

민감한 전자기기에 대한 노이즈 대책

○은갑구, 한영석 ; *에이스기술단
정일교, 조우진 ; 명지 대학교

Elimination of Noise in Sensitive Electronics Equipment

Kap-Koo Yoon, Young-Suk Han; ACE Engineering, Inc.
Il-Kyo Jeong, Woo-Jin Cho; Myong Ji University

I. 서론

최근 반도체 기술의 발전에 따라 점차 보급이 확대되고 있는 전기, 전자기기들은 일반적으로 노이즈(Noise)에 대해서 민감한 영향을 받는다.

특히 발, 변전소와 대형공장 및 대형빌딩등에는 노이즈 발생이 빈번해서 기기의 손상이나 오동작이 초래되고 있으므로 이에대한 대책이 요망되고 있다.

따라서 본 논문에서는 이러한 노이즈의 발생 원인과 그에 대한 영향 및 그 경감대책에 대해서 고찰해 보기도 한다.

한편 일반적으로 노이즈에 대한 정의나 범위등은 표준화 되어 있지는 않으나 본 논문에서는 표 1과 같이 정의하기도 한다.

표 1 노이즈에 대한 정의

종류	지속시간	파형
순간전압강하	0.07 ~ 2초	
전압스파이크	0.05 ~ 200μ초	
전압서어지	200μ초 ~ 16.7ms	
정기적노이즈	제한없음	

1. 진기적 노이즈

기준 전압에 대한 고조파 간섭 (harmonic interference) 또는 불요주파수 (Spurious frequencies) 이다. 이는 주로 개폐기기, 반도체 스위치, 전자잠속기등의 온, 오프 동작시 발생하며 그 주파수는 수KHz ~ 수십MHz의 범위에 있다.

2. 순간전압강하 (Voltage Sags)

이는 순간적으로 전압이 저하되는 것으로 이는 근접기기의 부하변동이나 전력계통의 고장, 전력공급 지역내의 대규모 부하변동, 전력공급 설비분량등이 주원인이며 0.07~2초 동안 지속되는 것이다.

3. 전압스파이크 (Voltage Spike or Transient)

1×10^{-3} 초 정도로 대단히 짧은 시간동안 지속되는 임펄스 (Impulse)로서 정상상태 전압의 1,000배 정도를 초과할수 있다. 이는 낙뢰, 전력회로망의 개폐, 근접기기의 부하변동등으로 발생하며 0.5 ~ 200 μs 동안 지속된다.

4. 전압 서어지 (Voltage Surge)

장시간 계속되는 돌발적인 전압상승이며 전압스파이크와 같이 낙뢰 (유도뢰), 송배전 계통의 개폐, 대용량 부하의 개폐등으로 발생하며 16.7ms까지 지속된다.

한편 본 논문에서는 이상의 모든 것들을 노이즈의 범위에 포함시켜서 고찰하기도 한다

II. Noise 의 발생원인

1. 전자유도에 의한 노이즈

그림 1과 같이 전력선에 전류가 흐르고 있으면 그 주위에 자계가 발생하게 되고 이에 의해서 근처에 있는 전자기기의 신호선에 의해 이루어지는 페루프에 전압이 유기되는데 유도전압은 전류의 주파수 및 전자기기의 신호선에 의한 페루프의 면적에 비례하고 자계 발생원리 페루프의 거리에 반비례 한다. 즉 전자기기의 신호선과 전력선이 병행할 경우 유도전압은

$$|V_m| = 0.4 \pi f \cdot k \cdot \frac{h}{D} SI \times 10^{-3} [mV]$$

V_m : 전자 유도 전압

f : 상용 주파수

k : 신호선 정수

- L : 평행 배선 길이[m]
 - D : 전자기기 신호선과 전력선의 거리[mm]
 - I : 전력선에 흐르는 전류
 - S : 신호선간의 거리[mm]
- 과 같이 표시된다.

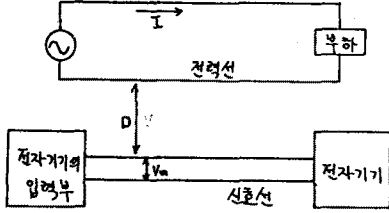


그림 1 전자유도에 의한 전력전으로 부터의 노이즈 발생

2. 정전 유도에 의한 노이즈

전력선과 전자기기의 신호선이 그림 2에서 처럼 정전용량으로 결합되어 있으면 전자기기의 신호선에 전압이 발생한다.

이때 전력선과 전자기기의 신호선이 평행일 때에 정전유도 전압 Vs는 다음과 같다.

$$|Vs| = 2\pi f \cdot k \cdot C \cdot L \cdot Rl \cdot V \times 10^{-4} \text{ [mV]}$$

- 이때, Vs : 정전 유도 전압
- C : 등가 결합 용량 [$\mu\text{F/m}$]
- Rl : 신호선의 등가 저항[Ω]
- V : 전력선의 전압

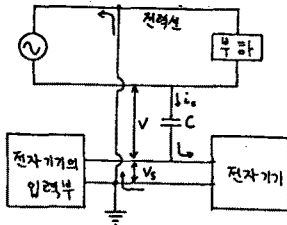


그림 2 정전결합에 의한 노이즈 발생

3. 역기전력에 의한 임펄스성 노이즈

주요 산업용 기기인 모터, 트랜스, 릴레이, 전자개폐기등의 유도성 부하차단시에 $-L di/dt$ 에 의한 역기전력에 의해서 스파크성 노이즈가 발생하는데 이때 전압의 최고치가 1000V 이상이며 주파수 성분도 수백 KHz에서 수십 MHz 이상의 넓은 범위의 주파수 대역을 갖는 노이즈가 모터, 트랜스, 솔레노이드, 전자개폐기등의 유도성 부하의 접속선에서 발생해서 이것은 전원측이나 또는 각종 전자기기의 입출력을 통해 침입하여 각 전자기기에 영향을 미치게 된다.

4. 아크 (Arc)성 노이즈

릴레이, 전자접속기, 전자개폐기, 푸쉬버튼스위치, 램프스위치등의 기기에서 부하를 접점으로 개폐할 때에 접점간의 아크 (Arc)에 의해서 전파성 (電波性) 노이즈가 발생하게 되며 이는 부하전압과 전류의 크기에 비례하고 차단시간이 길수록 크다.

5. 전원측으로 부터의 노이즈

전원측에서의 노이즈는 크게 순간전압강하와 파형의 왜곡으로 구분할 수가 있다.

5-1. 순간전압강하

전력계통에는 낙뢰등의 천재지변과 전력설비등의 노화에 의해서 전기사고가 불가피하다. 이와같이 사고 발생시에 고장을 제거하는 동안에는 계통이 단락 또는 접지된 상태로 되어 고장 전류가 흐르게 되고 이에 따라서 순간전압강하등의 전압외란이 발생한다.

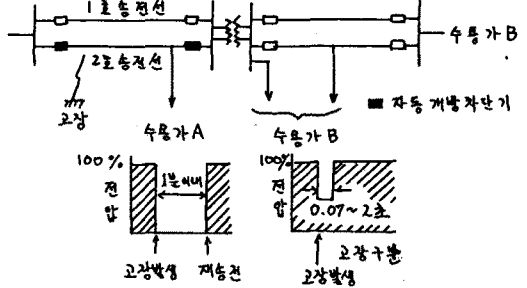


그림 3 고장점과 정전 및 순간전압강하 현형

5.2 파형의 왜곡

전원측에서 사이리스터(Thyristor) 등에 의해서 위상제어를 하든지 또는 인버터, 서보, 스포트 용접기등의 기기에 의해서 파형이 일그러진다

III. Noise 대책

1. 연선 및 실드선의 사용

앞서 살펴본 대로 전자유도 전압은

$$|Vm| = 0.4 \pi f \cdot k \cdot \frac{L}{D} SI \times 10^{-3} \text{ [mV]}$$

와 같이 나타난다.

이때 신호선 정수 k는 연선일 경우가 약 0.1 정도이고 연선이 아닌 경우는 1로 본다.

따라서 각 전자기기 입출력부의 신호선을 연선으로 사용하면 약 1/10 정도 감쇄시킬 수가 있다.

한편 정전유도전압 Vs는 다음과 같다.

$$|Vs| = 2\pi f \cdot k \cdot C \cdot L \cdot Rl \cdot V \times 10^{-4} \text{ [mV]}$$

이때 신호선 정수 k는 실드한 경우에

0.05 이고 실드를 하지 않은 경우는 1이므로 실드선을 사용할 경우에 정전유도에 의한 노이즈를 약 1/20정도 감소 할 수 있다.

한편 자기유도에 대해서 실드의 효과를 표 2 에 나타내었다.

표 2 자기유도에 대한 실드의 효과

실드 재료	감소비	감쇠효과
실드 없음	—	0 dB
외경 1/2 황동관	1 : 1	0 dB
외경 1/2 알루미늄관	1 : 1	0 dB
외경 1/2 동관	1 : 1	0 dB
외경 1 스틸콘킷	138 : 1	42.8 dB

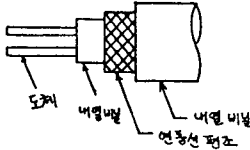


그림 4 실드부 보상도선의 예

2. 트위스트 페어 케이블의 사용

트위스트 페어 케이블은 일반적으로 전자유도에 의한 노이즈를 줄이는데 사용한다. 이때 주의할 점은 신호선끼리 할 경우 상호인덕션의 원인이 될수 있으므로 그림 5와 같이 반드시 기준전위에 대해서 꼬아 주어야 한다.

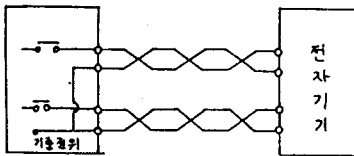


그림 5 트위스트 페어의 적용에

3. AC 전원을 전자기기의 전원으로 사용할 경우

AC 전원을 입력전원으로 이용할 경우, 즉 AC 100V, AC 220V 상용전원을 트랜스를 기치지 않고 그대로 사용하면 외래서지 (Surge)가 침입하기 쉽다. 그러므로 상용전원을 사용할 경우에는 절연트랜스 (Isolation Transformer)를 사용하는 것이 노이즈를 줄일수 있는 방법이다. 또 한가지는 다른 기기들과 동일 전원계통이 되므로 모터, 슬레노이드등에서 발생한 노이즈가 도선을 통해서 침입하게 되는데 이 경우는 노이즈의 발생원인이 되는 부하와 각종 전자기기등을 각각 다른 전원계통으로 함으로써 노이즈를 줄일수 있다.

4. DC 전원을 전자기기의 전원으로 사용할 경우

각종 전자기기의 DC 전원이 디지털 입력인 경우에는 반드시 절연된 전원을 사용하여야 외래서지의 영향을 줄일 수가 있다. 한편 동일전원으로 L성분의 부하를 구동할 경우에는 다이오드등에 의해서 노이즈를 흡수해야 한다 만일 그렇지 않을 경우에 각 기기의 입력부에서의 오입력 뿐만아니라 DC 전원부의 고장원인도 된다.

5. 서지킬러 (Surge-killer) 의 사용

L 성분의 부하가 각종 전자기기와 병렬로 접속되어 있는 경우, 즉 그림 6에서 처럼 하나의 입력기기로 전자기기의 입력과 병렬로 L 성분의 부하를 개폐할 경우에는 L 성분 부하로부터 노이즈가 발생하여 각종 기기의 전원부나 입력부로 들어오게 되므로 그림 6에서 처럼 L 성분의 부하와 병렬로 서지킬러 (Surge-killer) 를 접속해서 노이즈를 감쇠시킬수 있다.

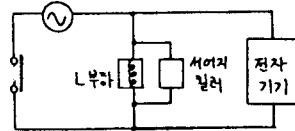


그림 6 서지킬러의 적용에

6. 접지 (Ground)

각종 전자기기의 정상적인 동작을 확보하기 위해서는 신호용 접지나 라인필터용 접지등 특별한 접지를 시공해야 한다. 특히 각종 전산관련기기들은 노이즈를 극소화 할 필요가 있는데 따라서 전산관련기기등일 경우에는 이를 위한 독립접지의 필요성이 요구된다. 일반적으로 마이크로프로세서의 동작전압은 5~12V 정도로 낮은 편이고 클럭 (Clock)주파수도 퍼스날컴퓨터 정도이면 1~7MHz, 중형정도의 기준이면 10~30MHz 정도이므로 미소 노이즈전압에도 장애가 발생하기가 쉽다. 따라서 이러한 고주파에 의한 장애를 경감시키기 위해서 그림 7에서와 같은 접지시스템을 고려한다. 즉 어떠한 바닥면에 설치되어 있는 전산관련기기의 접지를 그 바닥의 기준 접지극에 접속하여 전위의 기준점을 마련하는 것이다. 이러한 기준접지극은 접속부분의 저항이 50Ω 이하의 전기적 양도체를 사용하여야 한다. 그리고 이러한 기준접지를 마련함으로써 접지 임피던스를 그림 8에서처럼 저감시킬수 있다.

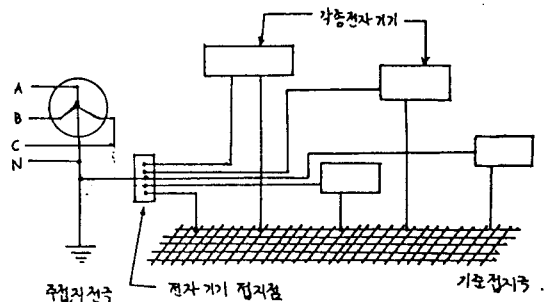


그림 7 전산관련기기 접지시스템의 예

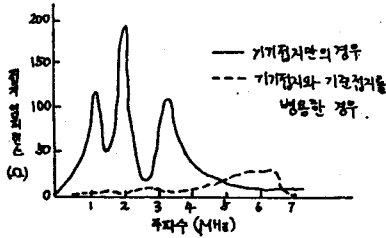


그림 8 기준접지에 의한 접지임피던스 저감 효과

그리고 접지를 할때에 주의해야 할 점은 그림 9에서 처럼 2점 접지가 되게 되면 접지전위차에 의해서 루프(Loop) 전류가 흐르게 되어 오동작을 일으킬수가 있으므로 주의해야 한다. 비록 1점 접지라도 전자기기의 입출력기기와 기기 본체간의 절연을 할수 없든지 혹은 루프전류에 의해서도 노이즈가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

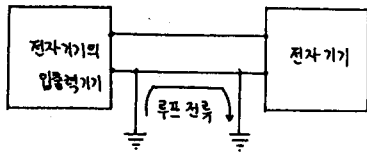


그림 9 2점접지의 예

7. 로우패스 필터(Low Pass Filter)의 적용
 각종 전자기기의 입력부와 각종 DC전원공급기(Power Supply)등의 앞단에는 그림 10 과 같은 RC 혹은 LC등의 로우패스 필터를 삽입하여야 한다. 이때 로우패스 필터는 충분한 전류용량의 것을 사용하지 않으면 효과가 없다. 그리고 로우패스 필터의 1차측 선은 그림에서 처럼 트위스트 페어를 사용하고 가능한한 짧게 하는 것이 효과적이다.

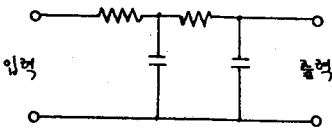


그림 10 RC 로우패스 필터의 예

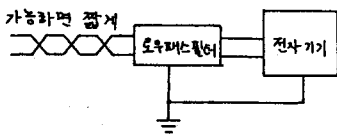


그림 11 로우패스 필터를 채용한 일예

V. 결론

노이즈 대책은 그의 발생원인과 피해기기의 조건에 따라 1)연선 및 실드선의 사용, 2)트위스트 페어 케이블의 사용, 3)AC전원의 경우 절연트랜스 또는 독립전원 사용, 4)DC전원의 경우 절연된 전원 또는 노이즈 흡수 다이오드 사용, 5)서지킬러의 사용, 6)접지 7)로우패스 필터등을 적절히선택 적용하거나 겸용토록 한다.

다만, 노이즈의 범위가 광범위하고 다양하기 때문에 공통된 최신의 방법을 제시하기는 어렵고 민감한 전자기기의 설치장소와 설치조건에 따라 또 환경의 변화에 따라 구체적인 대책을 강구할 필요가 있겠다.

참고 문헌

- (1) 용우기, 변종달, 윤갑구의 4 : "배전개통의 순간전압강하 대책에 관한 연구(KRC-85S-T04)", 한국기술연구원, 86.10
- (2) ANSI/IEEE Std 80-1986 : "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding".
- (3) 윤갑구 : "민감한 전자기기에 전압외란의 영향률 최소화하기 위한 조사연구", 한양대학교, 86. 6
- (4) "프렌트의 컴퓨터 제어시스템 기술조사 연구보고서 (86-FE-2)", 한국건설 기술연구원, 86. 2
- (5) "PC活用 테크닉", 電氣書院, 85. 3
- (6) IEEE Tutorial Course (1977) Energy Control Center Design, Course Text 77TU001-S-PWR
- (7) 이종근, 백영기 : "방. 변전소 저압제어회로의 과도 서지발생 원인 및 저감 대책에 관한 검토, 한전발전처, 83.10
- (8) Thomas J. Harrison, "Handbook of Industrial Control Computers." John Wiley & Sons, Inc., 72
- (9) ANSI/IEEE Std 640-1985 : "Guide for Power Station Noise Control"
- (10) 권태영, 박수건, 황재영 : "PC적용 연구", 한전한강수력발전처, 86.12
- (11) 윤갑구, 정일교 : "전력설비의 자동화", 에이스기술단, 87.1
- (12) 이규선, 윤갑구 : "전력산업 제어용 전산기 현황", 한전발전처, 83. 5