

# 전자회로의 노이즈 감소 기술 (Ⅲ-1)

글/ 이 경 재(한전 기술연구원)

## 목 차

- I. 서 론
- II. 도체의 실드
- III. 접 지

## III. 접 지

### 1. 머리말

노이즈 장애를 최소화시키는 한가지 중요한 방법은 접지이다. 적합한 접지와 실드를 겸용하면 노이즈 문제를 대부분 해결할 수 있게 된다. 좋은 접지시스템은 마치 전기회로의 안식처와 같은 것이므로 잘 설계되어야 한다.

이따금 간단히 결정하기 어려울 때가 있다. 또 실제로 어떤 곳을 접지시킬 것인가 결정하는 데 많은 엔지니어링 시간이 필요하다.

여기에 소개된 접지 원칙은 크고 복잡한 전기회로에도 적용이 가능하다.

왜냐하면 그것들은 프린트보드 내에 한 회로씩 구성되어 있기 때문이다. 좋은 접지 시스템을 설계하려면 두 가지 기본적인 목표가 있다. 첫째는 공용접지 임피던스에 둘 이상의 회로에서 흘러오는 전류로 인하여 생기는 노이즈전압을 최소화시킬 것. 둘째는 접지루프를 만들지 말 것. 접지루프는 차계감응을 받거나 접지전위차를 발생시키기 때문이다.

가장 적절한 말로는 접지란 회로나 시스템의 기준

전압을 유지시켜 주는 등전위점 또는 평면이라고 정의할 수 있다.

회로를 접지하는 이유로서는 두 가지가 있다. ①은 보안이고 ②는 신호전압을 위한 기준 등전위를 마련하는 것이다. 보안접지는 언제나 대지전압을 유지하나 신호접지는 반드시 대지전압으로 될 필요가 없다. 많은 경우 보안접지가 신호접지로서 적당치 않을 때가 있으며 이것이 노이즈 문제를 복잡하게 만든다.

### 2. 보안접지

보안접지란 시아시나 전기기기의 외함접지를 말한다. 그림 3-1의 왼쪽에서  $Z_1$ 은 전압이  $V_1$ 인 지점과 시아시간에 표유임피던스이고,  $Z_2$ 는 시아시와 접지간에 표유임피던스이다. 이때 시아시 전위는

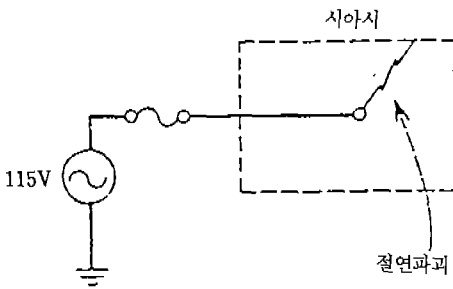
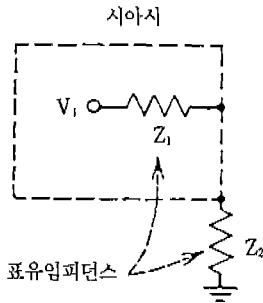
$$V_c = \left( \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) V_1 \dots\dots\dots (3-1)$$

만일 시아시가 접지되어 있으면  $Z_2=0$ 이므로  $V_c$ 는 0이 된다.

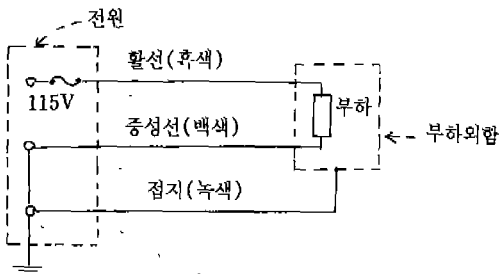
다음의 그림은 매우 위험한 상태이다. 만일 절연이 파괴되어 AC전원이 시아시와 접촉되었다면 시아시는 퓨즈용량만큼 접지전류를 흘릴 수 있는 상태가 되고 누군가가 시아시를 접촉하면 AC라인이 연결되어 감전될 것이다. 만일 시아시가 접지되었다면 절연파괴와 동시에 AC라인에 큰 전류가 흘러 퓨즈를 용단시켰을 것이고, 시아시의 전압도 제거될 것이다.

미국에 있어서 AC배전선의 표준이 NEC에 나와 있다. 이 규정의 요구사항중 하나로서 115-V AC

육내배선은 그림 3-2와 같이 3선식으로 되어 있다. 부하전류는 공급(흑색)선부터 흘러서 중성선(백색)으로 되돌아 온다. 보안접지(녹색)선은 모든 기기의 외함에 연결되어야 한다. 녹색선은 회로 고장시에만 전류가 흐르게 하고, 동시에 퓨즈나 차단기의 동작으로 회로가 개방되게 한다. 보안접지에는 부하전류가 흘러서는 안되며 언제나 대지전압으로 유지되어야 한다. NEC규정은 중성선과 보안접지는 한 점에서 같이 연결되어야 하며 이점은 주전원측이어야 한다.

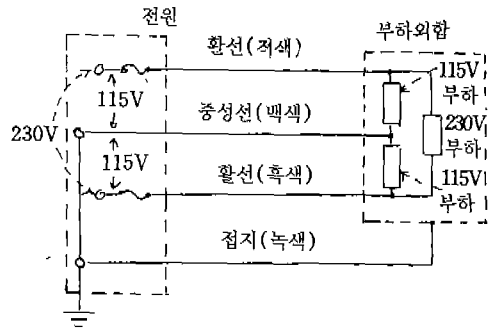


<그림 3-1> 시아시 보안접지, 표유입피턴스(왼쪽)나 절연과피(오른쪽)로 생기는 위험한 전압방지



<그림 3-2> 표준형 115-V, 단상 3선식 배선

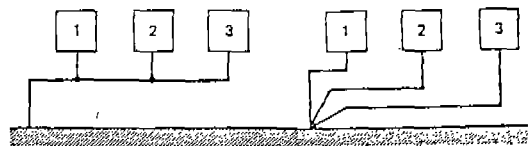
다. 다른 곳에 접지하면 중성선으로 귀환되는 일부 전류가 접지선으로 흐르게 된다. 115/230V겸용에 있어서는 유사하다. 다만 공급선(적색)이 하나 더 추가된다. 그림 3-3에서 만일 230V만 공급한다면 중성선(백색)은 필요치 않게 된다.



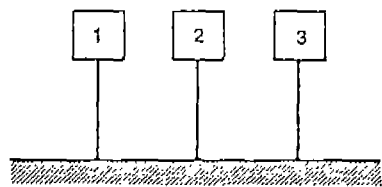
<그림 3-3> 115/230-V겸용, 단상 4선식 배선

### 3. 신호접지

신호접지는 대개 두가지가 있다. ① 일점접지와 ② 다점접지로 나누어지며 일점접지에는 직렬과 병렬결선이 있다(그림 3-4 및 3-5 참조). 접지기술에는 두가지 키포인트가 있다.



직렬결선                      병렬결선  
<그림 3-4> 일점접지의 두가지 형태



<그림 3-5> 다점접지 결선

1) 모든 접지도선은 대개 저항과 인덕턴스로 구성되었다. 지금 접지 평면의 1인치 상부에 #22번도선이 직선상태로 놓였을 때 11kHz에서는 저항보다 리액턴스가 더 크다

2) 물리적으로 분리된 2점접지는 동일한 전위가 되기 어렵다.

AC전원접지도 신호접지와 같이 약간의 전압값을 갖고 있다. 2점접지간의 전위는 보통 수백 밀리볼트나 경우에 따라서는 수십 볼트까지 나타난다. 이것은 저레벨 신호회로에서 현저하다. 따라서 전력접지계로 일점결선하는 것이 안전상 요구된다.

4. 일점접지 시스템

노이즈 관점에서는 <그림 3-6>의 직렬 결선방법은 바람직하지 않다. 여기에서 A점은 '영'전위가 아니고 다음 전위를 갖는다.

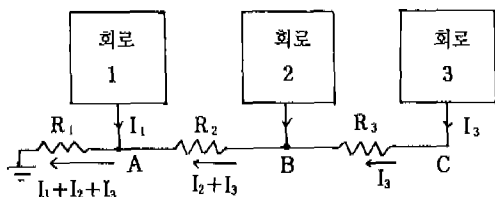
$$V_A = (I_1 + I_2 + I_3)R \dots\dots\dots(3-2)$$

C점은

$$V_C = (I_1 + I_2 + I_3)R_1 + (I_2 + I_3)R_2 + I_3R_3 \dots\dots\dots(3-3)$$

이 회로는 바람직하지 않으나 간단하므로 자주 쓰인다. 장해 한계를 넘지 않는 회로에서는 만족할 수 있으나 파워레벨이 크게 다른 회로간에는 사용되지 말아야 한다. 왜냐하면 높은 레벨에서의 큰 접지전류는 저레벨계층에 큰 영향을 주기 때문이다. 이러한 영향에 가장 예민한 계층은 접지점 가까이 연결해야 한다. 그림 3-6에서 점 A는 B나 C보다 낮은 전압을 갖는다.

그림 3-7의 병렬결선은 저주파수에서 가장 바람직하며, 그 이유는 다른 회로로부터의 접지전류가 중복결합이 되지 않기 때문이다. A와C점 전압은



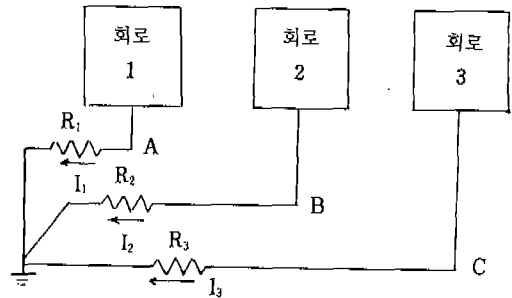
<그림 3-6> 공용접지 시스템이 직렬 결선으로 될 노이즈 관점에서 불리하나 결선이 간단함

$$V_C = I_1R_1 \dots\dots\dots(3-4)$$

$$V_C = I_3R_3 \dots\dots\dots(3-5)$$

이 시스템의 결함은 많은 접지선이 필요하다는 것과 높은 주파수에 있어서는 접지임피던스를 증가시키고 접지선간에 유도결합을 일으키기 때문이다. 또한 높은 주파수를 사용하는 기기에서 1/4파장의 홀수배와 일치하는 길이의 접지선을 쓰게 되면 접지임피던스는 매우 높게 된다.

이러한 접지는 임피던스를 크게 할 뿐 아니라 안테나와 노이즈 방출작용을 하게 된다. 따라서 접지선은 노이즈 방출방지와 낮은 임피던스 유지를 위해 주파수파장의 1/20보다 짧게 해야 한다.



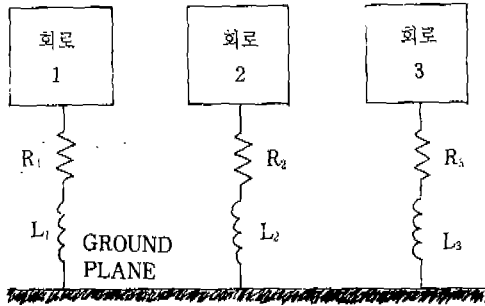
<그림 3-7> 일점병렬접지, 저주파수에 적합하나 기계적으로 복잡

5. 다점접지 시스템

다점접지 시스템은 높은 주파수에서 접지임피던스를 최소화시키기 위하여 사용된다. 그림 3-8에서 회로들은 가장 가까운 저임피던스 접지평면에 연결된 것을 보이고 있다. 특히 높은 주파수에서는 이러한 접지선은 1인치의 길이라도 짧게 해야 한다. 낮은 주파수에서는 다점접지를 피해야 한다. 그것은 각 회로의 접지전류가 공용 접지임피던스 즉, 접지평면을 통하여 흐르기 때문이다.

높은 주파수에서 접지평면을 실버플레이트로 표면처리하면 접지임피던스를 감소시킬 수 있다. 접지평면의 두께를 증가시키는 것은 효과가 없다. 그것은 전류가 표피효과로 표면에만 흐르기 때문이다.

일반적으로 1MHz이하에서는 1점접지가 유리하고, 10MHz이상에서는 다점접지가 최선이다. 그리고 1에서 10MHz사이에서는 1점접지가 보통 사용되나 접지선의 길이는 파장의 1/20이하가 되어야 한다. 만일 이보다 더 길어지면 다점접지를 사용해야 한다.

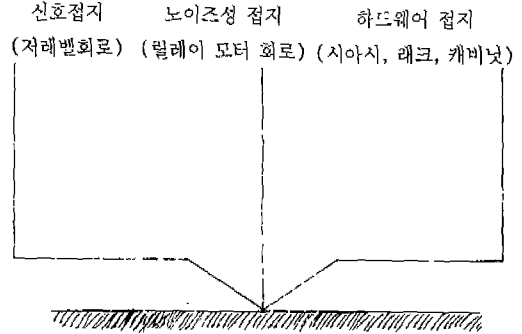


<그림 3-8> 10MHz 이상의 주파수에서는 다점접지가 유리, 다만, 임피던스  $R_1-R_3$ ,  $L_1-L_3$ 는 최소화할 것

### 6. 저주파수 접지의 실제

저주파수에 있어서 가장 실제적인 접지시스템은 직렬과 병렬을 조합한 일점접지이다. 이러한 조합은 전기적인 노이즈기준과 배선의 복잡성을 피하도록 목표를 설정한다. 이러한 요소들을 성공적으로 조화시키는 비결은 구름접지선의 선택이다. 이것은 큰 폭으로 변하는 파워나 노이즈 레벨의 회로들이 같은 접지회선을 공용치 않도록 하는 것이다. 즉 저레벨과 고레벨의 회로는 따로 접지회선을 공용케 하는 것이다.

그림 3-9에서와 같이 저주파기에서는 세가지 등급의 접지회선을 사용한다. 첫째는 저레벨의 전자회로의 신호접지이며 둘째는 릴레이나 모터와 같은 노이즈성 회로와 분리된다. 세번째는 하드웨어 즉 기기외함, 시아시 또는 레크에 대한 접지가 된다. 만일 AC전원이 있다면 전원의 접지(녹색선)는 하드웨어 접지에 연결된다. 세가지로 분리된 접지회선은 일점접지로 되어야 한다. 이러한 기본적인 접지구성은 모든 기기의 접지문제를 크게 최소화시킨다.

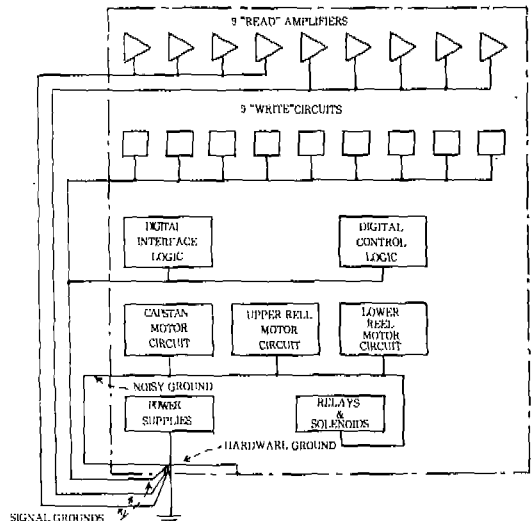


\* AC POWER GROUND CONNECTED TO HARDWARE GROUND WHEN REQUIRED

<그림3-9> 노이즈 결함방지를 위한 3등급 분리접지 결선

한가지 예로서 그림3-10에 9-트랙 디지털 테이프녹음기에 대한 접지적용이 나타나 있다. 여기에도 3가지 신호접지선이 있다. 하나는 노이즈성 접지, 다음은 하드웨어접지이고 세번째는 가장 예민한 회로인 9개의 리드(READ) 앰프로서 2개의 분리된 접지회선으로 접지되었다. 5개의 앰프와 4개의 암프가 따로 결선되었다.

9개의 라이트(WRITE) 앰프는 리드 앰프보다 높은 레벨에서 운영되므로 신호연계나 제어회로는 3번째 접지회선에 연결된다. 3개의 DC모터와 그의 제



<그림3-10> 9-트랙 디지털 녹음기의 접지시스템

어회로, 릴레이 및 솔레노이드 등은 노이즈성 접지에 연결된다. 이 중에서 캡스턴 모터제어회로는 가장 예민하므로 접지점 가까운 곳에 연결한다. 신호접지, 노이즈성 접지 및 하드웨어 접지는 하나의 전원 공급이므로 전원측에서 같이 연결되어야 한다. 기기의 각 부분을 설계할 때에는 그림 3-10과 같은 도면이 적절한 접지회로 구성을 결정하는데 매우 유용하다.

### 7. 하드웨어 접지

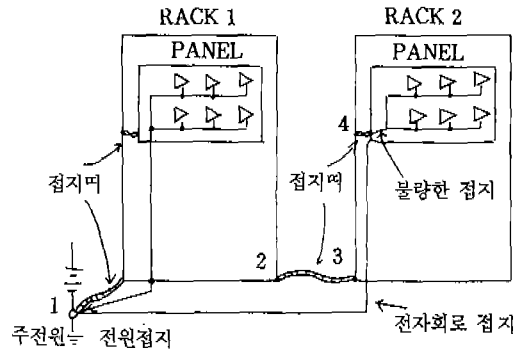
큰 시스템의 전자회로는 릴레이 랙(RACK)나 캐비닛에 설치하게 되며 랙과 캐비닛은 보안접지를 하게 된다. 전자기계식 교환국과 같은 시스템에서는 랙이 릴레이 스위칭회로의 귀로로서 사용되고 있다. 랙접지는 이따금 큰 노이즈성 회로가 되며 이것은 연결부분에서나 랙의 심(SEAM) 또는 설합형 인출장치에서 높은 저항으로 나타날 때가 있다. 그림 3-11은 2개의 릴레이 랙이 있는 패널 위에 설치된 전자기기 시스템을 보이고 있다. 왼쪽의 랙 #1은 양호한 접지방법이다. 패널은 랙과 동쪽으로 연결되어 잘 접지되었고 랙간은 서로 동쪽으로 연결되어 전원측 접지에 연결되었다. 전자회로의 접지는 패널이나 랙에 접촉되지 않았다. 이렇게 하면 랙에서의 노이즈전류가 전자회로의 접지를 통하여 흐르지 않게 된다. 그러나 높은 주파수에서는 약간의 랙 노이즈 전류가 랙과 전자회로간에 정전용량으로 인하여 전자회로접지로 흐를 때가 있다. 따라서 이 정전용량은 최대한 줄어야 한다.

랙 #2는 불량한 접지예이다. 랙의 노이즈전류가 전자회로접지로 흐르게 되고, 점 1, 2, 3, 4, 1을 통한 접지 루프가 형성된다.

만일 랙나 패널의 접지가 문제점이 있으면 제거하고 다른 접지가 없는가 확인하고 새로이 확실한 접지를 시공한다.

또한 설합형 인출장치나 정첩과 같은 것이 주된 접지선으로 이용되지 않아야 한다.

용접이나 납땀과 같은 밀착된 하드웨어접지는 나사나 볼트연결보다 좋다. 그러나 다른 종류의 금속



<그림3-11> 랙내 전자회로의 분리접지, RACK1은 양호, RACK2는 불량

은 연결할 때는 전식에 유의해야 하고 전식전압으로 인한 장애가 없어야 한다. 부적합한 접지는 처음에는 잘 동작되나 후에 원인불명인 문제의 근원이 된다. 시아시와 같이 전기적인 결선이 금속표면으로 이루어졌다면 그 금속은 전식으로부터 보호되어야 한다.

예를 들면 비도전성 음극처리 대신 도전성인 알루미늄이나 크롬 처리된 알루미늄을 사용했을 때이다. 만일 시아시가 접지평면으로 사용되면 심(SEAM)이나 접속부나 뚜껑 등에 깊은 주의가 필요하다.

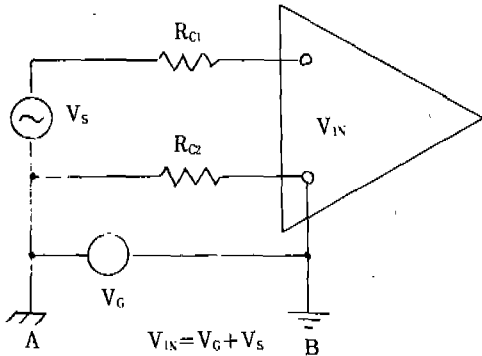
### 8. 회로상의 일점접지 기준점

2점접지는 등전위가 되기 어렵기 때문에 1점접지 이상의 회로에서는 접지전압 차이가 회로에 결합된다. 이 상태가 그림 3-12에 설명되어 있다. 신호원은 A점에서 접지되었고 앰프는 B점에서 접지되었다. 여기에서 앰프는 보통 부하로서 취급된다.  $V_G$ 는 A, B점간에 접지전위차가 된다. 그림3-12에서 앰프에 입력 전압은  $V_S + V_G$ 가 되고, 노이즈를 감소시키려면 한 쪽 접지는 제거되어야 한다.

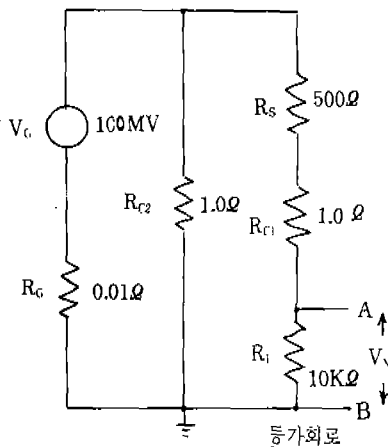
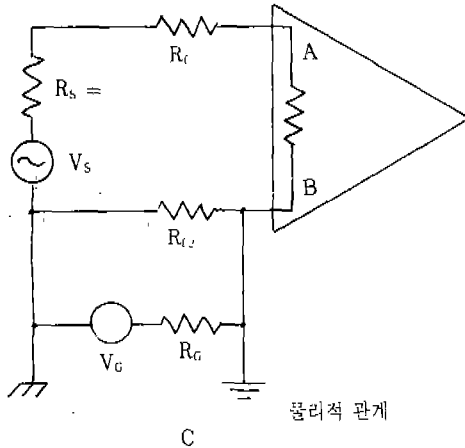
접지로부터 신호원을 분리하는 효과는 저레벨의 트랜스듀서가 앰프에 연결된 것과 같이 생각할 수 있다(그림3-13참조).

앰프입력측이 접지되었다면 신호원과 앰프단자의 노이즈 전압  $V_N$ 은  $R_G \ll R_S + R_C + R_L$  일때

$$V_N = \left[ \frac{R_L}{R_L + R_C + R_S} \right] \left[ \frac{R_G}{R_G + R_G} \right] V_G \dots (3-6)$$



<그림3-12> 2점접지시 노이즈 전압이 앰프에 결합됨  
 $R_{C1} R_S = 500\Omega$



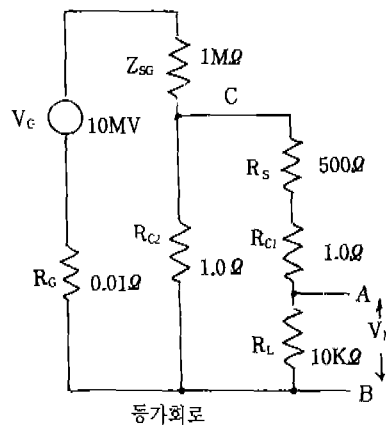
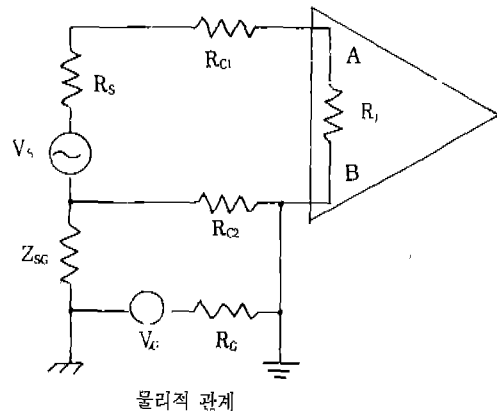
<그림3-13> 2점 접지, 대부분의 접지 전위차는 부하측에 노이즈로 나타남

[예제1] 접지전위가 100mV이고 접지전류 10A가 0.01Ω의 접지저항을 흐르고 있을 때,  $R_S = 500\Omega$ ,  $R_{C1} = R_{C2} = 1\Omega$ 이고,  $R_L = 10K\Omega$ 이면 앰프단자의 노이즈 전압은 95mV가 되고 100mV의 접지전위는 거의 앰프로 결합된다.

신호원은 그림3-14와 같이  $Z_{SG}$ 라는 임피던스를 연결하여 접지와 절연할 수가 있다. 이상적으로는  $Z_{SG}$ 가 무한대이면 좋으나 누설저항과 정전용량으로 어떤 큰 값을 갖는다.

$R_{C2} \ll R_S + R_{C1} + R_L$  이고  $Z_{SG} \gg R_{C2} + R_G$  일때 앰프 단자의 노이즈 전압  $V_N$ 은

$$V_N = \left[ \frac{R_L}{R_L + R_{C1} + R_S} \right] \left[ \frac{R_{C2}}{R_{SG}} \right] V_G \dots\dots (3-7)$$



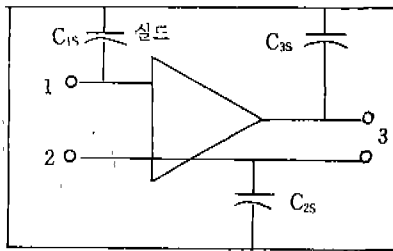
<그림 3-14> 전원과 접지간에 큰 임피던스는 부하측 접지 전위를 대부분 점유하여 노이즈를 감소시킴

만일  $Z_{sc}$ 가 무한대이면 노이즈 전압은 없어지고 만일  $Z_{sc}$ 가  $1m\Omega$ 이고 다른 값은 먼저 예제와 같다면, 앰프단자에 노이즈전압은 식(3-7)에서  $0.095\mu$  V밖에 안된다.

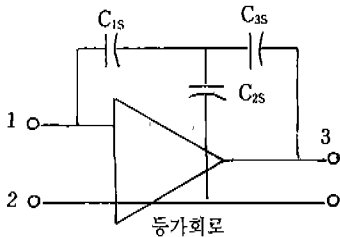
이것은 전원측이 접지된 먼저 경우보다 120dB로 감소가 된 것이다.

9. 앰프의 실드

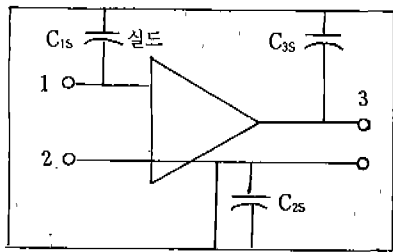
고감도의 앰프는 이따금 금속실드안에 넣어서 전계로부터 보호한다. 그러면 실드는 어디에서 접지할 것인가 의문이 생긴다. 그림 3-15는 앰프와 실드간에 정전용량을 나타내고 있으며 등가회로에서 표유 정전용량  $C_{35}$ 과  $C_{15}$ 가 출력과 입력간에 피드백 회로를 구성해 주고 있다.



물리적 관계



등가회로



실드는 공용단자에 연결

<그림 3-15> 앰프실드는 공용단자에 연결

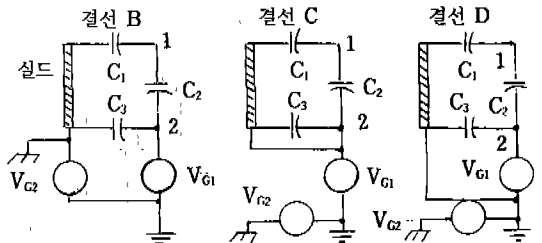
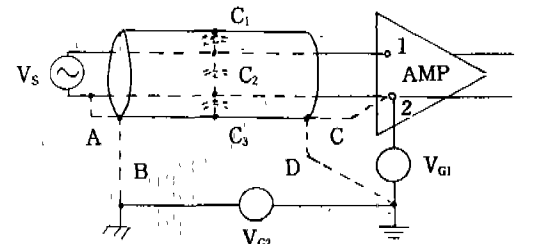
만일 이 피드백이 제거되지 않으면 앰프는 발진한다. 불필요한 피드백경로를 제거하는 단 하나의 실드결선은 그림 3-15에 나타나 있다. 실드는 앰프의 공용단자(Common Terminal)에 연결한다. 이것은  $C_{25}$ 를 단락시킴으로써 발진이 제거된다. 이 실드는 공용선이 접지되지 않아도 연결되어야 한다.

10. 케이블 실드의 접지

저주파수에 사용되는 케이블의 실드는 신호회선이 일점접지일때에는 편단접지를 해야 한다. 만일 실드가 일점이상에서 접지되면 노이즈전류가 흐른다.

실드연선(Shielded Twisted Pair)에 있어서는 실드전류가 신호케이블에 불균일한 전압을 결합시킴으로써 노이즈원이 된다.

동축케이블에 있어서는 실드전류가 실드저항에 의한 IR전압강하로 노이즈전압이 발생한다(그림 2-20참조).



$$V_{12} = \frac{C_1}{C_1+C_2} (V_{G2} + V_{G1}) \quad V_{12} = 0 \quad V_{12} = \frac{C_1}{C_1+C_2} V_{G1}$$

<그림 3-16> 앰프측 접지시 실드결선(C가 최선) 실드는 앰프 공용단자에 연결

그러나 이때 실드를 편단접지를 해야 한다면 그 지점은 어디인가?

그림 3-16의 그림에는 앰프와 전원측이 비접지된 입력신호선이 나타나 있다.  $V_{G1}$ 은 앰프의 공용단

자의 대지에 대한 전위를  $V_{G2}$ 는 두 접지점간에 전위차를 나타내고 있다.

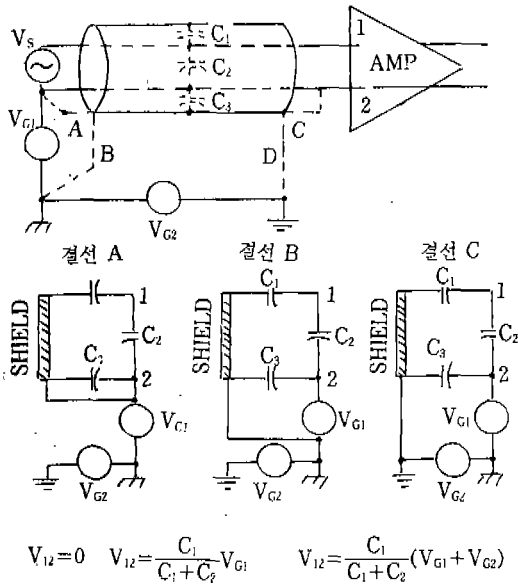
실드가 편단접지이므로 입력선과 실드간에 정전용량은 노이즈결합을 가져온다. 입력실드는 4개의 지점중 하나를 연결시켜야 한다. 결선A는 분명히 바람직하지 못하다. 그것은 실드노이즈전류가 신호선 한쪽으로 흐르기 때문이다.

이 노이즈전류는 신호선의 임피던스를 통해 흐르게 되고 신호와 직렬로 노이즈 전압을 발생한다.

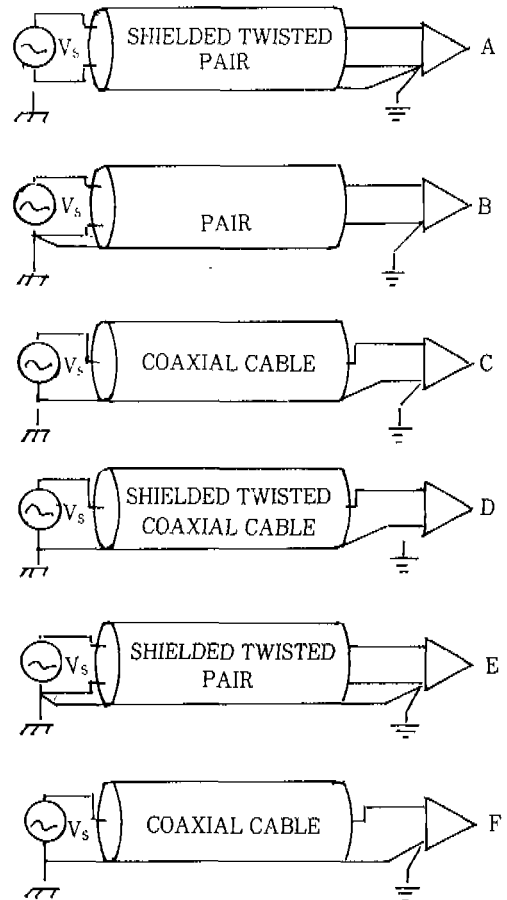
3개의 아래 그림은 결선 B, C 및 D에 대한 등가 회로이다. 앰프입력단자(점 1과 2)간에 생기는 추가적인 전압은 노이즈전압이다. B에 접지하는 것은  $V_{G2}$ 와  $V_{G1}$ 를 합친 전압이  $C_1$ 과  $C_2$ 에 의한 용량분담 비율로 앰프입력단자에 전압이 발생한다. 결선 C는  $V_{G1}$ 과  $V_{G2}$ 의 값에 관계없이 노이즈전압  $V_{12}$ 이 없다. 결선 D에서는, 앰프입력단자에  $V_{G1}$ 에 대한  $C_1$ 과  $C_2$ 의 용량분담비율로 전압이 발생한다. 노이즈 전압  $V_{12}$ 를 막는 길은 C결선뿐이다. 따라서 전원이 비접지이고 앰프가 접지된 회로에 있어서는 입력측실드와 앰프의 공용단자는 항상 연결해야 하며 공용점이 비접지일 때에도 적용된다.

이번에는 비접지된 앰프가 접지된 전원에 연결되었을 경우가 그림 3-17에 나타나 있다.  $V_{G1}$ 은 실제적인 접지지점상에 나타난 전원축의 공용단자의 전위이다. 4가지 결선방법이 있으며 보이는대로 결선 A만이 앰프입력단자에 노이즈 전압이 발생되지 않는다.

따라서 접지된 전원과 비접지된 앰프에 있어서는 실드입력측이 전원의 공용 단자와 연결되어야 하며 이는 공용점에 접지되지 않아도 적용된다.



<그림 3-17> 전원축 접지시 실드결선(A가 최선) 실드는 전원 공용단자에 연결



<그림3-18> 저주파수 케이블의 선택할만한 접지방식

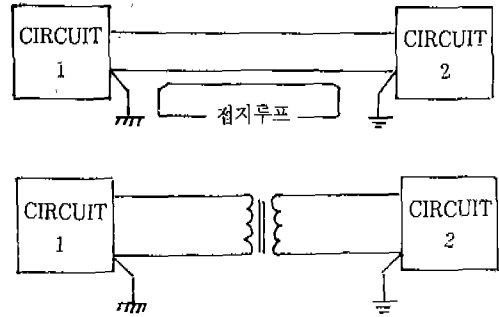


저주파수실드 접지방식으로서 실드연선이나 동축 케이블에 선택할만한 것이 그림 3-18에 나와 있다. 회로 A에서 D까지는 양단접지가 아닌 앰프나 전원 축의 편단 접지이다.

신호회로가 양단에서 접지되면, 노이즈는 감소되지만 양단의 대지전위차와 접지루프의 자체 감응으로 영향을 받는다.

신호회선의 양단을 접지할 경우에 선택할만한 접지구성이 그림 3-18의 회로 E와 F에 나타나 있다. 회로 F를 보면 동축케이블의 실드 양단에 접지를 시킴으로써 중심도체보다 저임피던스인 실드를 통하여 접지루프 전류가 흐르도록 한 것이다.

만일 추가로 노이즈를 줄이려면 접지루프는 분리되어야 하며 이를 위해 절연변압기, 광결합 또는 차동앰프를 사용하게 된다. 그림 3-18에 여러가지 구



<그림 3-19> 접지루프를 절연 변압기로 분리 가능

성이 나타나 있다. 특성상의 지수는 지난호의 제2장 그림 2-22와 2-23에 나타난 전자기 결합 실험결과를 참고하기 바란다.

<다음호에 계속……>

# 여직원이 타준 커피 한잔 3,134원

## 삼성전자 조사 회사원 인건비 초당 평균 5.1원

회사원들의 초당 인건비는 5.1원이며 여사원이 타주는 커피를 한잔 마실때 드는 총비용은 3천1백34원으로 계산됐다.

삼성전자가 최근 비용인식을 통한 업무효율화를 추진하기 위해 분석한 보고서 '시간에도 절이 있다.'에 따르면 인건비는 초당 5.1원으로 밝혀졌다.

이에 따라 여사원이 타준 커피 한잔을 마실 경우 드는 총 비용은 커피믹스 44원, 종이컵 한개 17원, 생수 한잔 13원의 재료비를 포함해 여사원이 커피를 타는데

드는 시간을 5분으로 보고 이에 들어간 인건비 1천5백30원, 그리고 커피를 마시는 5분 동안의 인건비 1천5백30원을 합해 3천1백34원으로 계산됐다.

시외전화 한 통화를 하는데 투입되는 총비용은 1통화당 평균 전화요금 5백29원이다 3분에 대한 전화 사용자의 인건비를 포함해 1천4백47원이었다.

또 종이 1장을 복사하는데 복사지 A4용지를 기준으로 종이값 4원에다 복사기에 원본을 넣고 커피를 마시는 시간 5초, 기능 선택시간

5초, 복사시간 5초, 원본 및 사본을 꺼내는 시간 5초 등 모두 20초에 소요되는 비용 1백2원, 복사수수료 11원을 포함해 1백17원이었다.

특히 화장실에 가서 머무는 시간을 하루 30분으로 볼 때 여기에 드는 인건비는 9천1백80원이었으며 평균 종이타일 사용비용 3백10원과 수도사용비 3천원을 포함, 9천4백93원이 한 사람이 하루에 화장실에서 버리는 비용으로 계산됐다.