

노이즈 차폐 변압기 기술설명서 (Noise Cut Transformer, NCT)



NCT 지정 대리점

PQ Ride

<http://www.pq-ride.co.kr>

전력품질(PQ) 계측, 보호 종합 솔루션 - (주)피큐라이드

- 정밀 전력품질(PQ) 분석기
- SPD / TVSS, 피뢰 및 접지
- 단상 순간전압강하 보호장치
- NCT, 변압기, 리액터
- 삼상 순간전압강하 보호장치
- 역률 보상 컨덴서, 고조파 필터

서울특별시 강남구 수서동 716 한신씨이룩스 서관 1219 (우)135-560
Tel. 02-2149-8877 Fax. 02-2149-8879 rick.suh@pq-ride.co.kr

Schneider
Electric
Merlin Gerin

엔티씨

SoftSwitching
Power Electronics
Producing the Digital Factory

Hi27 범한

SUNKWANG
Lightning protection Technics Institute Inc.

NOKIAN CAPACITORS

주식회사 범한

목 차

I . Noise의 개요 -----	3
1. 개요 -----	3
2. EMC -----	4
3. Noise 발생원 -----	5
4. Noise 전달경로 -----	11
II . Noise 대책 및 방지소자 -----	15
1. Ground에 의한 대책 -----	15
2. 차폐에 의한 대책 -----	15
3. 배선에 의한 대책 -----	16
4. 방지소자에 의한 대책 -----	17
III . 노이즈차폐변압기 -----	20
1. 개요 -----	20
2. Noise 대책기기로서의 변압기 분류 -----	21
3. NCT의 특성 -----	23
4. NCT 적용 사례 -----	24
IV . BHNCT - H Series -----	28
1. 개요 -----	28
2. BHNCT 성능 기준 -----	29
3. 규격별 감쇠특성 -----	30
4. 동적 특성 -----	35
5. NCT 사용용도 -----	35
6. 품질인증 -----	36

I . Noise 개요

최근의 정보 통신 기술 및 디지털 신호 처리 기술의 발달에 따라 전기 기기의 경량화, 소형화, 고속화와 광대역화가 가능하게 되었다.

반면에 첨단 전기 기기의 급격한 보급에 따라 주변 환경이 전자파 밀집도가 증가하고 전자파 환경을 나쁘게 만드는 경우가 늘어나 전기기기의 오동작이 발생하고 인체에 해를 끼칠 수 있는 가능성이 제기되고 있는 등 많은 문제점이 발생하고 있다.

산업현장에서 제품의 생산성과 품질에 크게 영향을 미치는 Sag, Transients, Swell, Surge, Flicker, Interruptions 등의 현상들은 동시 다발적인 형태로 전력계통에 발생하며, 이러한 현상들은 전기적 노이즈원으로 작용하여 생산현장의 PLC, DCS, Inverter, Robot, UPS 등 자동화 설비 및 전원 안정화 장치에 영향을 주어 특성의 열화, 손상, 오동작, 소자파괴, 기관 소손 등을 일으켜 System Down 등으로 기업에 막대한 지장을 초래하고 있다.(별첨 관련 기사 참조)

1. 개요

Noise란 전기,전자기기의 동작 주파수와 다른 전압, 전류 즉 기본 주파수 이외의 정상 동작을 방해하는 불필요한 전기 전자적 에너지를 말한다. 이같은 불필요한 에너지는 자연적인 것과 인공적인 것으로 분류할 수 있는데 前者를 자연 Noise, 後者를 인공 Noise라고 한다. 일반적으로 자연 Noise는 10MHz이하의 주파수에 분포되어 있으며, 인공 Noise는 10MHz이상의 고주파가 대부분이다.

Noise는 전류의 변화 즉 $di / dt \neq 0$ 또는 전압의 변화 $dv / dt \neq 0$ 인 경우 부수적으로 발생하는 전기적 에너지의 전도 및 방사현상이라고 할 수 있으며 이같은 에너지의 전달은 Power 혹은 Signal Line을 타고 전송되는 전도Noise와 전자파의 형태로 공간을 타고 전송되는 방사Noise 및 양자의 성질을 모두 지닌 복합Noise등이 있다.

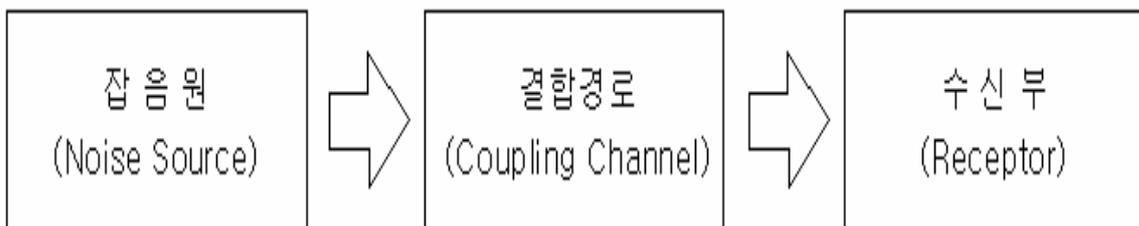


그림1-1 노이즈 전달 경로

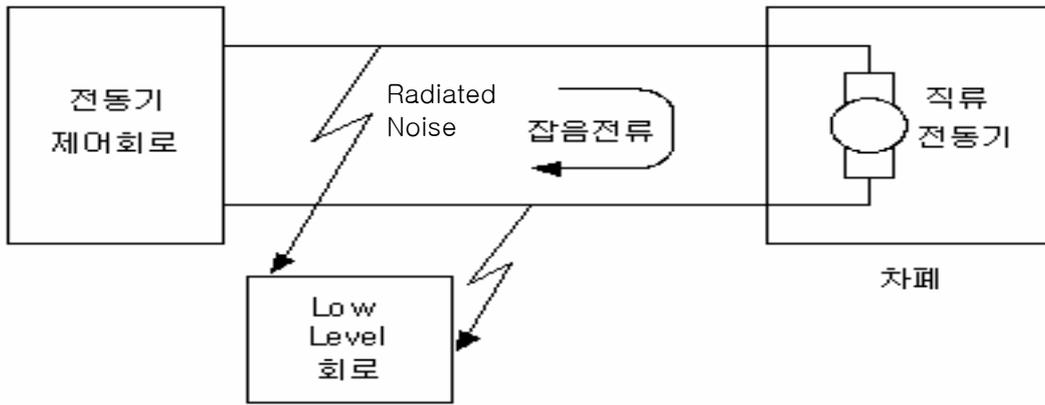
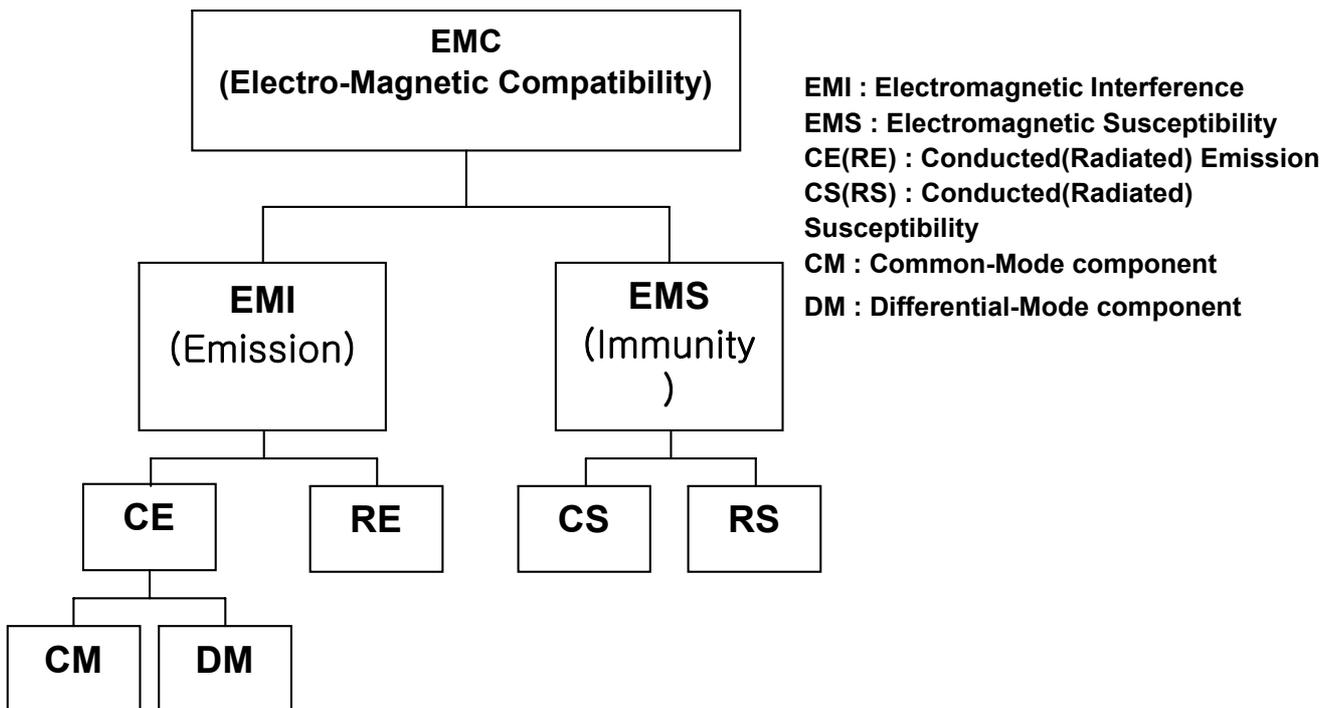


그림1-2 실제회로에서의 노이즈

2. EMC(ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY)

EMC란 전자기 환경의 양립성 혹은 적합성으로 전자파 환경공학을 의미한다. 전자기기 자체는 전자기적 방해(ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE)와 전자기적 감수성(ELECTROMANETIC SUSCEPTIBILITY)의 양면을 동시에 수반한다는 전자기적 환경을 의미한다. 즉 전자기기가 실장될 때 주위의 전자기적 간섭을 받을 뿐더러 주위의 전자기기에 전자기적 영향을 줄 수 있다는 것으로 전자기 환경의 양립성을 의미한다.

■ EMC Mechanism



3. Noise 발생원

오동작을 일으키는 Noise는 어디에서 발생하는가 한마디로 요약하면 " 전류나 전압이 갑자기 변화하는 부분"이라고 정리할 수 있다.

그 가장 좋은 예로써 유도성(코일)이나 용량성(콘덴서)부하가 된다. 오동작의 원인이 되는 노이즈중에는 무선송신기가 바로 옆에 있어서 그 전파가 혼입하는 등 스위치 탕 만으로만 돌릴 수 없는 것도 있다.

그러나 비율로 말하면 오동작을 일으키는 Noise 중 대부분이 코일이나 콘덴서의 스위칭시에 발생되고 있다.

다시 말하면 코일이나 콘덴서에 흐르는 전류를 단속하는 것에 한정하지 않더라도 순수한 저항에 흐르는 전류를 단속해도 그 전압 또는 전류가 단시간에 크게 변화하면 큰 Noise가 되는 것이다. 즉 전압의 시간당 변화율(dv/dt)과 전류의 시간당 변화율(di/dt)이 크면 큰 Noise가 되고 사용하는 전원이 대전력 고주파일수록 큰 Noise 발생원이 된다.

3.1 인덕턴스를 포함하지 않는 부하

부하가 순저항 부하이고 전원전압이 10V 이하인 경우 스위칭시 스파크가 없고 불꽃 방지를 위한 조치도 필요없다. 전원전압이 10V이상에서 300V까지의 범위에서 스위칭시 부하가 순저항 부하라도 스파크인 아크 방전이되며 이것은 전압의 상승 속도에 기인한다.

전원전압이 300V이상이면 순저항 부하라도 Glow Discharge이 발생한다.

글로우 방전은 전압의 상승 속도에는 관계가 없고 접점간의 거리와 전압의 관계만으로 방전한다. 그러나 접점이 떨어지는 시간을 길게 하고, 거리를 멀어지게 하면 역시 접점간의 전압 상승을 느리게 하여 방전을 방지할 수 있다.

3.2 인덕턴스를 포함한 부하

Noise 발생의 일반적인 경우로 릴레이, 코일, 전동기 권선과 같이 코일(인덕턴스)에 흐르는 전류를 기계적인 스위치로 끊으면 1-3과 같이 $V_L = -(di/dt)$ 에 의하여 그때까지 가해지던 전압과 반대방향으로 십에서 수십배의 역전압(Inductive Kick)이 발생된다. 따라서 발생된 역전압에 의한 유도 전류를 방지하게 되면 회로의 오동작을 일으키는

Noise 발생원으로 작용하게 된다.

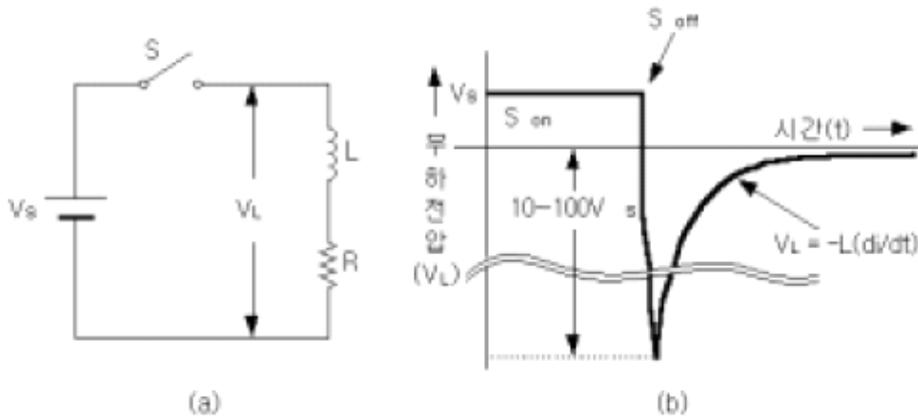


그림1-3. 유도성 부하에서 스위치 off시 전압변화

3.3 정전용량을 포함한 부하

그림1-4와 같이 정전용량을 포함한 회로에 전류를 흘리기 위하여 스위치를 닫으면 전원 자체와 정전용량의 내부저항만으로 정해지는 충전(돌입)전류가 흐르는데 이 충전 전류는 정상 전류에 비하여 아주 큰 값이므로 Noise 발생원으로 작용한다.

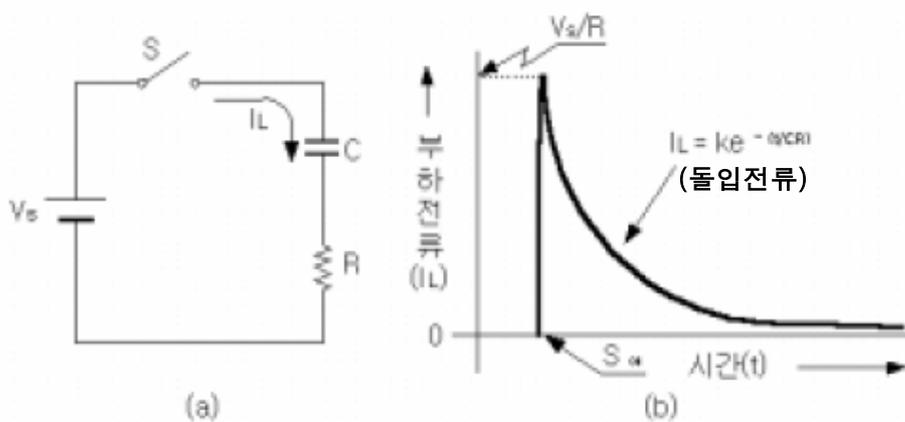


그림1-4. 용량성 부하에서 스위치 on시 전류변화

3.4 실제 회로에서 Noise

그림 1-5와 같이 실제의 전기, 전자 회로상에서 인덕턴스나 정전 용량이 삽입되지 않으나 스위치 동작시마다 Noise가 발생하는 이유는 배선이나 부품 중에 분포 인덕턴스나, 분포 정전 용량이 분포하기 때문이다.

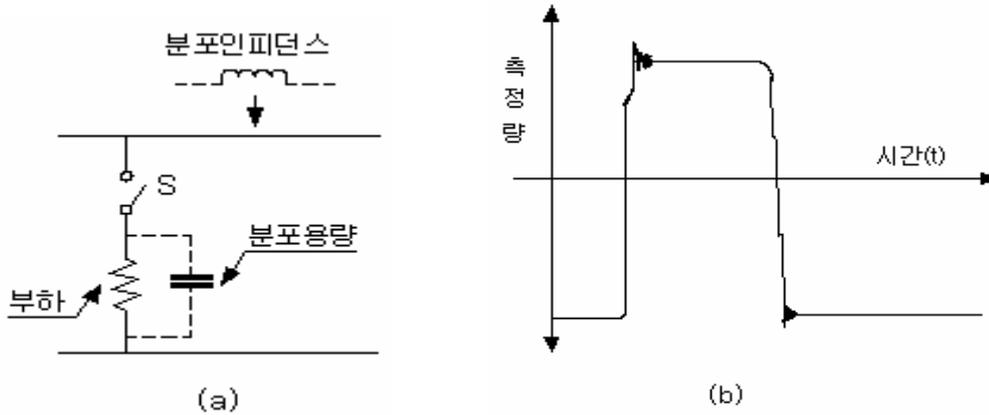


그림1-5. 실제회로에서의 스위칭 파형

3.5 다이리스터(Thyristor)

전력변환장치, 발전기, AVR, 전동기 제어 설비와 같이 다이리스터를 이용한 상용 주파수 전력 제어 회로는 강력하고 까다로운 Noise 발생원으로 잘 알려져 있다. 다이리스터가 스위칭될 때 발생하는 첨두전압은 정격 전압의 3배에 이르며, 전압 상승 시간은 극히 짧아 수 μs 에 불과하며 정상전압에 이른 후에는 수 십에서 수 백 μs 로 상대적으로 완만한 변화를 갖는다.

다이리스터를 이용한 위상 제어 회로에 의하여 차단된 교류 파형은 그 자체가 많은 고조파 성분을 포함한 상태로 부하에 공급된다.

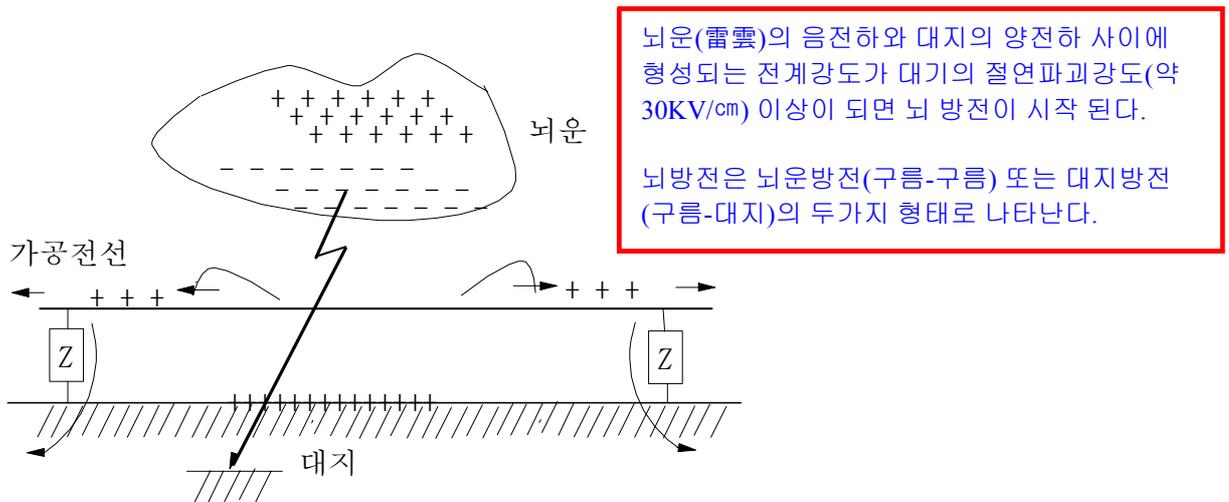
따라서 다이리스터 후단의 전원선을 길게 하는것은 Noise 발생기를 끌고 다니는 것과 같은 것이다.

다이리스터에서 발생하는 Noise중 또 다른 형태는 한 전원선에서 다른 선으로 다이리스터가 전류(轉流, Commutation)될 때 다른 다이리스터가 도통되는 동안 1개는 소호되는 과정에 있게 된다. 이 때 유도성 부하에 의한 전류지연에 따라 다이리스터 2개가 모두 도통상태를 유지하는 순간 단락이 발생할 수 있는데 이로 인하여 전원선에 빼기 (Notch)형의 과도 신호가 발생하여 Noise로 작용한다.

3.6 낙뢰

낙뢰는 그림 1-6과 같이 뇌운에서 발생된 전하가 방전됨에 따라서 발생된다.

뇌운은 공기의 상승과 하강 기류 및 무거운 입자의 자중에 의한 낙하에 의한 마찰이나 충돌등의 복잡한 운동에 의하여 +전하를 가진 부분과 -전하를 가진 부분으로 대전된다. 전하의 분포는 상부는 +로 하부는 -로 대전되며 이들 전하에 의하여 지표는 +전하가 유도되어 공기의 절연이 파괴될 정도의 전압에 의하여 지표상 구조물로 낙뢰 형태로 방전하게 된다.



뇌운(雷雲)의 음전하와 대지의 양전하 사이에 형성되는 전계강도가 대기의 절연파괴강도(약 30KV/cm) 이상이 되면 뇌 방전이 시작 된다.
 뇌방전은 뇌운방전(구름-구름) 또는 대지방전(구름-대지)의 두가지 형태로 나타난다.

그림1-6. 뇌운의 전하분포

낙뢰시의 전압은 수백 ~ 수만 [V] 이므로 전원선이나 통신선으로 침입시 Noise로 작용하여 중대한 피해를 입힐 수 있다. 평균적인 뇌방전은 파고치 약 25KA, 상승시간 2 μ s, 전하량 10C정도이다.

그림 1-7의 뇌격 전류의 파형에서 보는 바와 같이 뇌격 전류의 순시 변화량이 크므로 뇌격에 의한 전위상승에 대해 고려할 때 피뢰도체의 저항 성분 뿐 아니라 인덕턴스 성분을 고려하면 피뢰도체의 임피던스는 R과 L의 직렬회로로 볼 수 있기 때문에 뇌격 전류에 의한 대지 전위가 타 설비와의 기준 전위차를 발생시키는 원인이 된다.

이 전위차가 공간의 절연내력을 초과하면 섬락이 발생되고 이로 인하여 뇌격 전류의 일부가 도체계로 유입되고, 섬락이 발생되지 않는 경우에도 용량결합이나 유도 결합에 의한 유도 전압을 발생시켜 설비에 Noise로 작용한다.

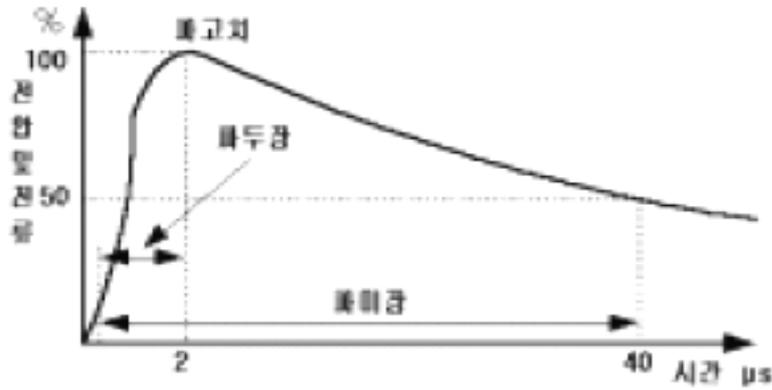


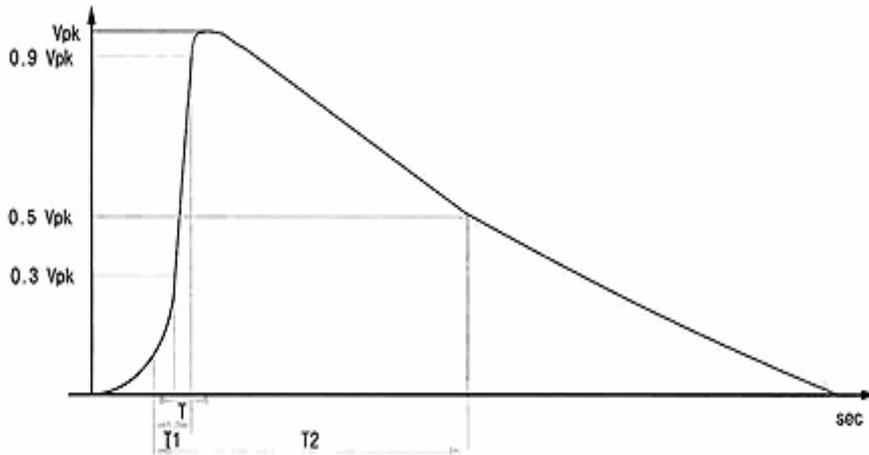
그림1-7. 뇌격전류 방전

3.6.1 환경조건에 따른 낙뢰의 빈도

- 1)해변 : 바다를 거쳐온 바람과 구름은 육지를 만나면 상승 기류를 형성하게 되며, 이때 구름도 이 상승기류에 따라 상승을 하지만 수분을 많이 포함하고 있는 관계로 기류보다 상승 속도가 느려 땅과 간격이 좁아지므로 인해 낙뢰가 많이 발생한다.
- 2)강변 : 비가오면 습기의 증발로 인하여 일반적으로 기온이 떨어지게 된다. 그러나 강의 경우 상류에서 흘러 내려오는 강물의 영향으로 주변 기온보다 수온이 높다. 상대적으로 높은 수온은 주변보다 더 많은 습기를 띄게 되며, 이 습기가 낙뢰의 통로 역할을 한다.
- 3)댐 및 저수지 : 많은 물을 저장하는 관계로 기온의 변화보다 훨씬 느린 수온의 변화는 주변에 다량의 습기를 배출하게 되고, 이 습기가 바람의 영향으로 주변으로 밀려 올라가면 낮게 깔린 뇌운과 상호 영향을 미쳐 낙뢰의 통로 구실을 한다.
- 4)평야 : 평야지역의 경우는 돌출된 작은 둔덕이라든지 구축물등도 낙뢰의 가능성이 크며, 특히 평야가 끝나는 산 밑의 경우가 특히 낙뢰의 가능성이 큰 곳이다. 해변과 같은 이유로 낙뢰의 빈도와 강도가 크다.
- 5)산 : 산의 경우는 일반적으로 생각하고 있는 것과 약간의 차이가 있다. 일반적으로 산꼭대기가 낙뢰의 빈도와 강도가 강할 것이라는 것은 맞다. 그러나 산골짜기가 산등성이보다 낮기 때문에 안전할 것이라고 흔히 생각하지만 이것은 맞지 않다. 등산을 좋아하시는 분들은 높은 산에 올라 갔을 때 구름이 골짜리 타고 낮게 깔려 올라오는 것을 보았을 것이다. 골짜기의 밑에서 올려 부는 바람은 골짜기가

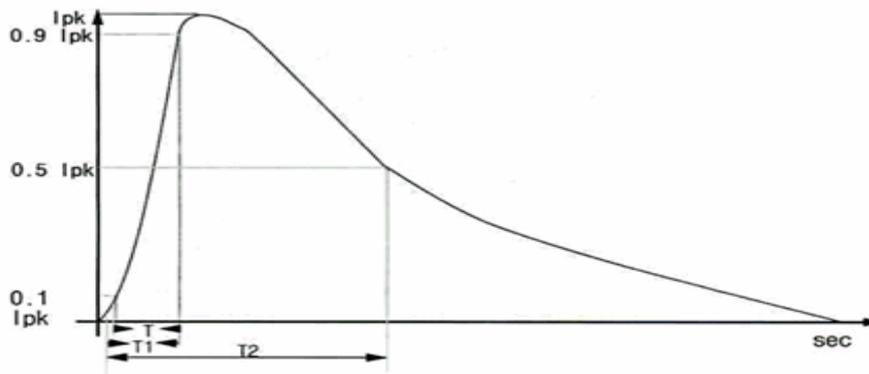
(1) 낙뢰(뇌서지)의 전압 파형

1) 전압파형(Open-Circuit Voltage)



(2) 낙뢰(뇌서지)의 전류 파형

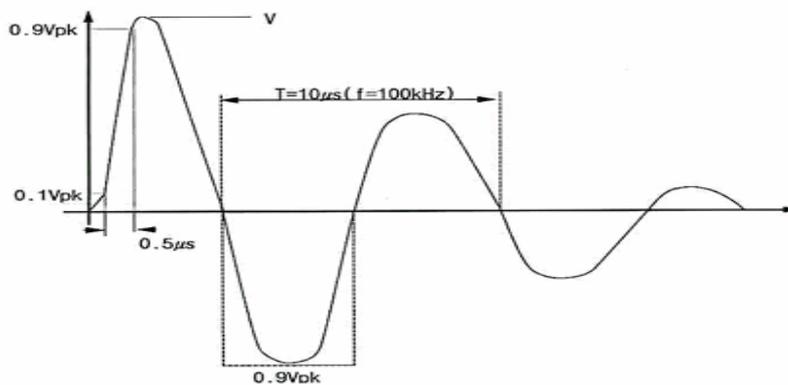
2) 전류파형(Short-Circuit Current)



전반시간 : $T_1 = 1.25 \times T = 8 \mu s$ 30%
 절반치에 대한 시간 : $T_2 = 20 \mu s$ 20%

3) Ring Wave ($0.5 \mu s - 100kHz$)

$1.2 \times 50 \mu s$ 와 $8 \times 20 \mu s$ 의 파형이 외부적인 Surge(예 : 낙뢰, 전기사고, 대용량 설비의 Off 등)에 의한 것이라면 $0.5 \mu s - 100kHz$ 는 내부발생 Surge에 관한 것이다.



3.7 정전기방전(ESD: Electrostatic Discharge)

ESD는 마찰 전기에 의한 대전 현상에 따라 발생하는 Noise 및 그 현상을 말한다. 정전기는 일반적으로 고전압을 일으키지만 에너지가 수mJ로 예전에는 주목받지 못했지만 정전기에 의한 제어 설비의 첨단화에 따라 방치할 수 없는 Noise 발생원이 되고 있다.

대기압 하에서 약 3×10^6 [V/m] 이상의 전계 강도에서 정전기 방전 현상이 발생한다. 정전기 발생이 일어나면 그 전류는 급격히 상승하고 곧 감쇄하기 때문에 강력한 전자파를 발생한다. 방전시에 발생하는 Noise는 측정기기에 영향을 주거나 컴퓨터 및 제어 회로에 오동작을 일으킬 가능성이 있다.

정전기의 방전전류는 그림 1-8과 같이 상승시간 1ns, 하강시간 100ns 정도로 그 변화 속도가 극히 빠르다. 그리고 방전이 일어나는 신체 부위에 따라 저항은 0.5~10 [k Ω] 정도이며, 손끝에서는 약 10 [k Ω] 금속제 열쇠를 쥔 경우는 500 Ω 정도이다.

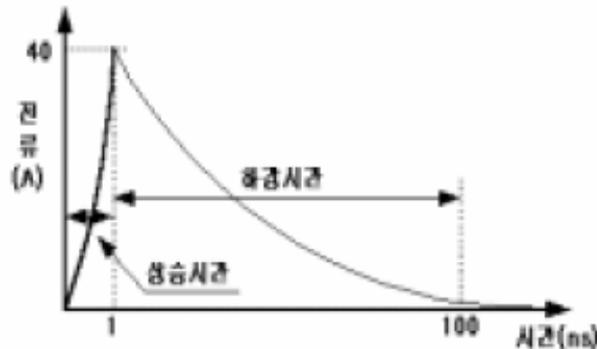


그림1-8. 정전기 방전전류의 특성

4. Noise 전달 경로

Noise가 발생원에서 수신부로 전달되어지는 방법은 그림 1-9와 같이 다음의 4가지로 분류된다.

- 전도결합(Conductive) : 직접 접촉에 의한 전달
- 용량결합(Capacitive) : 電界 결합에 의한 전달
- 유도결합(Inductive) : 磁界 결합에 의한 전달
- 방사결합(Radiative) : 전자파 결합에 의한 전달

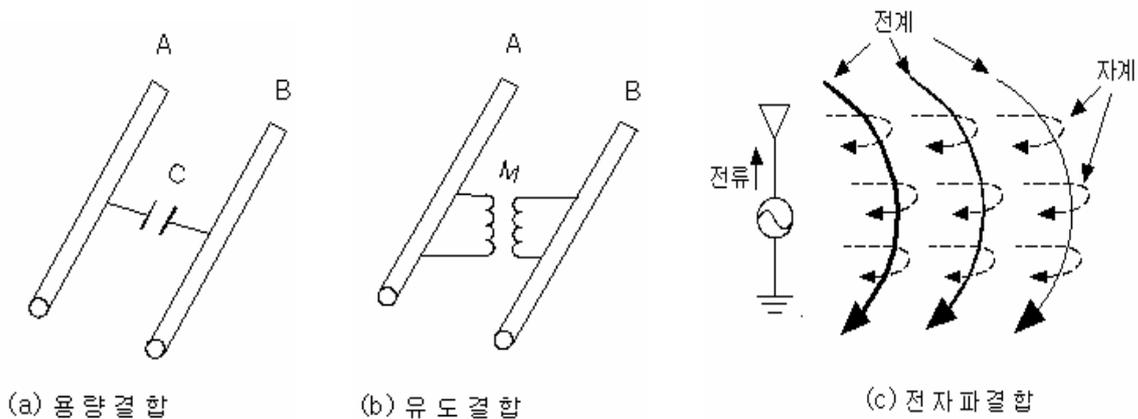


그림 1-9. Noise 전달 경로

4.1 전도결합

Noise가 발생원에서 직접 연결되어 수신부로 유입되는 경우이다. 노이즈를 전달하는 경로로서 가장 확실하며, 때로는 지나치게 의심받는 것이 전도 결합에 의한 노이즈 전달이다.

4.1.1 공통 임피던스 결합

하나의 임피던스를 통하여 두개 이상의 다른 기기 전류가 함께 흐르는 경우에 공통 임피던스 결합이 발생된다. 각 회로에서 본 임피던스 양단의 전압 강하는 다른 회로에 의하여 영향을 받는다. 그림 1-10(a) 접지회로의 경우 접지전류 I_1 과 I_2 는 공통인 접지 임피던스 Z_c 를 통하여 흐른다. 회로 1이 연결되어 있는 한 그 접지 전위는 같은 접지 임피던스를 통하여 흐르는 회로 2의 접지전류 I_2 에 의하여 변동된다. 따라서 회로의 전류가 불규칙하게 변한다면 공통 접지 임피던스를 통하여 Noise 성분이 회로 2에서 회로 1로 결합된다. 그림 1-10(b)전원에서조차 마찬가지로 전원선 및 전원장치 내부의 공통임피던스 때문에 회로 2에서의 전류 변환은 회로 1의 단자 전압에 영향을 미친다.

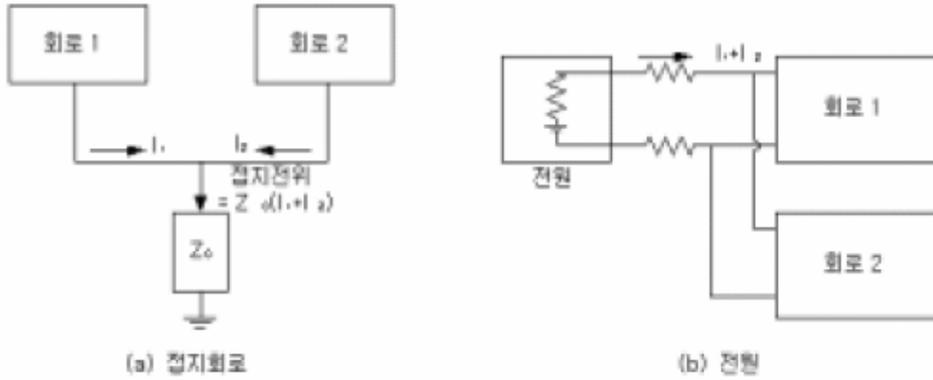


그림 1-10. 공통 임피던스 결합

4.1.2 접지루프

접지루프는 그림 1-11과 같이 어떤 회로가 두 군데 이상에서 접지되는 경우는 전위차 발생시 순환 전류의 통로를 제공한다. 특히 다중 접지점이 원거리에 이격되어 있으면서 교류 전원 접지에 연결되었거나 저준위 아날로그 회로를 사용하는 경우 문제가 된다.

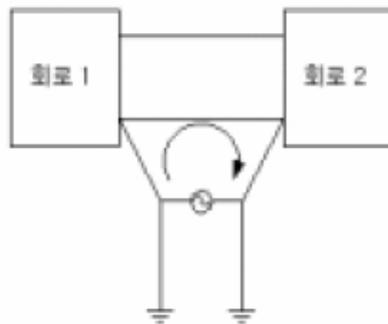


그림 1-11. 접지루프

4.2 용량결합

용량결합이란 도체 A와 도체 B 사이에 그림 1-12와 같이 정전 용량 C_s 가 있을 때 이 정전용량을 거쳐 도체 A와 도체 B가 결합되는 상태를 가르킨다.

도체 A,B간의 결합의 정도는 도체 B와 접지 임피던스 Z_L 을 그림과 같이 나타내면 $V_N = 2\pi f R_L C_s V_s$ 으로 주어진다.

용량결합으로 인한 Noise 전압은

- 도체 상호간의 정전용량에 비례하며,
- 기기의 임피던스가 높을수록,
- 노이즈의 주파수 및 전압이 높을수록 그 크기가 커진다.

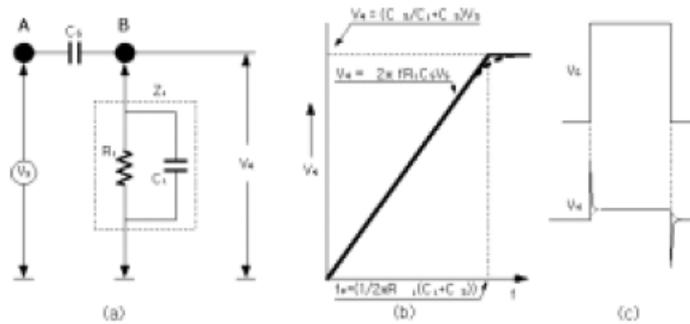


그림 1-12. 용량결합 및 특성

그러나 용량 결합으로 인한 Noise는 주파수가 증가함에 따라 무한히 증가 하는 것이 아니고 $f = f_p = 2\pi R_L(C_L + C_s) / 1$ 에서 최대값은 $V_N = (C_L + C_s / C_s) * V_s$ 에 이르고 그 이상의 주파수에서는 주파수가 높아져도 최대값에서 포화된다.

노이즈 발생원의 주파수 및 전압을 바꾸는 것이 불가능하다면 용량결합을 줄이는 방법은 수신부의 임피던스를 낮추거나 정전용량 C_s 를 줄이는 것이다.

4.3 유도결합

폐회로 A- A'에 전류 I_n 이 흐를 때, 이 전류에 비례하는 자속 Φ 가 발생한다.

비례상수를 L이라 하며 $\Phi = L * I_n$ 이 된다. 이 인덕턴스값은 회로의 기하학적 특성이나 자계를 통하게 하는 매체의 자기적 특성에 따라 변한다.

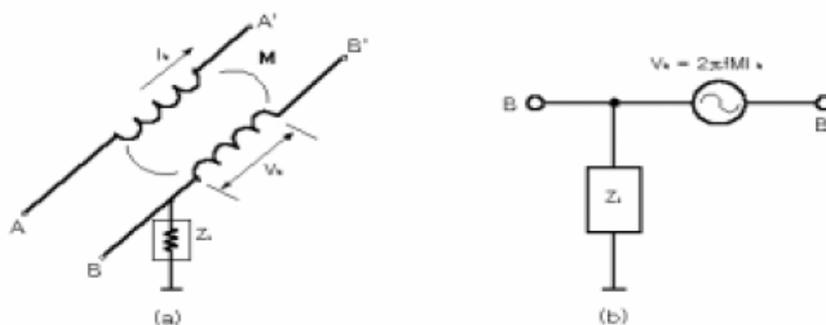


그림 1-13. 유도결합의 모델

그림 1-13(a)에서 회로 A에 전류가 흘러 회로 B에 자속이 형성되면 회로 A,B간의 상호 인덕턴스는 $M = \Phi / I_N$ 으로 표시된다. Φ 는 회로A에 흐르는 전류에 의하여 발생된 회로 B의 자속을 나타낸다. 폐회로 면적 A에서 자속밀도 B의 자계에 의한 유도 전압을 두 회로의 상호 인덕턴스를 사용하여 표기하면

$$V_N = 2\pi f B A \cos\theta = -M \cdot d I_N / d t = 2\pi f M I_N \text{으로 표시된다.}$$

위의 식에서 알 수 있듯이 유도결합에 의한 노이즈 전압은 상호 인덕턴스, A회로 전류 및 주파수에 비례한다. 자속밀도를 줄이기 위해 두 회로를 물리적으로 이격시키거나 노이즈 수신부의 케이블을 두선 씩 꼬아줌으로써 전류가 대지(접지)가 아닌 꼬인선(Twisted Pair Cable)으로 흐르게 하며 꼬인선에서 유도된 전류가 상쇄되게 한다.(그림 1-14) 수신 회로의 면적을 줄이기 위해 도체를 대지에 가깝게 위치시키거나 꼬인 케이블을 사용한다. $\cos\theta$ 를 줄이려면 두 회로의 방향을 적정하게 배치해야 하고 상호 인덕턴스를 줄이기 위해서는 전선을 평행으로 가깝게 설치하는 것을 피해야 한다.

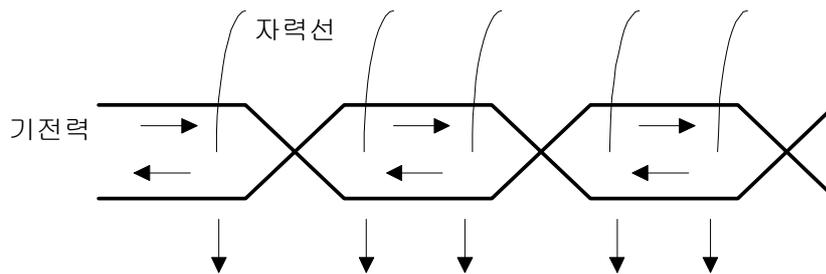


그림 1-14. 트위스트 배선

4.4 전자파 결합

용량 및 유도 결합이 아니라도 노이즈가 전자파 형태로 공간을 통하여 전달되는 것을 말한다. 전자파는 전기와 자계가 진행 방향과 서로 수직되어 공간적으로 90°의 관계를 유지하면서 진행된다. 전기와 자계가 진행 방향에 수직되는 평면에만 존재하므로 TEM(Transverse Electromagnetic Wave)이라 한다.

II. Noise 대책 및 방지 소자

1. Ground에 의한 대책

노이즈로 인한 전기적 트러블을 고민하고 있는 기업의 기기와 시스템을 보면 대체로 Noise 필터와 서지압소버, 패스콘등 작은 방지소자가 눈에 띄며 소자선행형의 대책이 많고 또 시행 착오 과정을 겪은 경우가 많다. 그리고 대부분의 사례에 공통적으로 나타난 Noise 대책상의 미비점은 방사노이즈와 전도노이즈를 불문하고 노이즈 방지 대책상 가장 기초적이며 중요한 역할을 하는 그라운드에 대한 대책이 간과되고 있다는 사실이다.

회로의 기준 전위를 보유하는 도체를 Ground라고 부른다. 대지에 접속된다고는 할 수 없고 같은 제어 루프내에서 동전위로 간주되는 양도체를 말한다.

그라운드를 구성하는 재질과 접합면 등의 형태가 그라운드의 양부를 좌우하는 것은 말할 것도 없다. 그라운드가 나쁘고 고주파 임피던스가 높은 경우에는 전류가 흐르면 그라운드의 전위가 동요하고 입력 부분에 역방향의 신호가 주어지는 것과 같은 결과가 되기 때문에 오동작이 발생한다. 제어계가 복잡해지고 광범위해지면 모두에 공통하는 하나의 좋은 그라운드를 설정하기가 곤란해지는데 이와같은 경우에는 [분리절연형 Noise방지 소자를 사용하여 회로를 분리 절연시키는 것이 최선의 방법이다.](#)(▶ [노이즈 차폐 변압기 사용](#))

2. 차폐(Shield)에 의한 대책

Noise 대책순서에서 그라운드 다음으로 중요한 대책은 차폐이다. 차폐는 공간으로 전달되는 방사노이즈를 차단하고 유도를 받지 않게 하기 위한 대책인데 차폐에는 전자파에너지의 종류에 따라 다음 세종류로 구분될 수 있다.

2.1 정전차폐

방사노이즈로부터 보호해야할 물체 주위에 그라운드와 동전위의 양전도체를 설치하여 정전유도를 방지한다.

2.2 전자유도차폐

방사노이즈의 경로가 되는 공간에 양전도체를 설치하고 입사된 방사 전자파에 대한 반향 전류와 반향 자속을 형성시켜 방해전자파의 작용을 억지시킨다.

2.3 자기차폐

자속의 경로인 공간에 투자율이 높은 자성체를 설치하고 자속을 그 안으로 유도하여 피해물에서 저감시킨다.

3. 배선(Cabling)에 의한 대책

3.1 용량결합의 방지

용량결합에 의한 전기잡음을 감소시키기 위하여 C_s 를 작게 하여야 하는데 그 방법으로는 Noise 발생원과 A-B간의 이격거리를 증가시키거나, Noise 발생원과 케이블 사이에 C와 같은 차폐 또는 접지선을 넣는 방법이다. 위의 방법과는 반대로 접지된 전선을 C'와 같은 위치에 접근시켜도 B와 접지간의 임피던스 Z_L 이 낮아 지므로 B에 유기되는 Noise를 감소시킬 수 있다. 마찬가지로 B를 접지하고 있는 물체등에 접근시켜도 같은 효과가 생긴다.

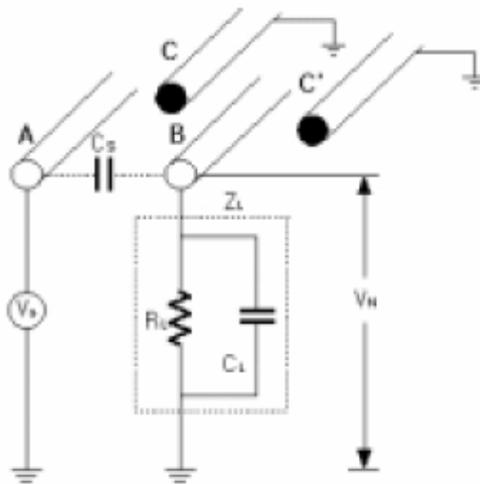


그림 1-15. 용량결합의 방지대책

3.2 유도결합의 방지

유도결합에 의한 Noise의 전달을 줄이는 가장 보편적인 방법은 케이블에 트위스트 페어를 사용하는 것이다.

앞의 그림 1-14에서 나타난 것과 같이 Noise로 인한 자속의 방향이 지면쪽으로 향할때 케이블에는 점선과 같이 기전력이 발생한다. 따라서 각 부분에서 Noise에 의하여 발생된 기전력은 서로 상쇄되어 Noise로 인한 오동작이나 장애를 방지할 수 있다. 또한 트위스트 페어의 사용은 공간에 널리 분포된 Noise 자속에 의하여 케이블 양단간에 유기되는 전압을 상대적으로 평형이 되게 함으로써 Noise의 발생을 방지할 수 있다. 단 트위스트 페어의 사용시 전제 조건은 두 케이블에 대하여 임피던스가 같아 유기되는 기전력이 동일해야 한다는 조건이 선행되어야 가능하다.

4. 방지소자에 의한 대책

앞에서 언급한 그라운드 대책과 차폐대책은 Noise에 따라 발생하는 그라운드 전위의 동요를 작게 하거나 공간에 자계와 전계의 영향을 받지 않게끔 하는 등 Noise 대책의 토대를 구축하는데 중요한 역할을 갖고 있다. 그라운드와 차폐대책에서는 직접 라인을 통해 영향을 주는 전도 Noise를 확실히 방지할 수 있는 방지소자가 필요하게 된다.

따라서 전도 Noise를 방지하려면 노이즈 방지소자를 사용하는 다음과 같은 방법을 강구하고 있다.

4.1 Noise를 환류 또는 접지 등으로 유기시키는 방법

Noise 전류를 콘덴서와 방전극, 반도체의 눈사태 현상 등을 이용해서 Noise 발생 원측의 전원 라인과 접지 라인 등에 고주파 측면에서 임피던스를 작게 한 귀로를 설정해서 거기에 Noise 전류를 유기하여 환류시키고, 피해를 받는 측의 회로와 선로측에 Noise 전류가 흐르지 않게 대책을 세운다.

4.2 고주파 임피던스를 높게 하는 방법

초크 코일과 인덕터 등 고주파 Noise에 대해 임피던스가 높아지는 소자를 라인에 직렬로 삽입하여, 저주파수대역만을 통과시키고 고주파 Noise를 방지한다.

4.3 손실을 주는 방법

불필요한 노이즈의 에너지를 저항과 자기 저항등으로 주울 열로 변환해서 노이즈를 손실시킨다.

4.4 분리절연하는 방법

Noise 발생원측의 노이즈를 포함한 전기회로의 피해를 받는 측의 전기회로를 방지소자를 매개로 서로 절연시키고 그 후에 전기에너지를 다른 형태로 변환하고 다시 전기에너지로 되돌리는 과정에서 Noise를 제거한다.

표1. 전도 노이즈를 방지하는 방법

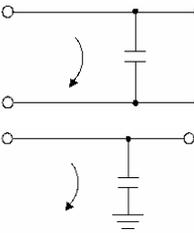
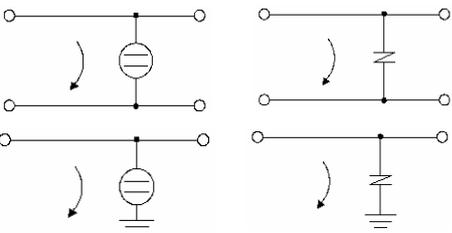
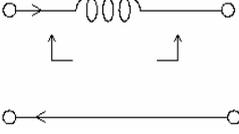
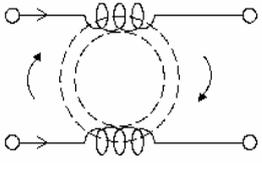
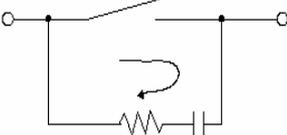
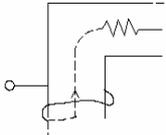
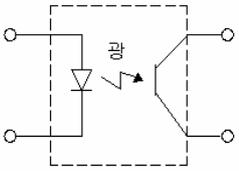
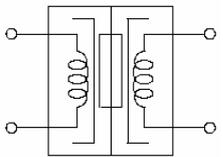
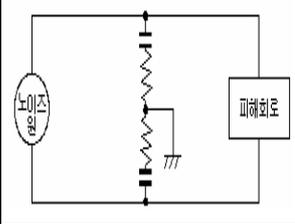
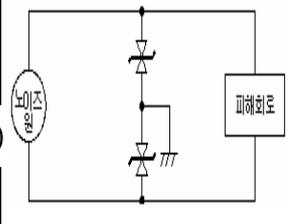
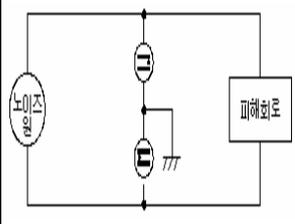
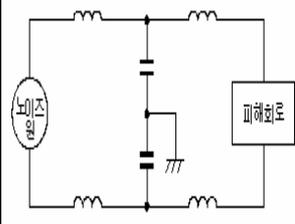
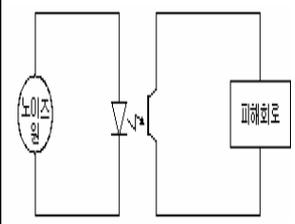
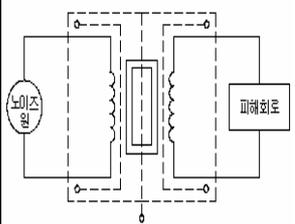
방 지 방 법	회 로 구 성	
①노이즈를 환류시킴	<p>콘덴서</p> 	<p>방전타입 반도체타입</p> 
②고주파 임피던스를 높게함	<p>노말모드초크</p> 	<p>커먼모드초크</p> 
③손실을 줌	<p>CR</p> <p>$R = [\Omega]$</p> 	<p>자기저항</p> <p>$R = [AT/Wb]$</p> 
④분리절연함	<p>포토커플러</p> 	<p>NCT</p> 

표2. 대표적인 노이즈 방지 부품 분류

비 분 리 도 통 행	RC Noise Suppressor (서지압소버)		* Noise 발생원과 피해장치측이 선로로 접속된 상태(도통한상태)
	애벌런치형 반도체 (배리스터, 제너다이오드)		* 방지 소자의 파괴시 부하기 파손 위험 이 크다.
	정전압 방전관 (어레스터, 스파크갭)		* 전원측과 부하측의 임피던스 영향을 받기때문에 효과를 기대할 수 없는 경우도 발생.
	LC 필터		
분 리 절 연 형	포토커플러		* Noise 발생원과 피해장치측이 소자를 경계로 분리절연됨.
	NCT		* 2차측 장치의 파손 위험이 거의 없음.

※ NCT는 표1의 ③의 방식을 ④에 도입하는 방식으로 1차측과 2차측의 전기 회로가 손실시켜 버리기 때문에 전원 및 부하측의 임피던스에 따라 그다지 효과가 변하지 않는다. 이것은 어떤 부하에도 대응해야만 하는 전원설비와 전원기기인 경우에는 특히 중요한 이점이라 할 수 있다.

III. 노이즈 차폐 변압기(Noise Cut Transformer)

1. 개요

일반적으로 Noise가 원인으로 Trouble이 발생했을 때 가장 일반적으로 취해지는 대책은 우선 처음에 손쉽고 저가격인 노이즈 필터와 패스콘 등의 방지소자를 설치하는 방법을 택한다.

이들 방지 소자를 사용했다고 해도 시행착오로 소자를 회로 상수에 매칭하도록 선택하면 일시적으로 Trouble을 회피시킬 수 있지만 실제로 본질적인 대책이라고 할 수 있는 예는 적고, 임시방편의 대응에 불과한 경우가 많다. 특히 처음부터 Noise 방지소자에만 의지하는 대책 방법에는 다음과 같이 문제점이 있다.

- ① 설정되는 외함이 고주파 임피던스가 높아지는 경우에는 특히 Common mode noise 제거능력이 저하된다.
- ② 배선과 회로가 차폐되지 않는 경우에는 Noise 방지소자를 사용해도 복사 Noise 등의 유도에 의해 장애를 받는 경우가 있다.
- ③ 접지 조건에 좌우되거나 전원측과 부하측의 라인 임피던스의 영향을 받고 사용 장소와 부하조건이 바뀐 것만으로 방지 능력이 저하되거나 Noise의 성질에 따라서는 회로에 공진 현상을 일으켜서 역효과가 되는 경우가 있다.
- ④ 방지소자를 실장하는 경우 방지소자 메이커가 카달로그에 표시하고 있는 바와 같은 높은 방지 효과를 기대할 수 없는 경우가 있다.
간혹 신문 지상에서 볼 수 있듯이 낙뢰시 써지 프로텍터, 노이즈 필터등이 제 기능을 못 할 경우 분리절연이 안된 방지소자 이기때문에 부하기기에 직접적인 피해를 주어 기기 파손을 입히는 경우가 있다.

이와 같이 안일하게 방지소자에만 의지하면 아무리 시간이 지나도 트러블이 해결되지 않는 위험성이 있는 것이다.

이와같은 경우에는 접지로부터 Noise 방지 능력이 영향을 받지 않고 라인 임피던스의 영향도 잘 받지 않는 분리 절연형 노이즈 방지 대책인 노이즈 차폐 변압기(Noise Cut Transformer)를 사용하면 최적의 Noise 대책방법이 될 것이다.

2. Noise 대책기기로서의 변압기 분류

2.1 절연변압기(Insulating Transformer)

- 권선비가 1:1인 복권 변압기
- 1,2차코일 사이가 절연되어 있어 1차측의 전압,전류가 2차측에 직접적으로 전도되는 것을 방지하고 있다.
- EMC 용품으로는 부적합한 변압기

2.2 실드변압기(Electrostatic shielded Transformer)

- 절연변압기의 구조에 추가로 코일사이와 변압기 외부에 정전 차폐판을 감아서 1차측의 전압,전류에 포함되어있는 고주파 노이즈가 분포 정전용량을 통해 2차측에 전달되는 것을 방지하고 있다.
- Pulse 성의 Normal mode line noise에 대해서는 차폐능력이 없어, 노이즈 입력시 후단의 기기에 치명적일 수 있다.
- EMC 용품으로는 엄밀히 부적합한 변압기
- 1,2차간의 전도 및 정전결합이 없다.

2.3 노이즈 차폐 변압기(Noise Cut Transformer)

- 처음부터 노이즈 방지용으로 개발된 EMC용 변압기
- 절연변압기의 구조에 추가로 코일과 변압기 외부에 다중의 정전차폐판을 설치하고 특히 코아와 코일의 재질과 형상을 고주파의 자속이 코일 상호적으로 쇄교하지 않도록 만들어 분포 정전용량 및 전자 유도에 의한 노이즈의 전달을 방지하고 있다.
- 정전, 전자결합 및 전자유도 현상에 대한 대책을 고려한 다중 실드 구조로써 VLF ~ VHF까지의 넓은 범위에서 Noise 감쇠특성을 나타낸다.
- 1,2차간의 전도, 정전결합, 고주파의 전자 유도가 없다.

표3. 변압기별 성능비교

종 류	Noise 감쇠특성						비 고
	Common mode			Normal mode			
	고조파	저대역 노이즈	고대역 노이즈	고조파	저대역 노이즈	고대역 노이즈	
절연변압기	○	△	×	×	×	×	EMC용품으로 부적합
차폐변압기	○	○	△	×	×	×	EMC용품으로 부적합
노이즈차폐변압기	○	○	○	×	○	○	최적의 EMC용품으로 적합

3. 노이즈차폐변압기(NCT)의 특성

NCT는 지금까지의 Noise 방지소자의 단점을 보충하고 또 다음과 같은 수많은 장점을 갖고 있기 때문에 실용상의 이점이 매우 크다.

- 1) 접지하지 않아도 효과를 떨어뜨리지 않고 사용할 수 있다. 그라운드 사이의 전위가 다른 곳과 그라운드가 접지할 수가 없는 곳에 사용해도 Common mode noise를 방지할 수 있으며 접지조건이 나쁜 곳에서도 효과를 발휘한다.
- 2) 임피던스의 정합을 거의 생각하지 않아도 된다. 전원 임피던스가 다른 장소와 증설 배설 공사등으로 발생하기 쉬운 고임피던스의 선로(고주파에 대한)에서도 효과를 얻을 수 있다.
- 3) 고절연에 의해 고전압 서지에 견딜 수 있다. 방지 소자가 파괴되는 일 없이 서지를 차단할 수 있으므로 최고의 雷 대책용품으로 사용되고 있다. 특히 낙뢰로 인한 유도뢰 간접뢰등으로 피해를 입는 곳의 계장기기 보호용으로는 최적의 용품이다.
- 4) 누설 전류가 규제되고 있는 의료기기등의 Noise 대책에도 안전하게 사용할 수 있다. 또한 유효 주파수 대역폭이 넓기 때문에 NCT 한 종류로도 충분하며 랜덤한 Noise 성분도 억제시킨다. 그리고 EMI(전자방해), RFI(무선주파수 장애)의 광대역 측정에서 불필요한 전자파의 차단 및 각국의 Noise 규제(VDF, FCC, CISPR)중에서도 특히 곤란한 저주파수대(10kHz)에서도 방지효과를 얻을 수 있다.
- 5) 양방향성 Noise에 유효하다. 구조가 대칭적이기 때문에 작용도 대칭적이며 한 대의 NCT로 장치에서 발생하는 노이즈를 전원라인에 되돌리지 않음과 동시에 전원라인에 혼입해 오는 노이즈를 차단하여 장치로 유입시키지 않는다.
- 6) 역효과가 발생하지 않는다. Noise Filter 와 같이 공진을 일으켜서 1차보다 2차쪽이 노이즈 레벨이 높아진다는 역효과를 일으키는 일이 없기 때문에 선택의 번거로움이 적다.
- 7) 캐스케이드(직렬 2단)의 효과가 현저하다. 예를 들어 실드룸에서의 사용시 내벽과 외벽에 장착해서 캐스케이드로 접속함으로써 실드룸의 성능을 현저하게 향상시킬 수 있다.

4. NCT 사용사례

4.1 그라운드 루프 형성으로 노이즈 발생사례

1) 개요

그림1-16은 생산 현장의 자동화 시스템에서 발생한 노이즈 장애 사례로서, 공장동에 설치된 PLC와 약 150m 떨어진 COP 컴퓨터와의 사이에 트러블이 발생함.

2) 원인

제어전원은 무정전 전원장치(UPS)에서 공급되고 있는데, 이 전원선의 2선과 시스템 공통의 접지간에 그라운드 루프가 생기며, 이것이 루프 안테나가 되어 이것에 병행하여 공중에 가설된 신호케이블에 자체 동작시의 Common noise가 유도되어 장애를 주고 있는 것으로 판명됨.

3) 대책

NCT를 그림 1-16과 같이 삽입하고 송신 안테나로 되어 있는 그라운드 루프를 (아이솔레이트)끊어 장애를 해결함.

이것은 아이솔레이트형의 방지부품이 아니면 해결할 수 없는 사례로써 절연 변압기를 삽입해도 장애를 방지할 수 없었던 것이다.

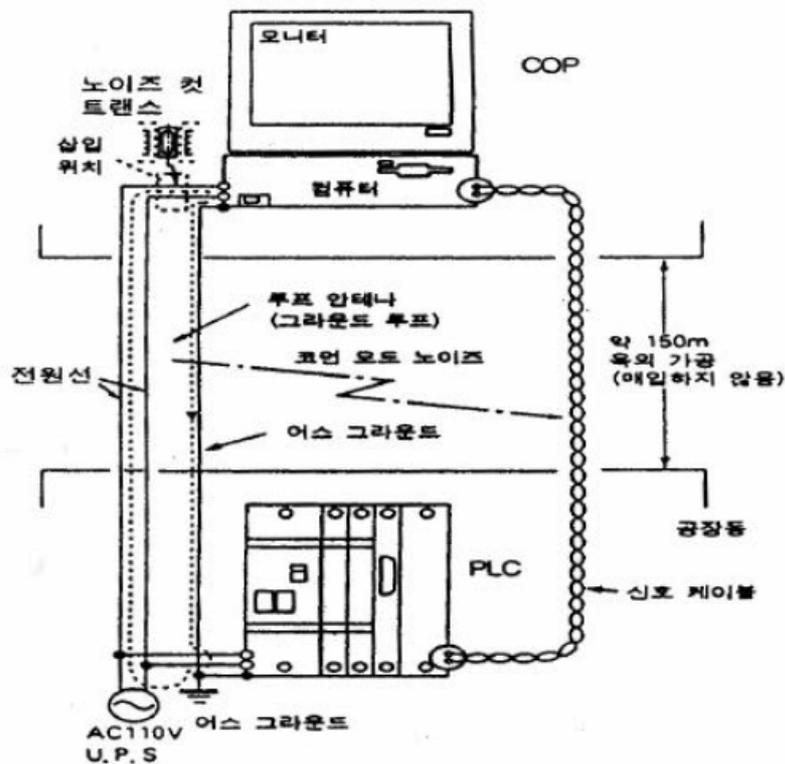


그림1-16 NCT 설치로 아이솔레이트 및 그라운드 루프 제거

4.2 범용 인버터(PWM 방식)에서 전원계통으로 노이즈 누설 사례

1) 개요

모터의 회전이 가장 저회전일 때와 가장 고회전일 때 노이즈가 발생하는 빈도가 낮고, 30~70% 회전시가 가장 노이즈 발생빈도가 높아지는 경향을 볼 수 있음.

100kHz 전후의 감쇠 진동 파형이 측정되며, 운전중에는 노이즈가 연속해서 발생.

2) 대책

NCT 설치로 전원선에 노이즈가 누설된 것을 방지함.

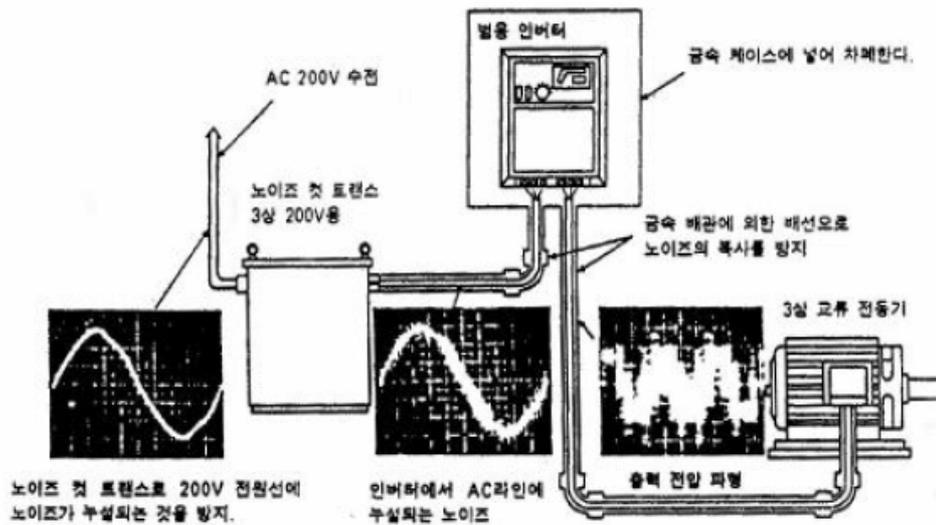


그림1-17 범용 인버터의 노이즈 발생 대책

4.3 기타 노이즈 누설 사례

1) 개요

핵심 공정의 자동화 설비에서 통신에러에 의한 Halt,Upset등 조업중 원인 불명의 고장으로 인하여 생산이 중단 되는 사태가 발생하므로 노이즈를 측정, 분석하여 대책을 수립 실시함.

2) RPC(Remote Peripheral Control) 전원분석

① Status Report : 순간 측정치

H - N 전압	N - G 전압	H상 전류	G상 전류
220.1 Vrms	43 Vrms (사인파에 고주파 노이즈가 겹침)	0.7Arms	1.0Arms 누설순환전류

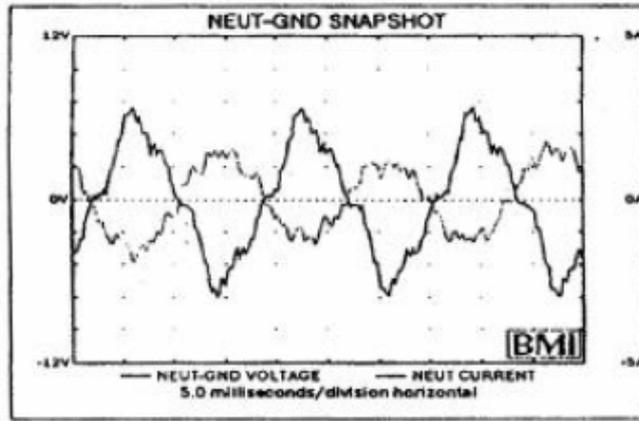


그림1-18 N - G 전압파형과 그라운드 전류

▶ N - G 전압

- 사인파형에 고주파가 겹침으로 노이즈가 들어올 가능성이 큼.
- NCT 설치와 System Ground 로 차단

▶ Ground 전류

- NCT 설치로 N - G 전압 안정과 UPS 전원출력과 접지 구분으로 개선

② High Frequency Noise

H - H	N - G	비 고
49Vpp ~ 6.1Vpp	0.8Vpp ~ 1.7Vpp	관리기준은 5Vpp이하이나 UPS로부터 먼 거리에 있으므로 방사,전도 노이즈가 전원을 타고 들어옴. 대책: NCT 설치로 차단

③ Impulse 발생

- H - N : 3회 발생(크기 최대 20Vpk)

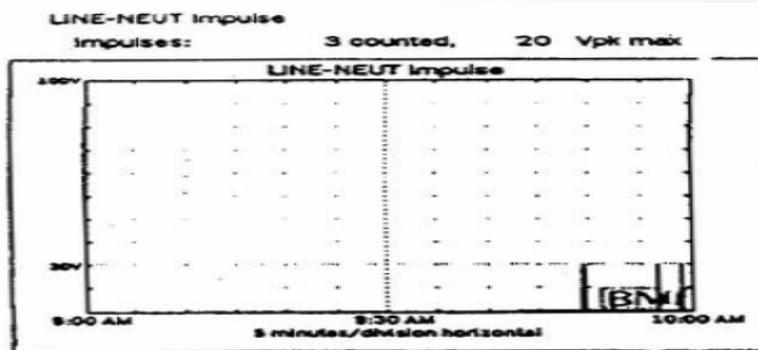


그림1-19 H - N Impulse 측정

4) 대책

- NCT 설치 및 접지 개선으로 개선

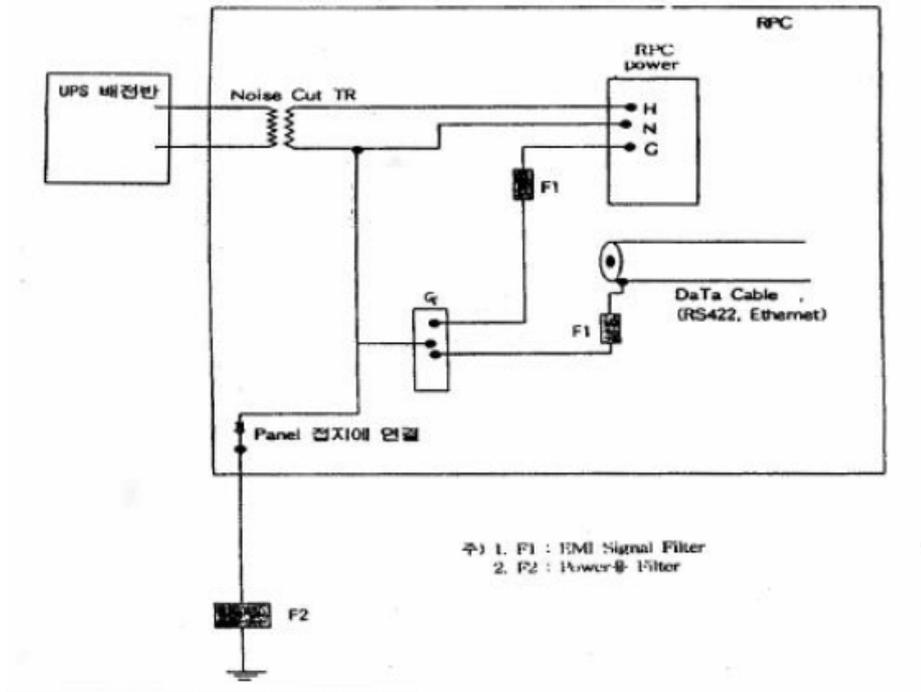


그림1-20 NCT 설치 내역

IV. BHNCT – H Series

1. 개요

국내에서의 노이즈 차폐 변압기(NCT) 사용정도는 아직까지는 선진국에 비하여 저조한 상태이다. 하지만 앞서 기술하였듯이 기술의 개발과 더불어 필연적으로 발생되어지는 Noise 문제에 대하여 우리나라도 예외는 아니다.

최근 들어 노이즈로 인한 피해 사례가 늘어나자 각 기업들은 노이즈에 대한 대책을 수립하고 있으나, 가격이 싸고 쉽게 구할 수 있는 방지도자 만을 임시방편적으로 사용하고 있는 실정이다.

하지만 이러한 임시방편적 방법으로는 앞서 기술한 바와 같이 노이즈에 대한 근본적인 대책이 될수는 없다.

종전까지는 미국, 일본등에서 수입되어진 NCT가 국내 시장을 100% 점유하여, 국내 수요자들은 고가에 이를 구입할 수 밖에 없어, NCT 사용을 원하는 일반 구매자들은 NCT 사용을 포기하고 대체 방지도자를 사용하였던 것이 현실이다.

국내에도 NCT란 이름으로 나온 제품들이 있으나, 외산에 비하여 성능면에서 월등히 떨어져 소비자로부터 외면을 받아왔다.

이에 당사는 2년의 개발기간을 통하여 미국,일본의 최고 제품과 동등한 성능의 제품을 개발하게 되었고, 2003년 10월 시제품을 출시하였다.

또한 국내 기타 제품과의 차별화를 위하여 2004년 6월에 산업자원부 기술표준원으로 부터 우수품질인증(EM)을 받았으며, 2004년 10월에는 조달청 우수제품으로 인정받기도 하였다.

현재 조달청 수의(총액)계약 품목으로 지정되어 각 공기업 및 국가 기관에서는 손쉽게 BHNCT – H형 제품을 구매할 수 있을 것으로 기대된다.

또한 일반 기업에서는 현재 사용중인 외국제품보다 저렴한 가격으로 빠른 납기에 제품을 구입할 수 있을 것으로 판단되며, 국산 대체로 인한 원가 절감 효과를 볼 것이다.

2. BHNCT 성능 기준

일반적으로 NCT의 성능을 평가하는데 가장 중요한 기준이 되는 것은 감쇠특성이다.

감쇠특성은 일반적으로 정적 특성 및 동적 특성으로 구분할 수 있다.

2.1 정적 특성

MIL-STD의 시험방법을 기준하여 Common mode와 Normal mode의 특성을 측정한다. 국제적으로 아직 NCT의 감쇠특성에 대한 성능 기준을 정하고 있지는 않지만, 일반적으로 EMI FILTER에서의 특성 평가 기준을 준용하여 판단한다.

표4. Noise 감쇠효과기준

dB	감쇠비	효 과
-20	1/10	최소한도의 감쇠효과
-40	1/100	
-60	1/1,000	평균적인 감쇠효과
-80	1/10,000	평균 이상의 감쇠효과
-100	1/100,000	고성능의 감쇠효과
-120	1/1,000,000	

2.2 동적 특성

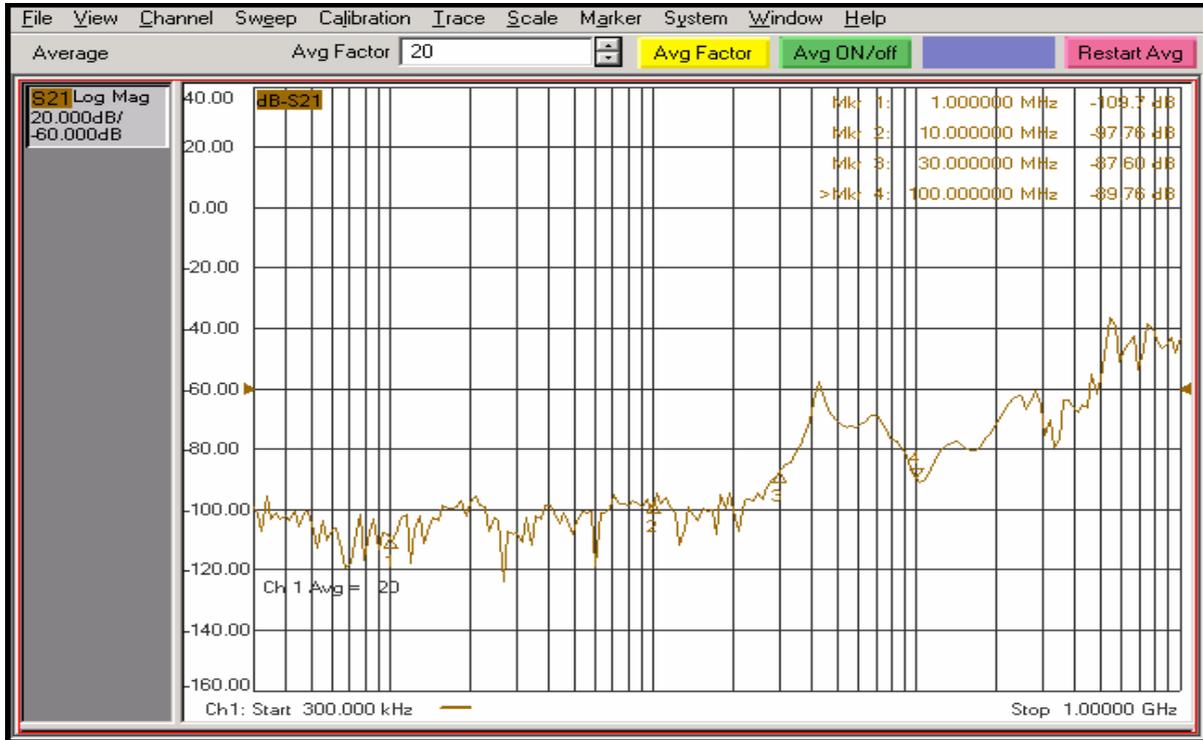
NCT 입력 전원부에 노이즈 제너레이터 혹은 실 노이즈 발생기기를 설치하여 노이즈를 투입한 후 SPECTRUM ANALYZER를 통하여 NCT 설치 전후의 특성을 비교 분석한다.

2.3 변압기적 특성

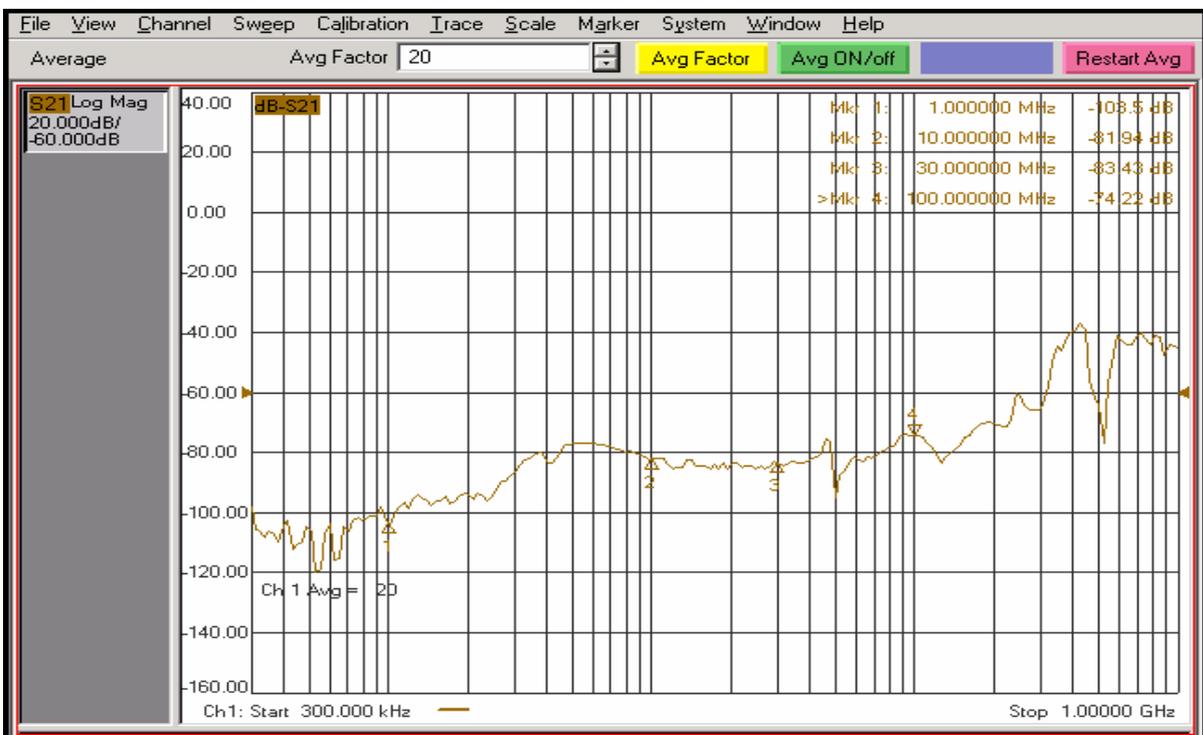
감쇠특성이외에도 NCT는 변압기로서의 기본적 특성인 효율, 손실, 온도상승, 임피던스 전압, 전압변동률등에서도 우수한 성능을 가져야 한다.

3. 규격별 감쇠특성 (BHNCT - H Series) ----- 정적 특성

3.1. BHNCT - HC0.5K

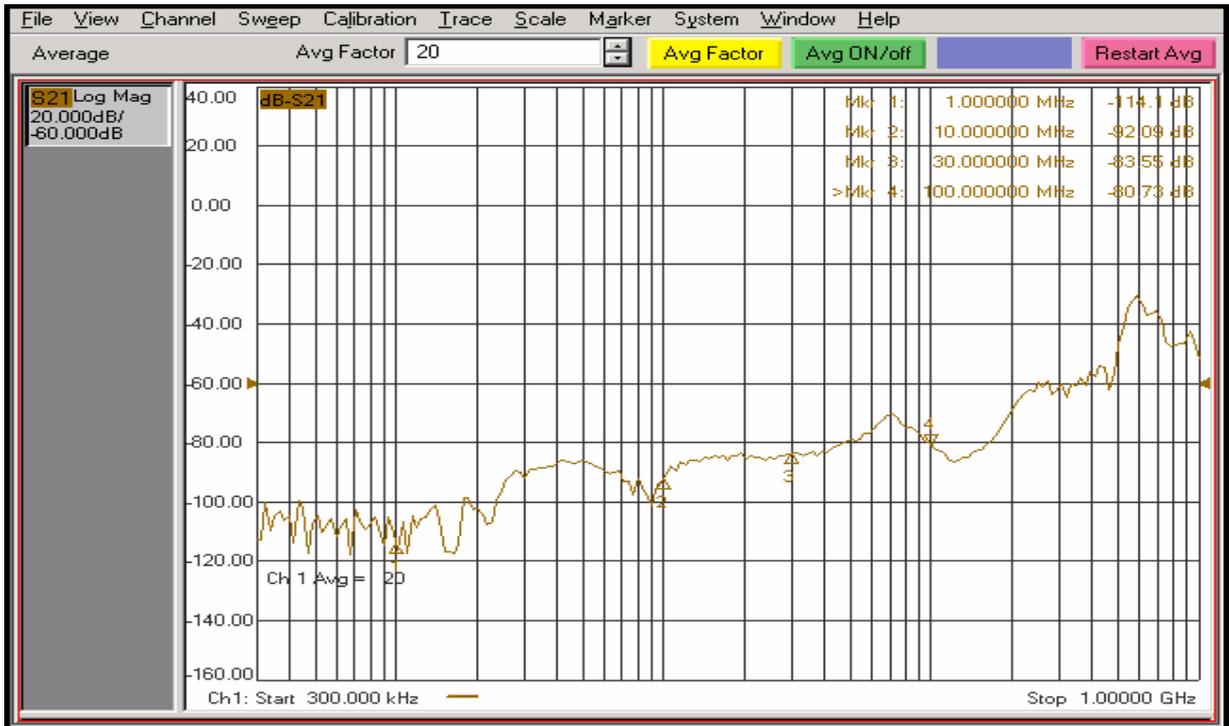


(COMMON MODE)

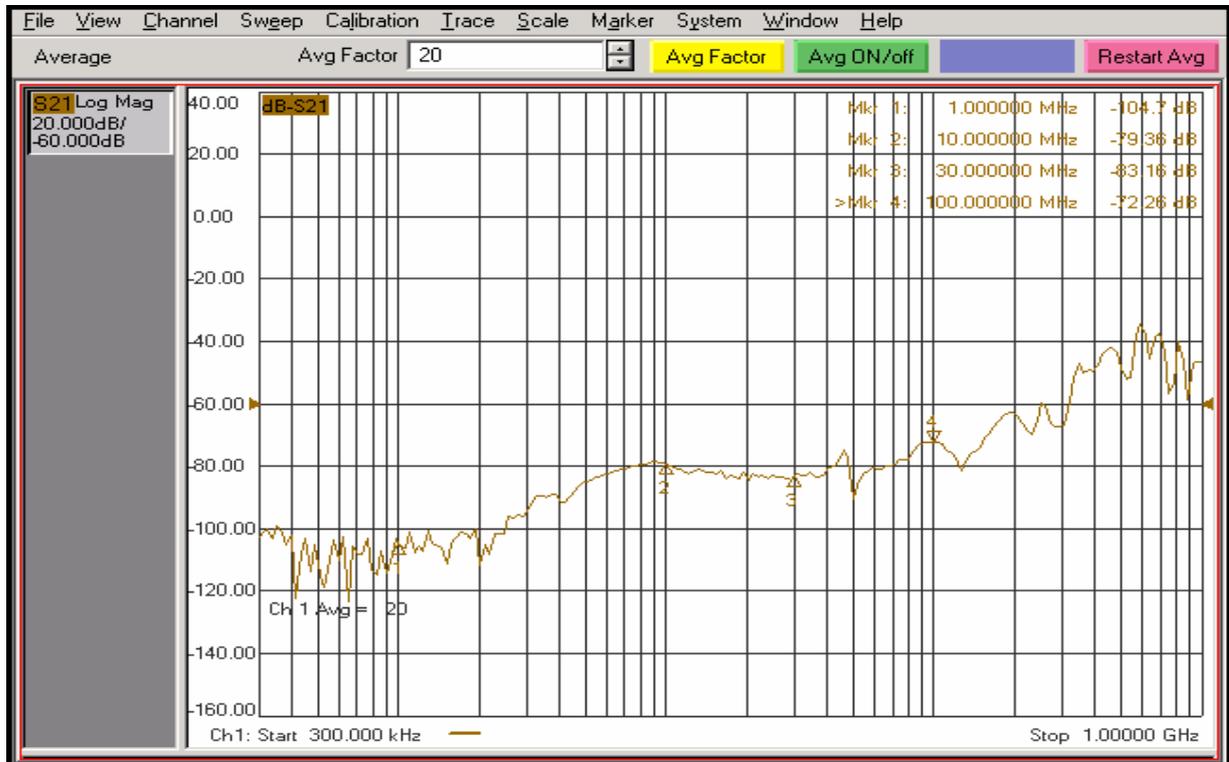


(NORMAL MODE)

3.2. BHNCT – HC 1K

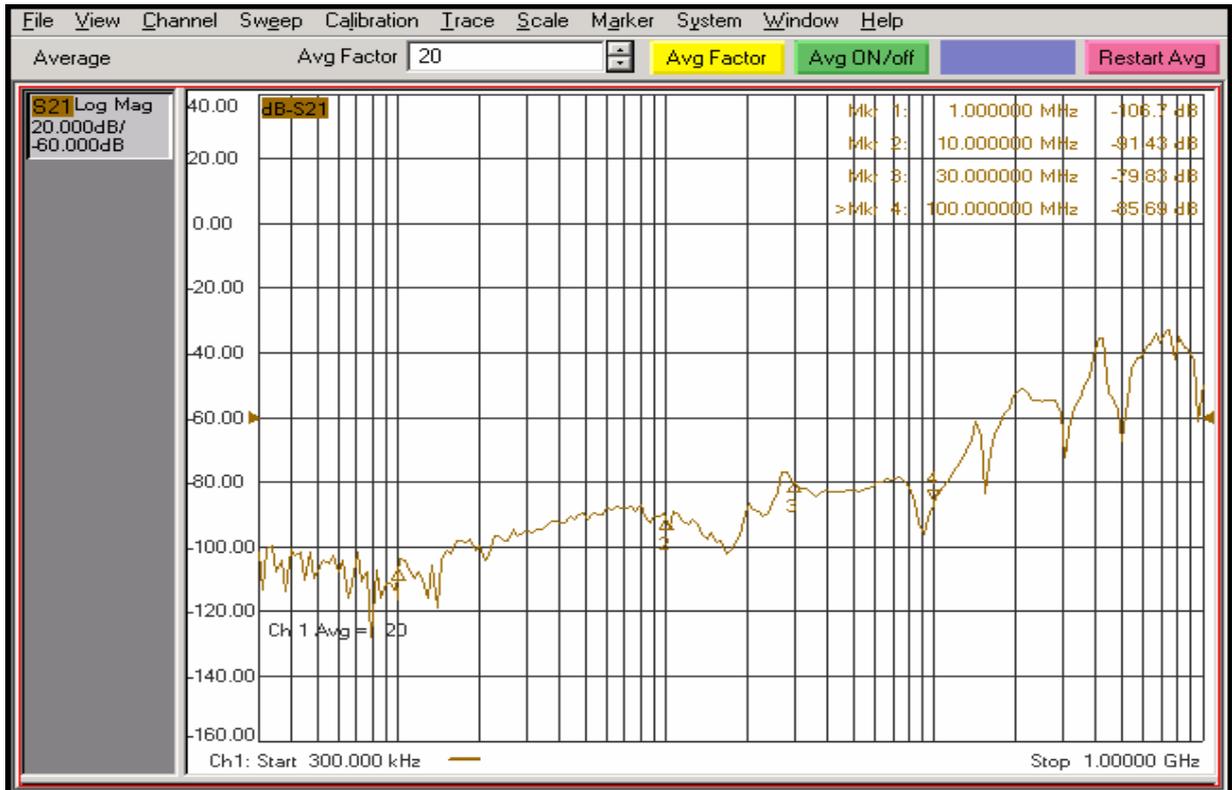


(COMMON MODE)

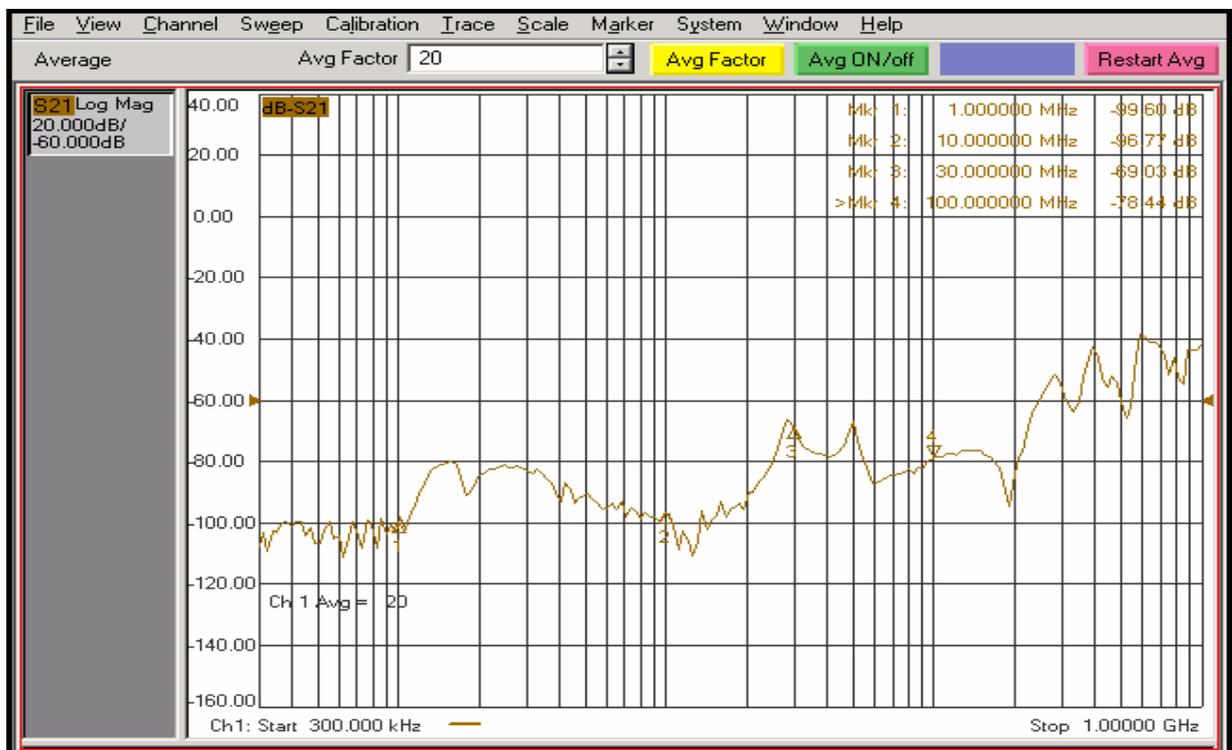


(NORMAL MODE)

3.3. BHNCT – HC 2K

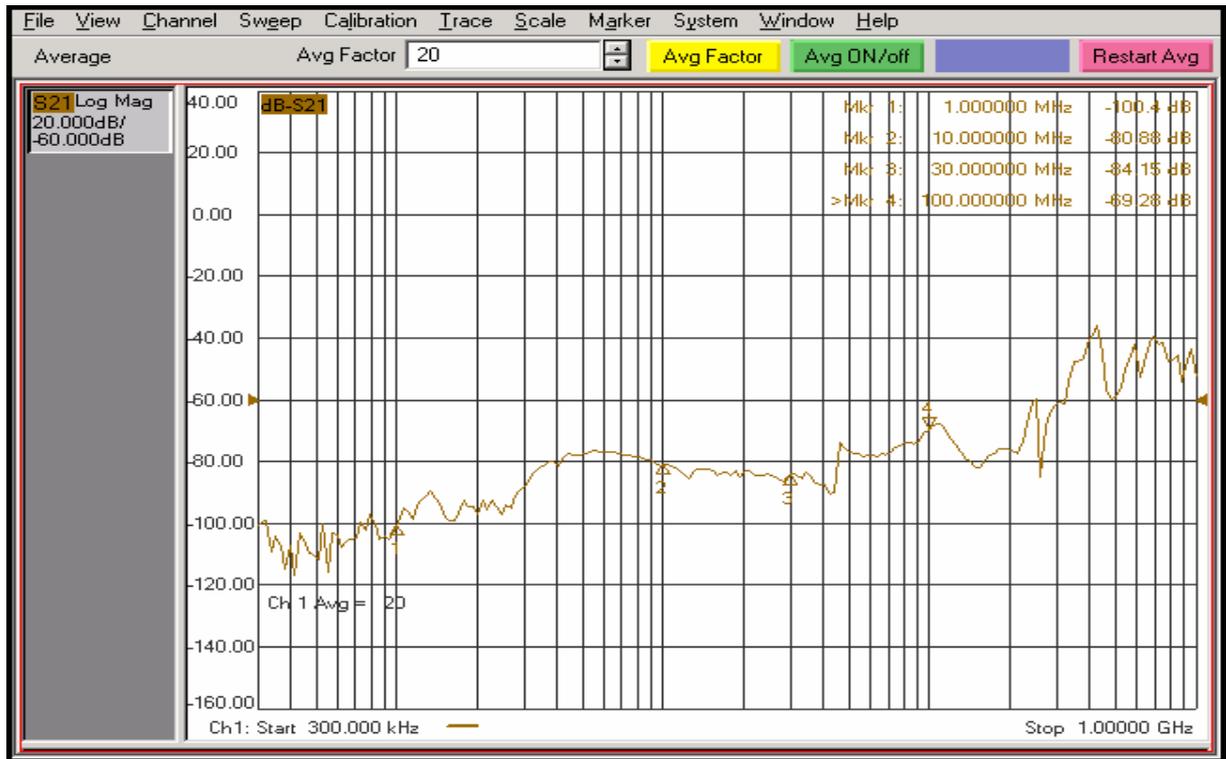


(COMMON MODE)

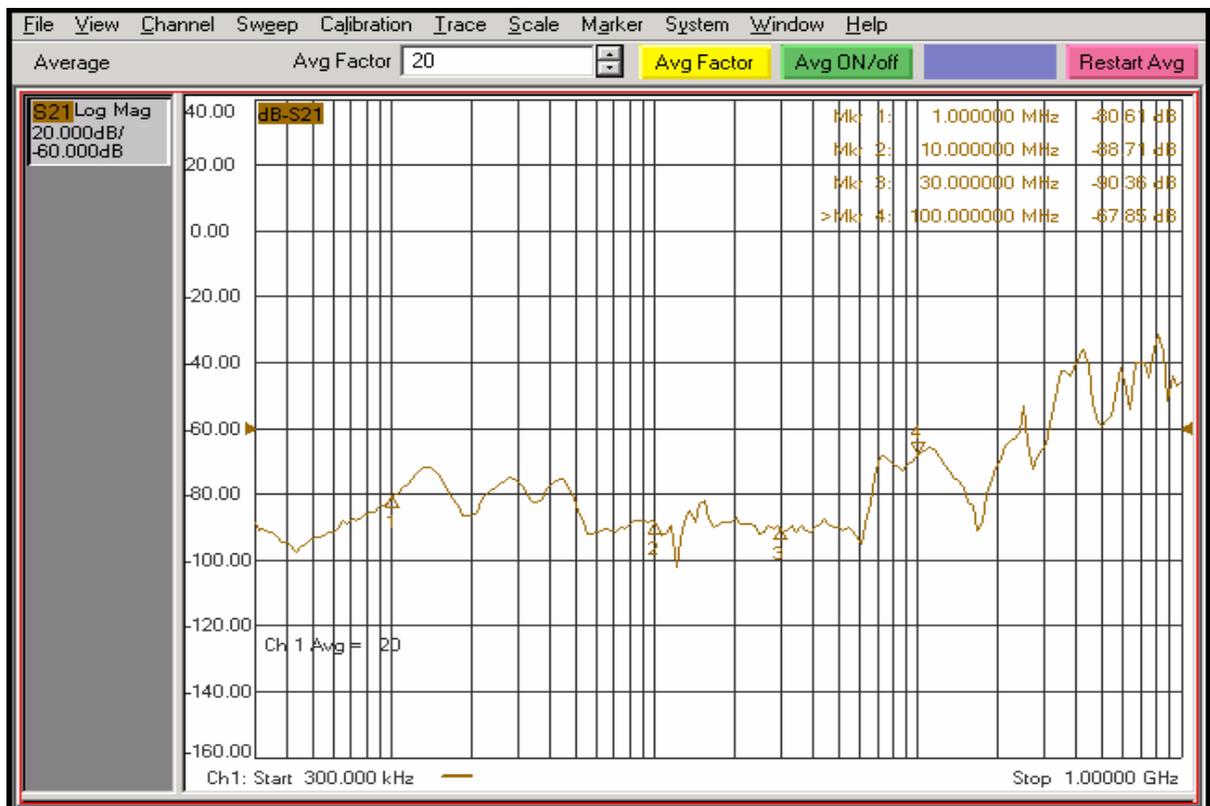


(NORMAL MODE)

3.3. BHNCT – HB 3K

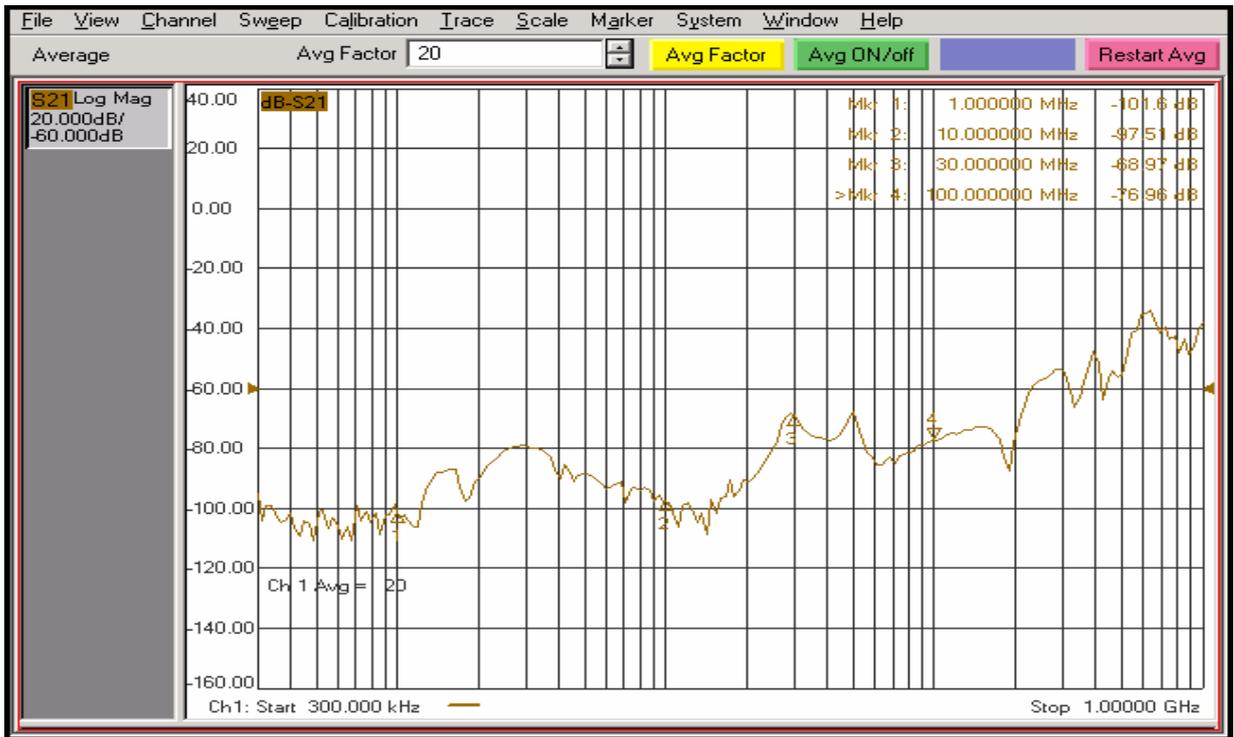


(COMMON MODE)

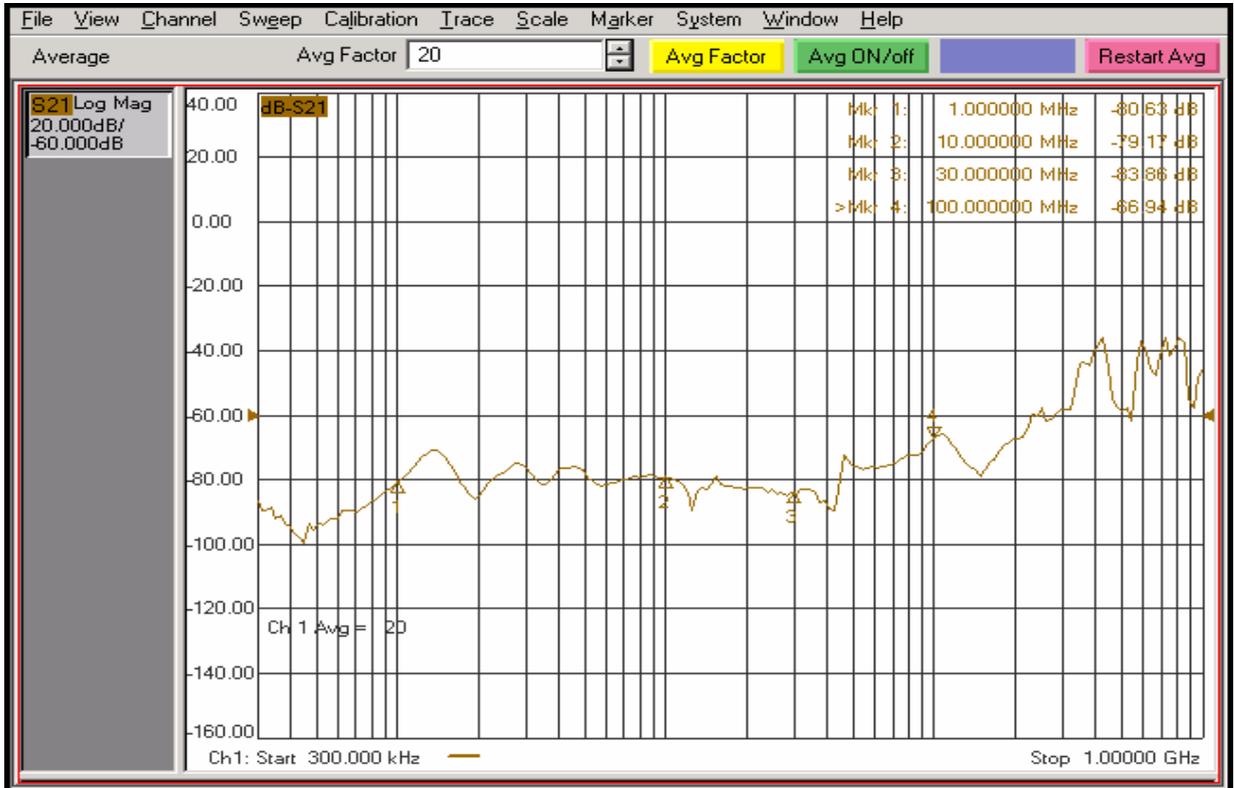


(NORMAL MODE)

3.4. BHNCT – HB 5K



(COMMON MODE)



(NORMAL MODE)

4. 동적 특성



(NCT 사용前)



(NCT 사용後)

주 파 수	사용전(dBuV)	사용후(dBuV)	편차(dBuV)
1 MHz	71(=3.5mV)	15(= 5.6uV)	56
10 MHz	70(=3.2mV)	14(= 5.0uV)	56
30 MHz	35(= 56uV)	25(= 18uV)	10

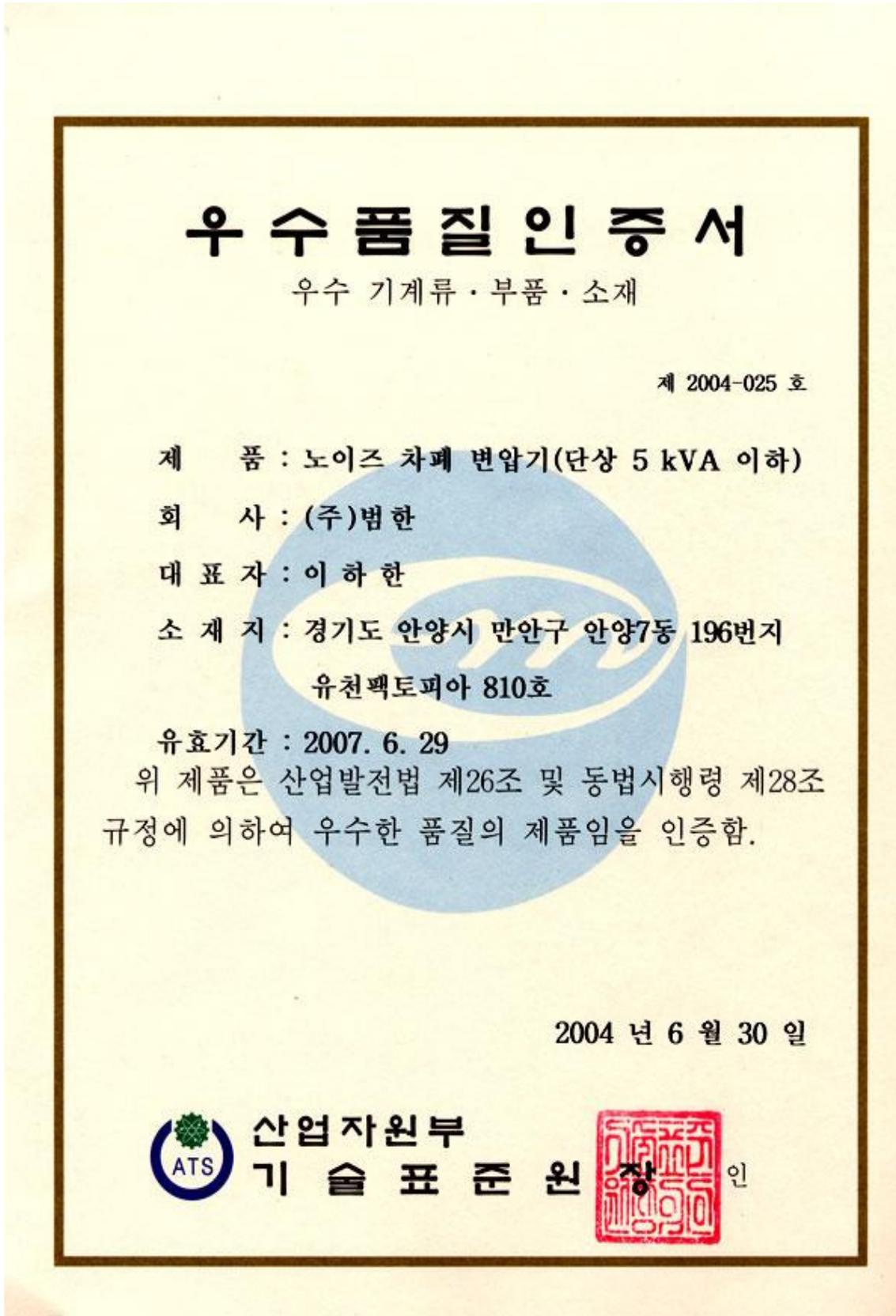
※ 노이즈 발생이 심한 디밍용 스텐드로 측정해본 NCT의 동적 특성 내역.

5. NCT 사용 용도

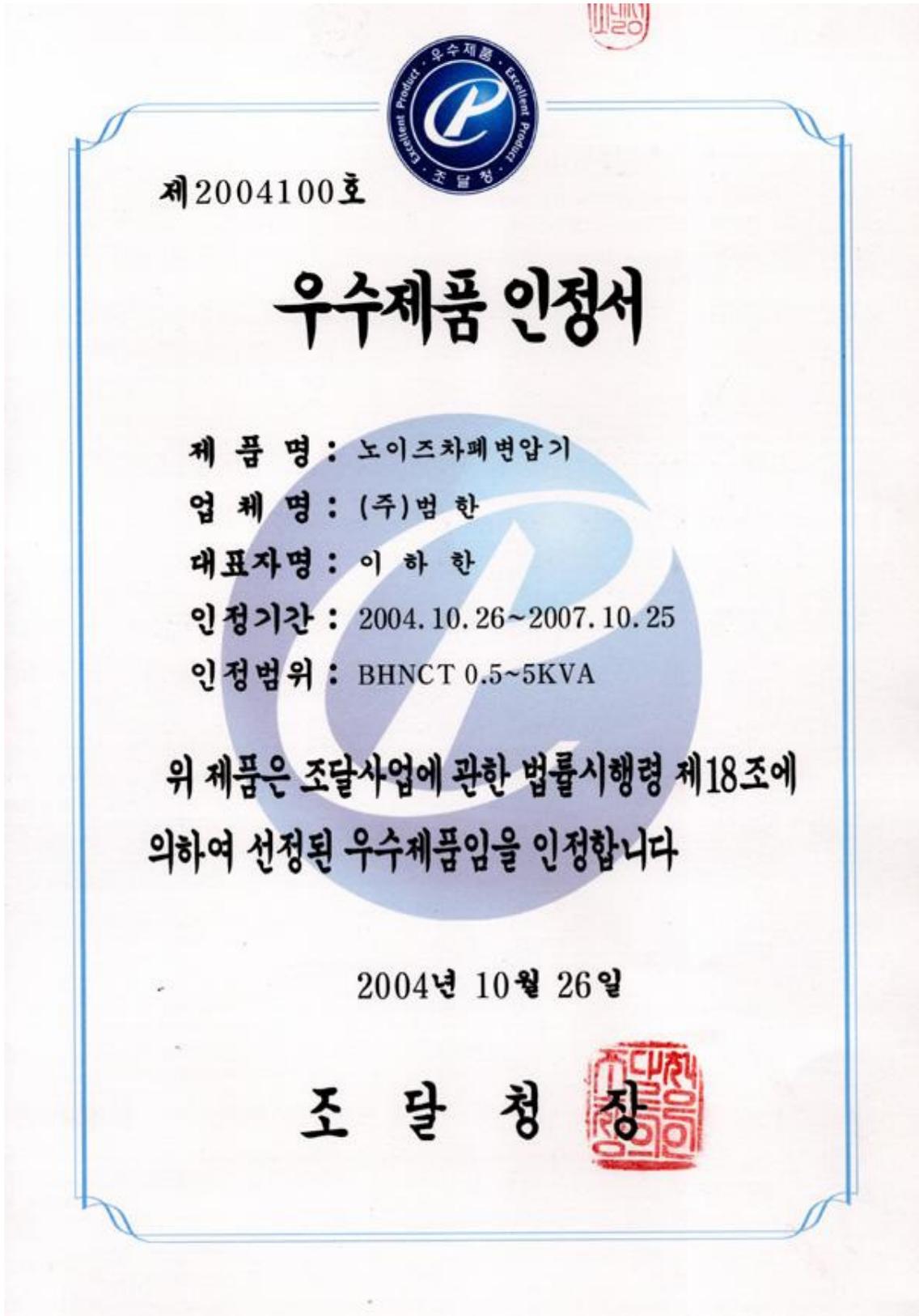
- 1) 클린 파워의 공급이 필요한 반도체 장비의 전원공급용
- 2) OA,FA등의 자동화 기기의 전원공급용
- 3) PLC, ROBOT, CONTROLLER등의 제어기기의 전원공급용
- 4) 정밀 계측장비의 전원공급용
- 5) 송수신기기 및 기타 방송, 음향 설비용 기기의 전원공급용
- 6) 철도,지하철 역사내의 신호,통신장비(열차번호인식기, CCTV외)의 전원공급용
- 7) Surge(뇌서지,개폐서지)로부터 보호해야 될 기기의 전원공급용
 - ☞ 뇌서지로 인한 장비 피해가 심한 곳(중계소, 송신소, 관측소, 발전소, 댐, 정수장外)
- 8) 의료장비의 전원공급용
- 9) 기타 Noise로부터 기기를 보호해야 할 경우

6. 품질인증

6.1 산업자원부 기술표준원 (우수품질인증,EM)



6.2 조달청 우수제품인정서



주요 참고 문헌

1. 특허청, 신기술 동향 보고서, 2001
2. 전력기술인협회, 수변전설비의 최적관리와 트러블 대책, 2002.4 ~ 2002.12월호
3. 한국전력기술(주), 전력 및 계측제어 설비에 대한 전자파 적합성 규격 고찰, 1998
4. 산업자원부 기술표준원, CISPR 관련(EMI,EMS)규격, 2004
5. Bruce C. Gabrielson and Mark J. Reimold, "Suppressin of Powerline Noise with Isolation Transformers", EMC EXPO 1987
6. 김기채, 김동일, 명노훈, 박동철, 이영훈공저, 전자파 환경공학, 2002