

산업 현장 내 노이즈 방지

Application Note



산업 현장 내 노이즈 방지 대책 – Application Note

산업 현장 내 노이즈 발생 원인



전자파 노이즈는 다양한 전자 장치 간섭의 주요 원인으로, 그 중심에는 고조파 전류가 있습니다. 고조파 전류는 전력 전자기기의 빠른 스위칭 동작 등에서 발생하며, 시스템 전반에 노이즈가 확산될 수 있습니다.

이러한 전자파 노이즈는 파동의 형태로 공기 중에 퍼지며, 이를 흔히 "공중선 효과"라고 부릅니다. 이는 도체나 회로가 일종의 안테나처럼 작용하여 외부로 전자파를 방사하는 현상입니다.

전압의 형태에 따라 노이즈의 영향을 받는 정도는 달라집니다.

예를 들어, 60Hz의 교류 전압(AC)은 주파수가 낮아 상대적으로 노이즈 영향이 적은 편입니다. 그러나, SMPS나 인버터 등에서 생성된 고조파 성분이 AC 전원선을 통해 유입되면 시스템 전체에 전자파 간섭을 유발할 수 있습니다.

반면, 직류 전압(DC)을 사용하는 시스템은 일반적으로 고주파 스위칭 장치를 동반하기 때문에 노이즈에 더 민감하게 반응합니다.

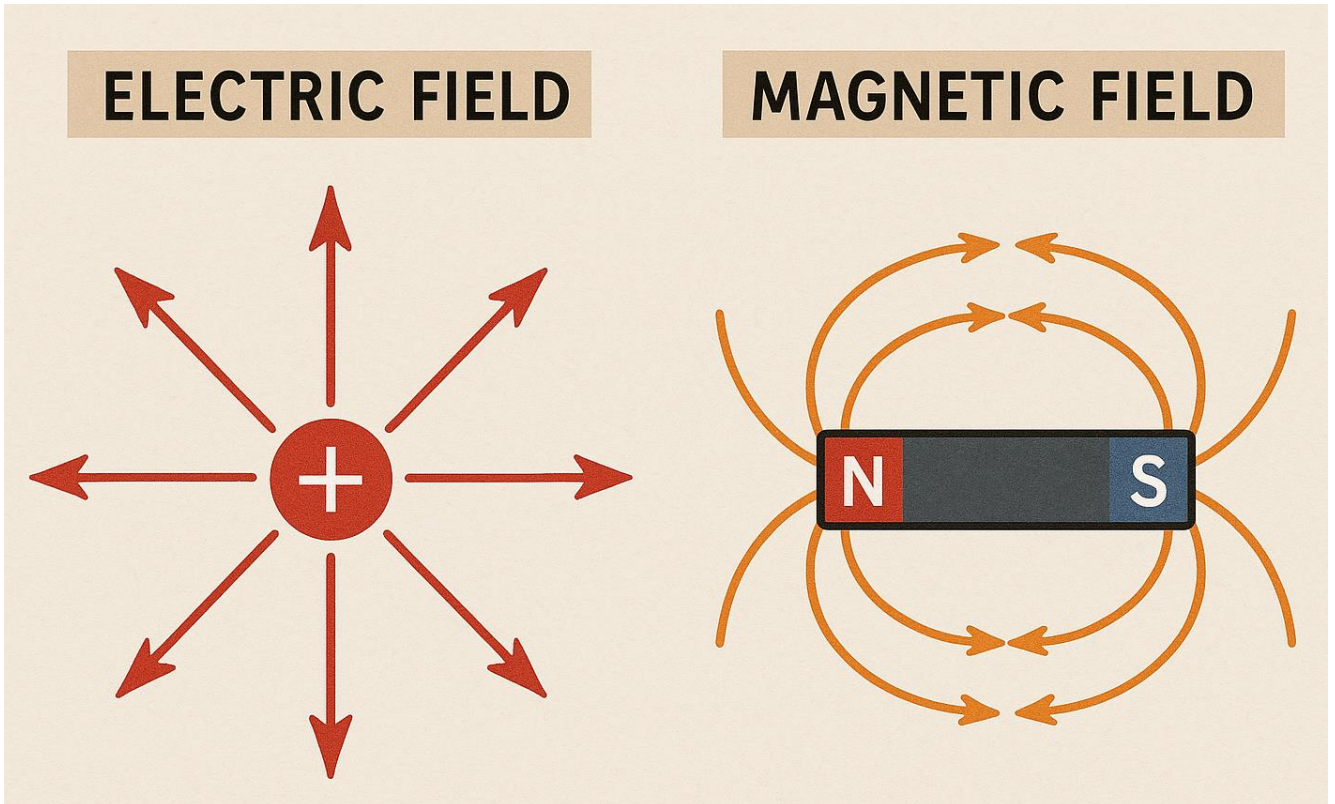
또한 전자파 방사는 전기장과 자기장이 서로 교차하면서 발생하며, 이때 방사되는 에너지를 방사 노이즈라고 합니다.

방사 노이즈는 주로 고조파 전류에 의해 유도된 자기장에 의해 발생합니다. 빠른 스위칭으로 인해 도체 내부에 흐르는 불연속 전류는 강한 자기장을 만들고, 이 자기장이 외부로 방사되어 인접 회로나 장비에 영향을 미칠 수 있습니다.

따라서 배터리 및 DC 전원을 주로 사용하는 산업 현장의 경우 노이즈에 대한 방지를 철저히 하는 것이 바람직합니다.

산업 현장 내 노이즈 방지 대책 – Application Note

전기장과 자기장



전자파는 전기장과 자기장으로 구성되며, 각각 노이즈 특성에 따라 다르게 작용합니다.

전기장은 대부분 직류 전압에서 발생하며, 변화 속도가 느리기 때문에 시스템에서 노이즈의 주요 원인이 되는 경우는 드뭅니다.

반면, 자기장은 고주파 전류에 의해 유도되며 변화 속도가 빠릅니다. 특히 고주파 전류가 흐르는 도체 주변에는 강한 자기장이 형성되고, 이는 인접 회로에 유도전압을 발생시켜 간섭을 일으킬 수 있습니다.

따라서 고조파를 억제하기 위해 자기장을 최소화 하는 것이 중요합니다.

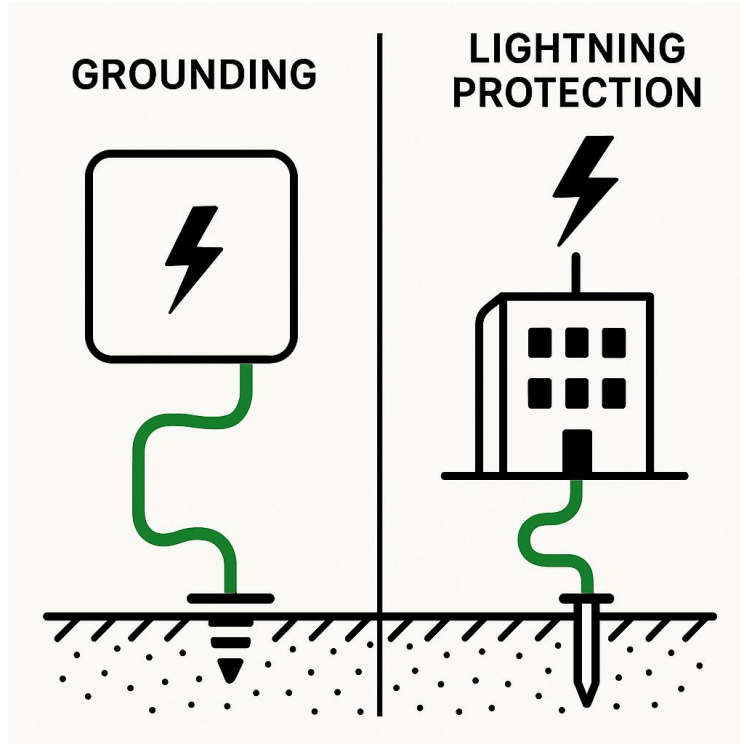
전기장 및 자기장 최소화 방안

전자파 노이즈를 줄이기 위해서는 전기장과 자기장의 생성을 억제하거나 상쇄하는 방식의 설계가 필요합니다. 주요 방법은 다음과 같습니다.

1. 전위차가 있는 도체의 길이를 가능한 한 짧게 설계합니다.
이는 전기장과 자기장의 방사 면적을 줄이는 데 효과적입니다.
2. 도체를 서로 가깝게 배치하고 트위스트 형태로 배선하면 자기장이 상쇄되어 방사 노이즈가 줄어듭니다.
동일한 경로를 흐르는 도체의 길이를 동일하게 유지하면 자기장의 균형을 유지할 수 있습니다.
3. 자기장의 방향과 평행하게 배선을 배치하면 유도전압이 감소합니다.
4. 고조파 제거를 위해 Low Pass Filter 및 페라이트 코어를 사용하면 고주파 성분을 효과적으로 감쇄할 수 있습니다.

산업 현장 내 노이즈 방지 대책 – Application Note

접지 및 피뢰



접지는 전자파 노이즈 억제에 있어서 가장 기본적이면서도 중요한 요소입니다. 적절한 접지가 이루어지지 않으면 노이즈가 대지 전위를 따라 순환하게 되며, 이는 시스템 전체에 영향을 미칠 수 있습니다.

일반적으로 대지와 전력선 사이의 전압은 정상적인 경우 대지 전압의 1.3배 이하로 유지되어야 하며, 이를 초과할 경우 이상 전류가 흐르면서 발열, 전압 상승, 신호 불안정 등의 문제가 발생할 수 있습니다.

여러 개의 접지봉을 병렬로 설치할 경우에는, 각각의 접지봉이 간섭을 일으키지 않도록 전극봉 깊이의 2.2배 이상의 간격을 유지해야 합니다.

피뢰 상황에서는 낙뢰에 의해 코로나 방전이 발생하고, 이로 인해 대지 전압이 급격히 상승할 수 있습니다.

이러한 전위 상승은 인근의 다른 접지된 장비에 고조파 전류를 유도하여 오작동을 유발할 수 있습니다.

특히 피뢰 전류는 고주파 성분을 다량 포함하고 있어 정밀한 전자기기에 심각한 영향을 줄 수 있습니다.

완벽한 피뢰 대책은 어렵지만, 서지 보호 장치(SPD)의 설치 및 분리 접지를 통해 피해를 최소화할 수 있습니다.

산업 현장 내 노이즈 방지 대책 – Application Note

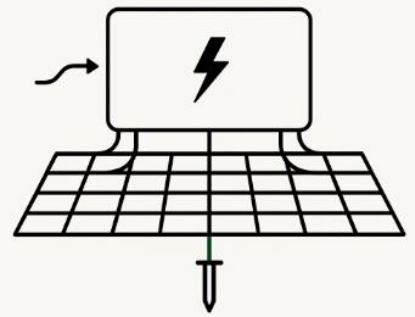
전자파 노이즈 방지 대책

정확한 접지구성

시스템 내 노이즈 전류가 대지로 안전하게 흐를 수 있도록 체계적인 접지망을 구성합니다.

노이즈 전류가 적절한 경로를 따라 대지로 안전하게 흘러갈 수 있도록 다지점 접지(Multi-point Grounding), 단일점 접지(Single-point Grounding) 등의 접지 방식 중 시스템 환경에 적합한 구조를 설계하는 것이 중요합니다.

또한, 접지 저항을 낮게 유지하고, 접지선은 가능한 짧고 굵게 구성하여 임피던스를 최소화함으로써 고주파 성분의 효과적인 방출이 가능하도록 구성해야 합니다.



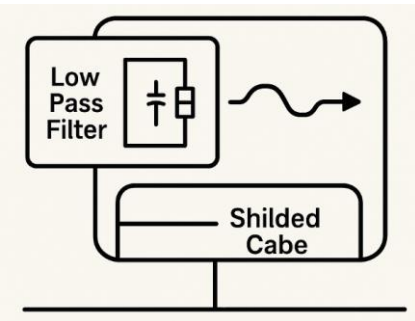
고주파 전류 감소 및 차폐

고주파 성분은 전자파 방사의 주된 원인이 되므로, 이를 줄이기 위한 회로적·물리적 차단 대책이 필수적입니다.

Low Pass Filter와 스너버 회로는 고주파 전류를 억제하여 노이즈의 전파를 막는데 효과적이며, 이러한 회로는 전원 라인, 통신 라인 등 주요 경로에 삽입됩니다.

아울러 금속 차폐 케이스, 실드 케이블, EMI 가스킷 등을 통해 시스템 전체 또는 노이즈 취약 부위를 물리적으로 차단함으로써 외부로의 방사를 줄일 수 있습니다.

차폐된 구조는 인접 회로나 장비로의 간섭을 크게 감소시킵니다.



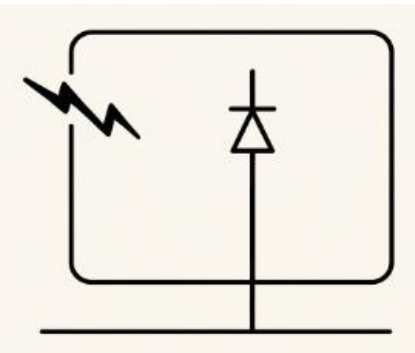
보호 소자 사용

외부에서 유입되는 낙뢰, 정전기 방전(ESD), 스위칭 서지 등 일시적인 과도 전압은 전자 시스템의 손상 및 오작동의 원인이 됩니다.

이를 방지하기 위해 서지 보호기, TVS 다이오드, 배리스터 등의 보호 소자를 적절히 배치해야 합니다.

이러한 소자들은 평상시에는 개입하지 않다가, 일정 임계 전압을 초과할 경우 빠르게 동작하여 회로를 보호하며, 시스템의 안정성과 신뢰성을 크게 높여줍니다.

보호 소자의 선택은 전압 범위, 응답 시간, 에너지 흡수 능력 등을 고려하여 시스템에 맞게 배치되어야 합니다.



산업 현장 내 노이즈 방지 대책 – Application Note

물류 자동화 이동로봇 노이즈 방지 대책

AGV, RGV, LGV, OHT, EMS, Stacker Crane, Hoist Crane, Stocker, Lifter



1. 통신 안정성 확보

Wi-Fi, LTE, Bluetooth 통신 사용 시, 고조파나 피리 전류에 의해 통신 장애가 발생할 수 있습니다.

- 기기 내부 신호선 차폐 및 필터링
- 통신 모듈 케이블에 대한 페라이트 코어 또는 설치

2. 전원 및 배터리 노이즈 방지

SMPS, DC-DC 변환기는 고주파 노이즈를 발생시킵니다.

- 전원라인에 Low Pass Filter 및 Snubber 회로
- 배터리 출력단에 페라이트 코어 및 Low Pass Filter, EMI 필터링 커패시터 삽입

3. 모터 간섭

모터는 강력한 고주파 노이즈를 발생시킵니다.

- 제어기 → 모터 간 전원선 트위스트 및 차폐
- 이동체 내 별도 접지망 구성
- 무선 통신 주파수 변경 : 2.4GHz -> 5GHz

4. AGV 제어 시스템 오동작 방지

MCU/PLC가 있는 메인 컨트롤 보드는 EMI에 민감합니다.

- 신호선 간격 최소화 및 레이아웃 최적화
- EMI 차폐 쉴드 장착, 접지 레이어 강화
- Watchdog Timer, Fail-Safe 회로로 오동작 방지

5. 충전소 접지 및 피리 대책

AGV 충전스테이션이 피리 대상이 되는 경우가 있습니다.

- SPD 설치 및 충전기/AGV 분리 접지