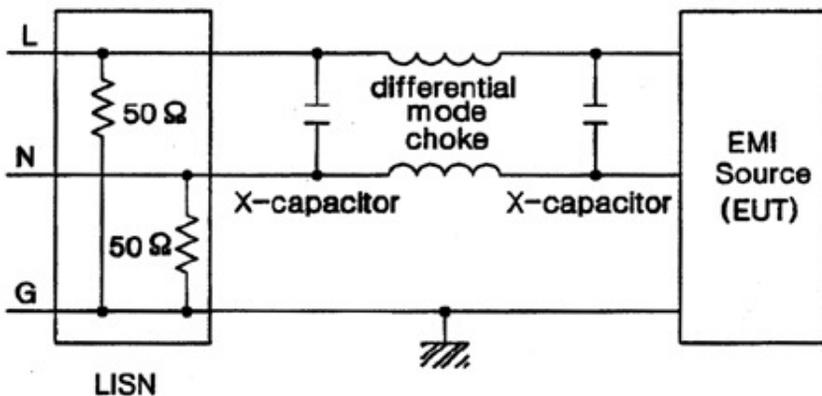
주파수	대역폭
10~0.15MHz	200Hz
0.15~30MHz	9kHz
30~1000MHz	120kHz

(그림 4) Spectrum Analyzer ( EMI Receiver ) (주)이엠시스 제공

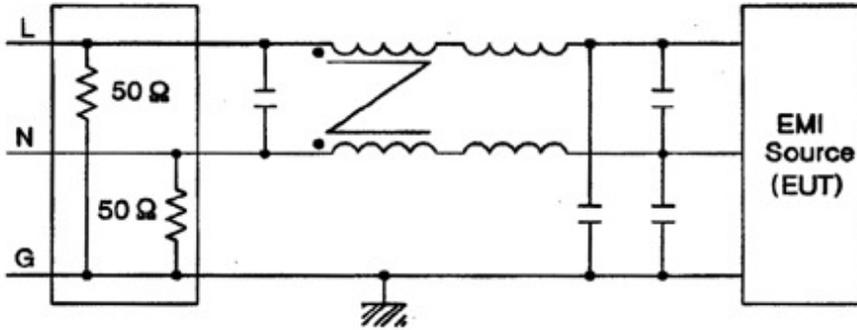
주파수 측정 장비로써 EMI 측정에 사용되는 가장 기본 장비라고 할 수 있으며 CISPR/FCC 에서는 Turned receiver 또는 Measuring receiver 라고 불리고 있다. 한편, (그림 5)는 공통 모드에서 노이즈를 저감하기 위한 필터 구성의 일례를 보여주고 있으며 여기서 사용되는 코일과 커패시터를 각각 common choke 와 Y-capacitor 라고 부른다. 또, 그림 6은 차동 모드에서 노이즈를 감소시키기 위한 필터를 구성하고 있는 데 여기서 사용하는 차동 코일을 differential choke 또는 normal coil 이라고 부르고 커패시터를 X-capacitor 라고 부른다. 따라서 (그림 5)와 (그림 6)을 합성한 필터회로가 (그림 7)로 나타내고 있으며 여러 가지 필터로 다양하게 구성하여 공통모드 노이즈와 차동 모드 노이즈를 함께 저감할 수 있게 해 준다.



(그림 5) Common Mode Noise Filter



(그림 6) Differential Mode Noise Filter



(그림 7) Common Mode Noise Filter

※ 참고자료 : 전자측정시스템(사이텍미디어), (주)이엠시스 기술자료

▶ 다음호에 계속