

전기 기본이론

(Basic Theories of Electrical Engineering) - X

10. 노이즈

글.
이재언 전기기술사 사이버학원 원장

연재목록

1. 전류
2. 전기와 자기
3. 임피던스
4. 발전기
5. 전동기
6. 변압기
7. 전력
8. 접지
9. 전기안전
10. 노이즈
11. 무정전 전원설비

노이즈(Noise)는 “잡음”이라는 뜻이다. 사람이 음악을 듣고 있을 때 주위에서 필요 없는 잡음이 들리면 음악을 잘 들을 수가 없게 된다. 이와 유사하게, 전기계통에 사람이 “의도하지 않은 전압 또는 전류”가 전기회로에 발생해서 전기기기의 기능에 지장을 초래하는 것을 전기계통의 노이즈라고 말한다.

노이즈의 발생원인

전기계통에 노이즈가 발생하는 원인에는 다음과 같은 것들이 있다.

전력선으로부터 발생하는 전자파에 의한 **정전유도** 및 **전자유도**에 의한 노이즈

전력계통에서 발생하는 **뇌에 의한 서지**

차단기, 개폐기 등에 의한 **개폐 서지**

전력계통사고에 의한 **접지점의 전위상승**

각종 보조계전기의 **개폐시 노이즈**

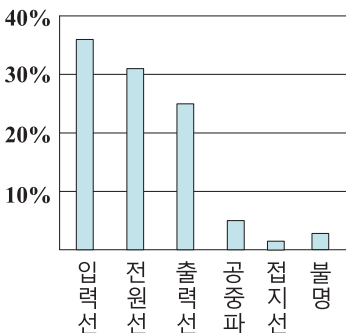
정류기용 컨버터의 **스위칭 노이즈**

고조파가 전원측과 타 기기로 흘러드는 **고조파 노이즈**

정전기가 발생하여 이들이 방전될 때 생기는 **정전기 노이즈**

유도성 기기가 기동 정지할 때 유도기전력에 의한 **스위칭 노이즈**

노이즈의 침입경로



전기기기에 침입하는 노이즈에는 도체를 통해서 전파되는 **전도성 노이즈**와 공간을 통해서 전파되는 **방사성 노이즈**의 두 가지가 있다.

그림은 전달경로에 따른 노이즈의 종류와 그 비율을 나타낸 것인데, 대부분의 노이즈는 입력선, 전원선, 출력선 및 공중파를 통해서 침입함을 알 수 있다.

입력선은 **신호입력선**으로 TV의 안테나 선과 같은 것을 말하고, 전원선은 기기에 전원을 공급하기 위한 **전선**이며, 출력선은 **신호출력선**으로 예를 들어 컴퓨터 본체에서 모니터로 가는 선을 말한다.

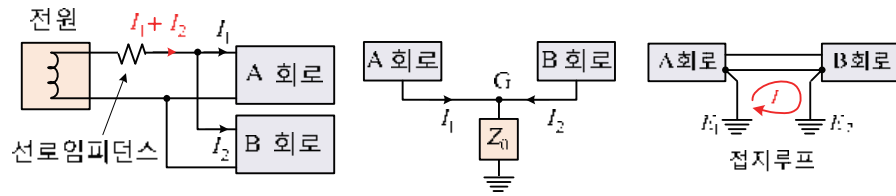
노이즈가 전달되는 원리

전도결합

전도결합은 노이즈가 노이즈원에서 직접 도체회로로 연결되어 수신부로 유입되는 경우로 여기에는 **공통 임피던스 결합**과 **접지루프**의 두 가지가 있다. 하나의 임피던스를 통해 두 개 이상의 다른 기기 전류가 함께 흐를 때 **공통 임피던스 결합**이 생긴다.

다음 왼쪽 그림에서 선로임피던스는 A, B 회로에 공통으로 접속되어 있다. 이때 A 회로에 흐르는 전류의 크기가 변하면 선로임피던스에서의 전압강하가 달라지므로 B 회로의 단자전압도 변화한다.

즉, 공통으로 접속된 전원과 선로 임피던스 때문에 A 회로에서의 전류변화는 B 회로의 단자전압을 변화시킨다. B 회로에 가해지는 전압이 변동된다고 하는 것은 B 회로에 “의도하지 않은 전압변동”이 생긴 것인데 이것이 노이즈로 작용한다.



가운데 그림의 경우는 하나의 접지 임피던스에 두 회로가 공통으로 접속되어 있다. 그림에서 I_1 이 증가하면 접지점 G의 전위가 올라가게 되므로 I_2 는 감소하게 된다. 즉 한쪽 회로에서의 접지전류 변화가 다른 쪽 회로에 영향을 주어서 노이즈로 작용한다.

오른쪽 그림에서와같이 2개소 이상에서 접지된 경우 각 접지점의 전위가 같지 않아서 전위차($E_1 - E_2$)가 발생해 순환전류가 흐르게 되고 이 순환전류에 의해서 노이즈가 발생하는데 이렇게 되는 것을 **접지루프**라고 한다.

용량결합

절연된 두 도체 사이에는 항상 정전용량이 존재하기 때문에 그림의 A도체(전력선)와 B도체(통신선) 사이에 정전용량 C_M 이 존재하고, B도체와 대지 사이에도 정전용량 C_S 가 존재한다. 용량 결합이란 그림과 같이 A, B 두 도체 사이에 정전용량 C_M 이 있을 때 이 정전용량을 통해서 두 도체가 전기적으로 상호 결합되는 것을 말한다.

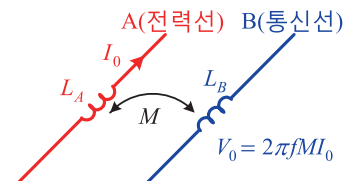


두 도체가 위 그림과 같이 나란히 배치되어 있는 경우, A도체의 전위 V 에 의해서 B도체의 대지전위 V_S 는 다음과 같이 상승하게 되어 B도체에 노이즈로 작용하게 된다. B도체의 대지전위는 두 도체 사이의 정전용량 C_M 이 클수록 커진다.

$$V_S = \frac{C_M}{C_M + C_S} V [V]$$

유도결합

도체는 자기인덕턴스 L 를 가지고 있고, 두 도체가 인접해 있을 때는 두 도체 사이의 상호인덕턴스 M 이 존재한다. 두 도체 A, B가 그림과 같이 인접해 있고, 두 도체 간의 상호인덕턴스가 M 일 때 A도체에 전류 I_0 가 흐르면 A도체 주위에 자계가 형성되고 이 자계에 의한 자속이 B도체의 인덕턴스와 쇄교하여 B도체에 다음식에 의한 전압이 유기된다.

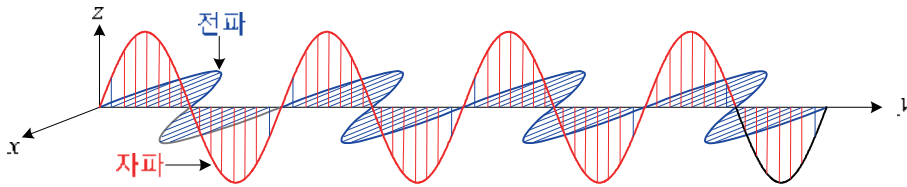


$$V_0 = 2\pi f M I_0 [V]$$

식에서 보면 B도체에 유기되는 전압은 A도체에 흐르는 전류의 크기 I_0 , 주파수 f 및 상호 인덕턴스 M 의 크기에 비례한다. 이렇게 B도체에 전압이 유기되면 B도체에는 이 전압에 의해서 “의도하지 않은 전류”가 흘러 노이즈로 작용한다.

전자파 결합

도체에 전압이 걸려서 전류가 흐르면 도체 주위에는 전계와 자계가 형성된다. 직류전류가 흐를 때는 전압 전류의 크기에 변화가 없으니까 일정한 크기의 전계와 자계가 형성되지만, 교류의 경우에는 전압/전류의 크기가 시시각각 변화하기 때문에 도체 주위에 형성되는 **전파**(Electric Wave)와 **자파**(Magnetic Wave)는 **맥스웰의 전자파 방정식**에 따라 다음 그림과 같이, 전파와 자파가 서로 90°의 각을 유지하면서, 파동을 이루며 공간을 진행해 가는데 전파와 자파를 합해서 **전자파**(Electro Magnetic Wave)라고 한다.



전자파에서 자파는 자속의 흐름이므로 이 자속이 통신선, 신호선 등과 같은 약전류 전선과 쇠교해서 패러데이의 전자유도법칙에 따라 전압을 유기하면 약전류 전선에는 “의도하지 않은 전류”가 흐르게 되어 노이즈로 작용한다.

노이즈에 대한 대책

노이즈의 발생억제

노이즈를 방지하는 최선의 대책은 노이즈가 발생하지 않도록 하는 일이다. 그러나 사람이 음식을 먹을 때 인체에 해로운 유독성 물질이나 병균이 전혀 없는 음식을 먹는 것이 불가능한 것과 같이, 전기계통에서 발생하는 모든 노이즈를 완전히 없애는 것은 불가능하다. 노이즈의 발생을 일부라도 억제하기 위한 방법으로는:

- 개폐시지를 흡수하기 위해서 피뢰기 또는 서지흡수기를 설치하는 방법
- 접지저항을 가능한 한 적게 하여 지락사고시 접지선의 전위상승을 억제하는 방법
- 정전기 발생을 억제하는 방법
- 고조파 발생을 억제하는 방법 등이 있다.

제어케이블의 분리포설 및 접지

기기에 연결되는 신호선, 제어선에는 가까이 병행되는 전력 케이블이 없도록 다른 선로와 분리하여 포설하고 제어케이블의 쉴드(Shield)를 접지한다. 제어케이블의 접지에는 편단 접지와 양단 접지가 있는데, 복수 접지를 하면 외부 노이즈 전류가 접지점의 한 쪽으로 흘러 들어와 다른 접지점으로 흘러나가기 때문에 피보호 기기가 노이즈에 노출되어 노이즈에 극히 취약한 시스템이 되므로 피보호 기기는 어떤 경우에도 편단접지(1점 접지)를 해야 한다.

전자파 차폐

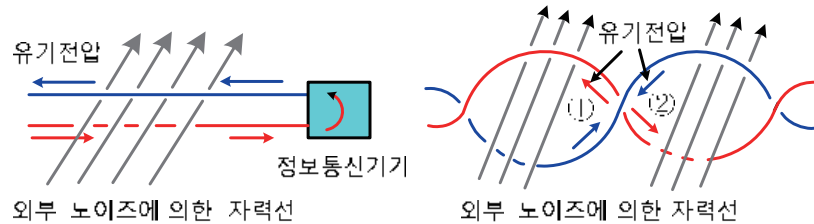
차폐란 잡음 발생원과 잡음의 영향을 받는 기기를 서로 차단하는 것을 말하는데, 차폐방식에는 잡음이 있는 공간에서 잡음이 없는 공간을 만드는 수동적 차폐와 잡음원을 차폐시켜서 잡음이 외부로 유출되지 못하도록 하는 능동적 차폐의 두 가지 방법이 있다.

잡음 발생원과 피해 기기와의 결합에는 정전유도 결합과 전자 유도 결합이 있는데 이들에 대한 차폐특성은 각기 다르다. 정전차폐는 얇은 금속 상자만으로도 가능하지만 전자차폐는 차폐물체의 모양에 의해 좌우된다. 일반적으로 자기차폐에는 고투자율 재료를 사용하며 정전차폐에는 고도전율 재료를 사용한다.

Twist Pair선 사용

트위스트 페어 케이블이란 신호선의 다음 오른쪽 그림과 같이 두 선을 비비 꼬아놓은 선을 말한다.

트위스트페어 케이블에는 STP(Shielded Twist Pair) 케이블과 UTP(Un-shielded Twist Pair) 케이블의 두 종류가 있다. 일반 케이블에 왼쪽 그림과 같이 자력선이 관통하면 패러데이의 전자유도법칙에 따라 유기 전압이 그림의 화살표 방향으로 유기되어 부하에 유도전류가 흐르게 된다.



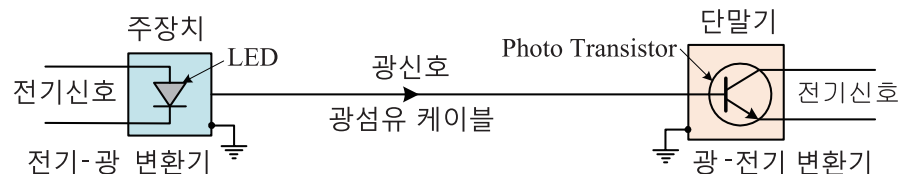
그러나 트위스트페어 케이블의 경우는 오른쪽 그림과 같이 Loop ①에 유기되는 전압 방향과 루프 ②에 유기되는 전압 방향이 서로 반대방향이 되어, 외부 노이즈에 의한 자력선이 통과할 경우에 각각의 신호선에 유기되는 전압/전류는 인접한 루프에서 서로 상쇄되어서 없어지므로 유도전류에 의한 영향이 거의 없게 된다.

광섬유 케이블 사용

광케이블은 전기적 절연체이므로 어떤 형태의 전자기적 유도작용도 받지 않기 때문에 전자유도에 대한 노이즈를 제거하는 가장 확실한 방법은 광케이블을 사용하는 것이다. 광섬유 케이블은 그림과 같이 심선(유리섬유) 내에서 빛이 반사하며 진행되는 것이다.



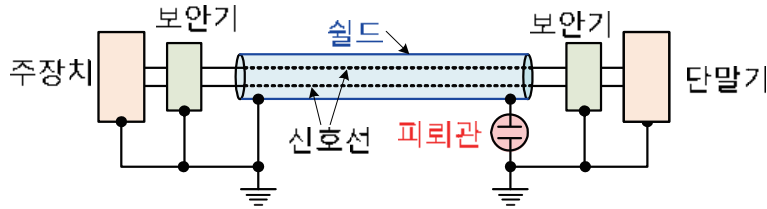
광섬유 케이블은 다음과 같이 발광다이오드(LED : Light Emitting Diode)를 이용한 전기-광 변환장치, Photo Transistor를 이용한 광-전기 변환장치 및 광섬유 케이블로 구성된다.



광섬유 케이블은 유도장해를 받지 않는 것 이외에도, **전송손실**이 적고, 광범위한 디지털 신호의 장거리, 고속전송이 가능하며, **보안성**이 우수하고 깨끗한 전송을 할 수 있고, 동축케이블에 비해 중량은 1/120, 단면적은 1/30 정도로 작아지는 등의 장점이 있어서 **통신분야**뿐만 아니라, **보호계전 계통**에 널리 사용되고 있다.

실드케이블 사용

실드케이블(Shield Cable : 차폐케이블)은 절연체 겉에 차폐도체를 두어서 외부로부터의 유도장해에 의한 전압이 차폐도체에 유 기되도록 해서 이를 접지해서 대지로 방류함으로써 내부에 있는 신호선에는 유도장해가 없도록 한 것이다. 실드 케이블을 사용 하는 경우는 그림과 같이 주장치 측을 편단접지하고 단말기 측은 피뢰관을 경유해서 접지한다.



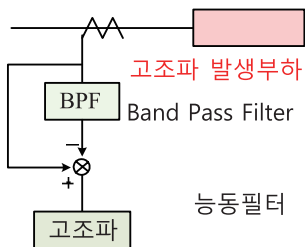
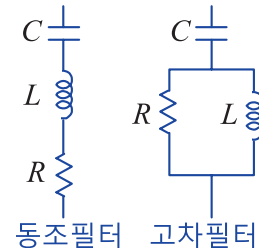
단말기 측에 피뢰관을 설치하는 이유는 양단접지를 하면 실드에 순환전류가 흘러서 악영향을 주기 때문이다.

접지

노이즈 장해를 방지하기 위해서 피뢰기, 피뢰관, 서지 흡수기, 노이즈 방지용 변압기(NCT : Noise Cut Transformer), 필터 등을 사용하는 것이 구체적인 대책이지만 이들은 기본적으로 접지를 해서 노이즈 전압 또는 전류를 대지로 방류하는 것으로, 접지선 과 대지에 설치하는 접지전극이 필요하다. 특히 노이즈 방지용 접지계는 접지선의 임피던스와 접지저항이 모두 작아야 할 것이 요구된다.

필터

전원선을 따라오는 노이즈를 방지하기 위해 사용되는 필터는 전원 라인 필터이며, 보통 전원 주파 수를 통과대역으로 하고 고주파 노이즈를 제거하는 **저역통과 필터**(Low Pass Filter)가 사용된다. 전 원 필터에는 보통 차폐실용 필터와 일반 전자기기용 필터가 있는데 차폐실용은 14[kHz] ~ 3[GHz] 에서 80~100[dB]의 감쇄특성을 가지는 것이 많다. 이에 비해 전자기기용 필터는 150[kHz] ~ 30[MHz]의 주파수 대역에서 감쇄 특성을 가지는 필터가 많이 사용되고 있다.



필터에는 **수동형 필터**와 **능동형 필터**의 두 가지가 있다. **수동형 필터**(Passive Filter)는 주로 5 차 및 7차에 동조한 **동조필터**와 11차 이상을 흡수하는 **고차필터**가 있으며 통상 이들을 조합 한 것이 하나의 설비가 된다. 이들은 모두 L-C 공진특성을 이용한 것이다.

능동형필터(Active Filter)는 고조파 성분을 검출하여, 이와 정반대의 위상(180° 위상차)을 가 진 고조파를 발생시켜 서로 상쇄시켜 버리는 방법이다.

부하가 발생하고 있는 고조파 성분은, 그림과 같이 부하전류를 CT로 검출하고, 기본파만 통 과시키는 Band Pass Filter로 기본파 성분을 검출하여 이것을 부하전류로부터 뺄으로써 고조파 전류를 검출하고, 이렇게 검출된 고조파와 위상이 180° 반대가 되는 고조파를 만들어서 합성함으로써 부하에서 발생된 고조파가 상쇄되어 없어지도록 하는 방법 이다.