

인텔리전트 빌딩의 電源設備 노이즈

柳 光 熙

〈正林綜合建築 機電擔當理事〉

1. 概 要

인텔리전트 빌딩에는 BA, OA, 通信機器 等 (이하 情報器機라 한다)이 全層에 걸쳐 설치되는데, 이들 정보기기는 機器자체에서 情報를 처리하거나 機器간에 情報를 주고 받아서 이를 처리하며, 이와 같은 情報信號를 Signal이라 하고, 目的으로 하지 않는 信號는 모두 雜音 (Noise)라 한다.

현재의 이들 情報機器는 대부분 半導體 집적 회로(IC)化되어 Signal이 低電壓으로 처리되므로, Signal 회로나 電源回路에 노이즈가 침입하면 매우 민감하게 반응하여 System이 不安定해지거나 誤動作하게 되고 경우에 따라서는 데이터가 파손되기도 한다.

따라서 인텔리전트 빌딩의 電壓은 가급적 良質의 전원 즉, 周波數, 波形, 電壓 等이 安定되어야 하며, 회로에서 노이즈가 發生하거나, 混入되지 않도록 배려 할 필요가 있으므로, 여기서는 電源部의 노이즈와 그 대책에 관하여 다루기로 한다.

2. 電源部의 노이즈

2.1 분포용량 Reactance에 의한 영향

그림 1.1과 같이 電源用 變壓器에 어떤 負荷를 接續하여 사용 할 경우, 變壓器의 2차측에는 대부분의 경우 “전기설비 기술기준에 관한 규칙”에 의하여 제 2 종 접지공사가 시행되어 있으므로, 變壓器의 2차측은 大地와 電氣的으로 直接 接續되어 있으며, 한편, 機器側에서는

機器의 捲線과 大地간에 존재하는 數 100(pF)의 靜電容量에 의해 大地와 電氣的으로 接續되어 있다.

$$\text{靜電容量에 의한 리액턴스 } X_c = \frac{1}{2\pi f \times C} \quad (\Omega) \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

여기서 f : 전원의 주파수(Hz)

C : 기기의 권선과 大地間的 靜電容量(F)

그림 1.1에서 數 100(pF)의 靜電容量에 의한 용량 리액턴스의 값은, 常用電源의 주파수인 60(Hz)에 대해서는 매우 큰 값을 가지게 되어 電線과 大地간의 電氣的 接續을 무시할 수 있지만, 주파수가 數 10(kHz)이상의 노이즈에 대해서는 60(Hz)의 경우보다 數 1000분의 1以下로 줄어들므로 이를 無視할 수 없게 되어, 機器와 大地간의 分布容量 리액턴스에 의해 노이즈에 대한 閉回路가 구성되므로, 그 分布容量은 노이즈의 통로가 된다.

2.2 노이즈 성분

電源에서 機器측으로 침입하는 노이즈는 그

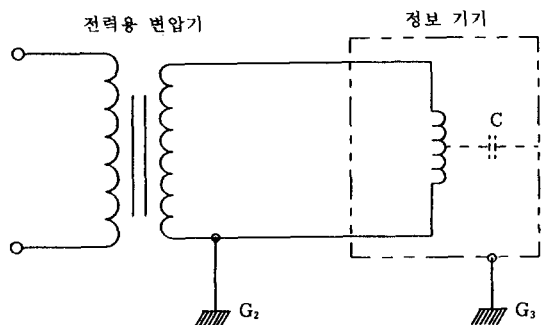
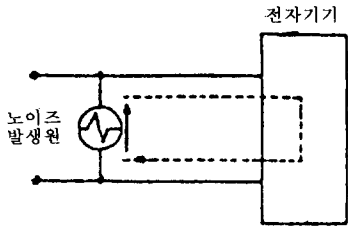
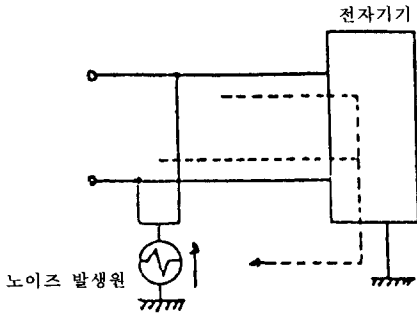


그림 1.1 電源과 接續된 負荷의 보기



(a) 差動成分



(b) 同相成分

그림 1.2 노이즈의 성분

림 1.2와 같이 두가지 성분으로 실리게 되는데, 그 하나는 電源線간에 실리는 差動成分 (Normal Mode라고도 한다)이며, 다른 하나는, 電源線과 接地点간에 실리는 同相成分 (Common Mode라고도 한다)이다.

정보기에 침입하는 노이즈를 경감하기 위해 그림 1.1의 電源線간에 노이즈에 대하여 매우 낮은 임피던스의 값을 주는 콘덴서를 연결하면 그림 1.3과 같이 되는데, 이 경우 노이즈의 差動成分은 이 콘덴서에 의해 줄어들지만 差動成分의 減少值만큼 同相成分이 증가하므로 노이즈電壓全體는 조금도 減少하지 않은 것이 된다. 그 이유는 콘덴서를 連結한 것 만으로는 단지 두 가닥의 전원선과 접지점간에 작용하는 3가지의 임피던스 사이에 分配되는 노이즈電壓의 比率만이 변하기 때문이다.

따라서, 電源線의 노이즈 대책은 電源線 2가닥에 대해서만 생각해서는 안되고, 接地点을 포함하여 생각하여야 한다. 여기서 말하는 接地点이란 電力用 接地工事와는 다른 개념인 情

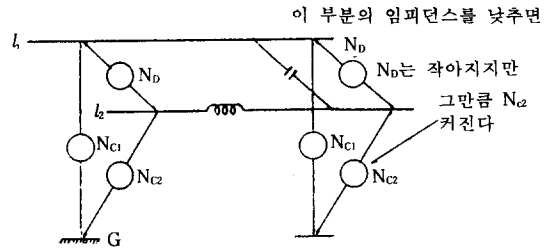
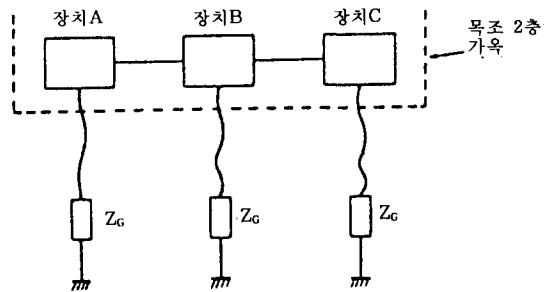
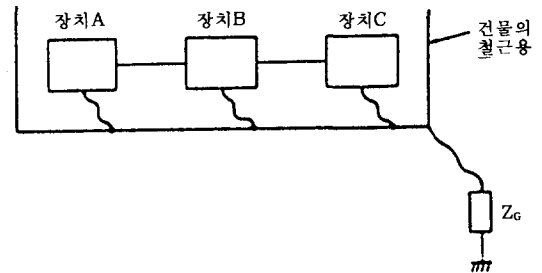


그림 1.3 노이즈의 성분變化



(a) 木造 건물의 보기



(b) 鐵筋Concrete 건물의 보기

그림 1.4 接地点

報機器 사용장소의 바닥이나 벽을 말한다.

어느 機器든지 시스템에서 이 接地点을 어디에서 찾아내는가 노이즈 방지대책의 중요한 열쇠가 되는데 다음에 그 보기를 든다.

[보기 1] 그림 1.4(a)와 같이 木造건물의 2층에 여러대의 정보기기를 설치하고, 地下에 매설된 接地極에서 2층의 機器까지 接地線을 끌고 올 경우, 接地線의 길이가 길어져 노이즈에 대한 接地線의 임피던스가 커지며, 만약 獨立接地를 하더라도 그들의 對地電位는 각각 달라지게 되므로 機器의 동작이 不安定해 질

우려가 있다. 따라서 이러한 경우에는 機器간의 對地電位가 같아지도록 적절한 조치를 하여야 한다.

[보기 2] 그림 1.4(b)와 같이 鐵筋 콘크리트 건물내에 설치된 정보기기室的 接地点은 그 건물을 둘러싸고 있는 構造體의 鐵筋으로 생각하여야 한다. 그 이유는 室內에 설치된 모든 機器와 大地간의 分布容量은 이들 鐵筋에 대하여 최대의 값을 가지고 있을 것이기 때문이다.

[보기 3] A 機器를 단독으로 운전할 때에는 아무런 문제가 없이 잘 동작하는데, 그 機器를 B 機器에 接續하여 사용하기만 하면 耐雜音性이 低下하는 경우를 흔히 보게 되는데, 이러한 경우 대부분의 사람들은 나중에 접속된 B 機器를 의심하게 된다. 그러나 B 機器를 시스템에서 分離하여 자세히 調査하여 보아도 아무런 결함을 발견하지 못하여 할 수 없이 A 機器를 조사하여도 역시 결함을 발견하지 못하는 경우 매우 당황하게 되는데, 이러한 오동작 원리는 다음과 같다.

그림 1.3과 같이 電源線 I_1 과 I_2 사이의 임피던스가 노이즈에 대하여 낮은 값을 가지면, 그 두 전선은 노이즈에 대하여 마치 하나로 묶여진 것과 같이되어, 그림1.2 노이즈 성분에서 설명한 바와 같이, 그 점에서의 노이즈電壓은 差動成分 V_{ND} 는 줄어들고, 두 電源線과 接地点간에 작용하는 同相成分 V_{NC} 가 늘어난다.

이때 만약 한 쪽의 전선 I_2 가 接地에 대하여 低 임피던스로 되면, 이번에는 I_1 과 I_2 간에 큰 差動成分이 나타난다.

機器에 노이즈의 同相成分이 실린 상태를 나타내면 그림 1.5과 같다. 이때 A 機器를 단독으로 사용하면 그 동안은 同相成分 노이즈의 영향을 받지 않고 잘 동작한다. 그 이유는 A 機器는 同相成分의 노이즈에 실려있는 채로 동작하지만 機器가 Shield된 외함에 들어가 있어 機器는 전체가 노이즈電壓의 영향을 받지 때문이다.

그러나 이 機器를 케이블에 의해 B 機器(이 기기는 電源이 배터리식이고, 接地에 대한 分布容量외에는 接地가 되어있지 않으며, 내부

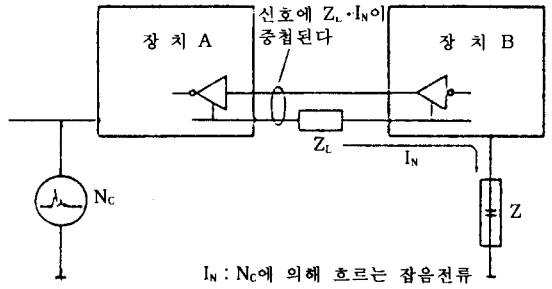


그림 1.5 機器에 혼입된 同相成分의 노이즈

잡음도 없는 것으로 가정한다)에 접속하면 同相成分의 노이즈는 Z_L 과 Z_C 에 의해 分壓되어 A 機器의 입력으로 들어오게 된다. 따라서, 이것을 해결하려면 交流 入力端에서 同相成分의 노이즈를 제거하는 것이 최선의 방법이다.

3. 전원의 노이즈 대책

3.1 수전 설비

3.1.1 피뢰기

피뢰기를 설치하여 낙뢰, 지락, 단락, 스위치의 개폐 등에 의해 발생하는 피크 값이 큰 電源 노이즈를 접지극으로 통과 시킨다.

피뢰기를 설치할 경우 다음의 사항을 고려해야 한다.

- ① 접지 방식, 접지 저항 및 접지선의 규격
- ② 피뢰기 소자의 응답속도, 과전류 내력, 설치 위치
- ③ 전력선과 Signal선의 同時保護 대책

3.1.2 차단기

전력 차단기는 개폐 서지가 적은 것을 사용한다.

일반적으로 진공 차단기(VCB)는 유입 차단기(OCB)보다 개폐 서지가 크므로, 진공 차단기를 설치할 경우는 서지 압소바 등을 사용하여 개폐 서지를 大地로 통과시키거나, 억제시켜야 한다.

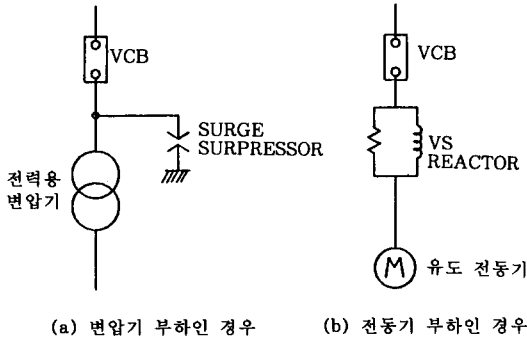


그림 2.1 차단기의 서지 대책

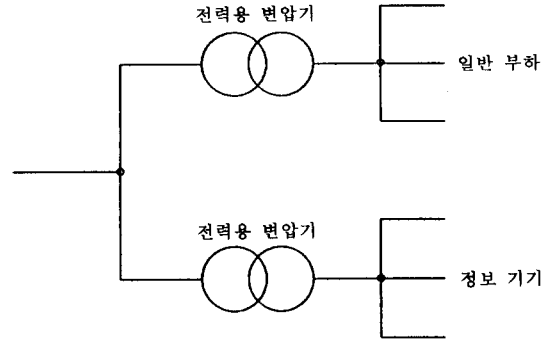


그림 2.2 전력용 변압기와 간선의 구성

3.2 비상전원 설비

3.2.1 자가발전 설비

같은 출력용량일 경우, 過渡 리액턴스가 적고, 短時間 過電流 耐力 및 허용 逆相전류가 큰 것을 선택한다.

3.2.2 無停電 電源 설비

定電壓 定周波數(CVCF) 기능이 있고, 출력의 高調波성분이 적은 無停電 電源設備(UPS)를 확보하여 이를 가급적 負荷의 中心에 설치한다.

3.3 전력용 변압기

정보기기 전원용 변압기를 별도로 설치하고, 변압기의 출력용량은 가급적 여유있게 한다. 그러나 변압기의 출력용량이 증가함에 따라 단락전류값이 커지므로 주의하여야 한다.

3.4 정보기기의 전원용 간선 설비

3.4.1 회로

정보기기용 간선은 별도 회로로 한다.

3.4.2 전선

- ① 도체는 가급적 굵은 것을 사용한다.
- ② 케이블을 사용할 경우는 가급적 多芯 케이블을 사용한다.

③ 버스 덕트를 사용할 경우에는 로우 임피던스형을 사용한다.

3.4.3 管路

幹線은 shield 효과를 얻기 위하여 金屬管路(강제 전선관, 금속 덕트, 커버있는 케이블 Tray 등)내에 배선하고, 관로의 連結部는 電氣的으로 완전하게 Bonding한 후 금속 管路를 접지한다.

3.4.4 배선 경로

간선은 다른 부하용 간선(특히 高周波 전류가 흐르는 전선)과 가급적 거리를 유지시킨다.

3.5 고조파 발생기기

3.5.1 방전등 기구

형광등, 나트륨등, 메탈할라이드등과 같은 방전등용 安定器는 高周波 發生率이 적은 것을 사용한다.

3.5.2 그밖의 고조파 발생기기

고조파 발생률이 큰 정류기, VVVF기기, 승강기 등의 부하는 별도의 간선으로 구성시킨다. 고조파 발생기기의 고조파 발생률의 참고치는 표 2.1과 같다.

표 2.1 고조파 발생기기의 고조파 발생율

종 류	고조파 발생률
정류기, CVCF 등	3상 全波 整流 0.35
	6상 全波 整流 0.20
VVVF방식 가변속도 전동기 등	thyristor 방식
	diode 방식
승 강 기	직류 thyristor reanard 방식
	교류귀환 제어방식
	교류 VVVF 제어 방식

(비고) 1. 고조파 발생률이란, 해당 부하기기에서 발생하는 고조파 전력을 등가역상전력으로 환산한 계수를 말한다.

3.6 유도전동기

3.6.1 기동계급

전동기는 가급적 起動階級이 높고(기동전류가 적은 것) 역률과 효율이 좋은 것을 사용한 다. 한국공업규격에서 정해진 저압 농형 유도 전동기의 기동계급은 표 2.2와 같다.

표 2.2 저압 농형 유도전동기의 기동계급(KS C 4205)

기동 계급	출력 1(kW)당 입력 (kVA)	기동 계급	출력 1(kW)당 입력(kVA)
A	4.2미만	L	12.1이상 13.4미만
B	4.2이상 4.8미만	M	13.4이상 15.0미만
C	4.8이상 5.4미만	N	15.0이상 16.8미만
D	5.4이상 6.0미만	P	16.8이상 18.8미만
E	6.0이상 6.7미만	R	18.8이상 21.5미만
F	6.7이상 7.5미만	S	21.5이상 24.1미만
G	7.5이상 8.4미만	T	24.1이상 26.8미만
H	8.4이상 9.5미만	U	26.8이상 30.0미만
J	9.5이상 10.7미만	V	30.0이상
K	10.7이상 12.1미만		

(비고)

1. 출력 1(kW)당의 기동할 때의 입력(kVA)는,

$$\text{단상의 경우는 } \frac{E \times I_{st}}{1,000 \times \text{정격출력(kW)}}$$

$$\text{3상의 경우는 } \frac{\sqrt{3} E^2 \times I_s'}{1,000 \times E_s' \times \text{정격출력(kW)}}$$

E : 정격전압(V)

I_{s'} : 전부하 전류에 근사한 구속 전류(A)

E_{s'} : I_{s'}에 대한 임피던스 전압(V)

I_{st} : 기동 전류(A)

2. Y-Δ 기동기를 사용하는 단일 속도전동기는 Y결선에 대한 [kW]당의 구속 입력(kVA)에 해당하는 기동계급을 표시한다.

3.6.2 전동기의 기동방법

대용량 유도전동기는 기동전류가 적게되도록 기동방식을 결정한다.

電動機를 停止狀態에서 起動시키면, 定格回轉數에 도달 할 때까지 定格電流보다 큰 電流가 흐르는데, 이와같이 큰 起動電流는 電力系統에 惡影響을 미치게 되므로 가급적 起動電流의 값을 抑制시켜야 할 필요가 있다.

3相 籠型 誘導電動機의 起動方式의 종류는 다음과 같다.

- 1) 直入 起動(Line Start)方式
- 2) Y-Δ(Star Delta) 起動
- 3) Reactor 起動
- 4) 起動 補償器 起動
- 5) Kondorfar 起動
- 6) 특수 Kondorfar 기동
- 7) VVVF 起動

3.7 정보기기의 전원용 분기 회로

3.7.1 전원선

전원선의 電磁誘導를 줄이는 가장 손쉬운 방법은 Signal線에 Twist Pair線을 사용하는 것이다. 그림 2.3에서 노이즈에 의한 磁界가 紙面 밑의 방향으로 垂直으로 관통한다고 假定하면, 오른 나사의 法則에 의하여 A부분에서는 화살표 방향으로 노이즈에 의한 起電力이 발생하고, B부분에서도 화살표 방향으로 起電力이 발생한다.

따라서, 이 두 영역의 起電力은 서로 상쇄되므로, 노이즈에 의한 差動成分의 障害를 防止할 수 있다.

그러나 현실적으로는 노이즈에 의한 磁界가

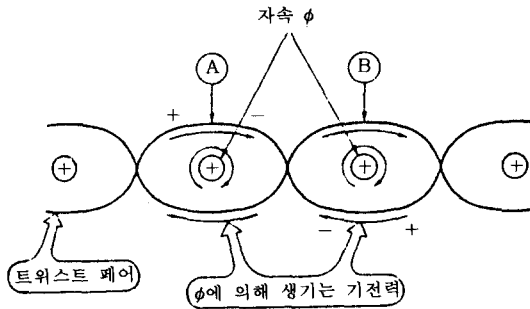


그림 2.3 Twist Pair 선의 노이즈 경감 작용

全區間에 걸쳐 均一하게 分布되지 않아, 두 줄의 전선에 誘起되는 전압은 完全하게 平衡되지 않으므로, 100(%) 상쇄된다고는 볼 수 없으나 현저한 효과가 얻어지는 것 만은 틀림없다.

3.7.2 Common Mode Choke의 설치

電源線을 타고 정보기기로 들어오는 同相成分(Common Mode)의 노이즈를 효과적으로 억제하는 방법중에서 Common Mode Choke를 사용하는 방법이 있는데, 그 원리는 다음과 같다.

Common Mode Choke는 막대 모양이나 고리 모양의 철심(Dust Core)에 電源의 왕복 두 선을 충분히 절연하여 같은 방향, 같은 捲回數로 그림 2.4과 같이 감아서 왕복의 電流에 의해 생기는 磁束을 서로 상쇄하도록 만든 것이다.

이것은 교류의 入力電源에서 보면 두 捲線에 흐르는 전류의 방향은 서로 반대이고 그 크기는 서로 같으므로 電源線의 電流에 의해 생기는 磁束은 서로 상쇄하게 되어 임피던스가 되

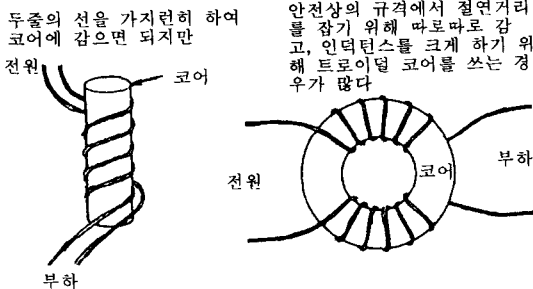


그림 2.4 Common Mode Choke

지 않는다. 그러나 電源線과 接地 사이에 가해지는 同相成分 電壓에 의해 흐르는 전류에 의한 磁束은 서로 합쳐지는 방향으로 작용하므로, 同相成分의 노이즈에 대하여는 큰 임피던스로 작용한다.

3.7.3 Noise Cut Trans.의 설치

電源線을 통해서 情報機器로 들어오는 Signal보다 振幅이 큰 同相成分의 노이즈는 變壓器의 1차와 2차 권선간의 靜電容量을 통하여 2차 권선으로 침입한다.

그림 2.5(a)는 變壓器의 1차, 2차 권선간의 分布容量과 相互 임피던스와의 관계를 나타낸 것인데, 일반적인 변압기에 侵入하는 노이즈는 相互 임피던스 M에 의한 電磁誘導보다는, 권선간의 分布容量에 의한 靜電誘導효과에 지배된다.

이 분포용량을 통해서 들어오는 노이즈의 방지대책은, 1차 권선과 2차 권선간을 靜電 Shield하는 것인데, 이 방법을 사용하면 同相成分의 노이즈를 數분의 1에서 數십분의 1로 감소시킬 수 있는데, 이러한 변압기를 Shield Trans.라 하고, 절연 변압기와 실드 변압기의 구조와 재질을 개선하여, 노이즈의 차단 특성을 높인 것을 Noise cut trans.라 한다.

Noise cut trans.가 구비해야 할 조건은 다음과 같다.

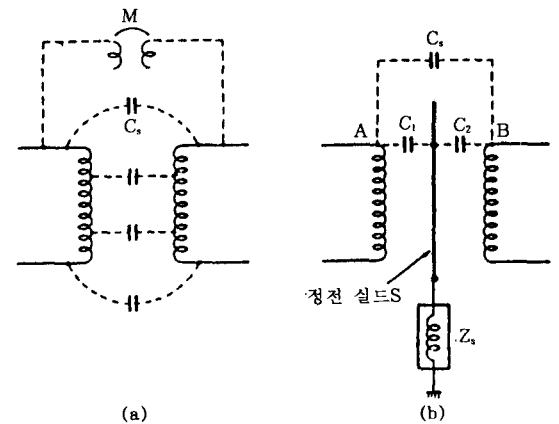





그림 2.5 變壓器의 分布容量의 영향

표 2.3 전력용 변압기의 노이즈방지 효과의 차이

구분		Isolation Trans.	Electrostatic shield Trans.	Noise cut Trans.
종류				
동상 성분	고조파	○	○	○
	저대역 노이즈	△	○	○
	고대역 노이즈	×	△	○
차동 성분	고조파	×	×	×
	저대역 노이즈	×	×	○
	고대역 노이즈	×	×	○

(주) ○ : 방지됨. △ : 약간 방지됨. × : 전달됨.

① 1차 권선과 2차 권선간을 多重으로 Shield 할 것.

비교적 공심결합의 정도가 적은 1 MHz 이하의 주파수에서는 靜電Shield만으로도 同相성분의 노이즈를 차단 할 수 있다.

② 1차 권선과 2차 권선 간의 空心結合을 줄인다.

공심결합이란 鐵心을 경유하지 않은 電磁結合을 말하는데, 靜電Shield를 한 것이라도 1차와 2차 권선이 同心圓上에 감겨 있으면 어느 정도의 電磁結合이 생긴다. 또한, 동심원상에 감겨 있지 않더라도 捲線간에 鐵心을 경유하지 않는 磁束의 통로가 있으면 공심결합이 생기므로 이것은 靜電結合보다 防止하기가 매우 어렵다.

따라서, 일반적인 靜電Shield 變壓器로는 空心結合을 防止 할 수 없으며, 이를 방지하려면 捲線의 配置, 磁路 等を 특수설계하여야 한다.

③ 1차 권선과 2차 권선간의 傳送特性을 필요한 범위내에서 최소한으로 抑制되도록 할 것.

電源用 변압기는 電源의 周波數(국내의 경우는 60Hz)만을 1차 권선에서 2차 권선으로 傳

送하여 주면 되는데, 그 이상의 주파수(대개의 경우, 노이즈의 주파수는 전원의 주파수보다 높다.)까지 廣대역으로 전송되면 1차측의 노이즈가 2차측으로 넘어가게 되므로 노이즈의 防止면에서 不利하다.

따라서, 변압기의 철심은 實效 透磁率이 高周波에서 급격히 低下되는 磁性재료를 사용하고, 1차측과 2차측의 권선 配置와 配線을 노이즈結合이 最小가 되도록 특수 설계하여야 한다.

④ 避雷器를 사용하여 Peak 값이 큰 노이즈를 接地측으로 통과시킨다.

노이즈防止用 電源變壓器의 노이즈遮斷機能을 유지시키려면 1차와 2차 배선 및 Shield線의 취급에 주의하여야 하는데, 표준 사용법을 그림 2·6에 나타낸다. 그밖에 주의할 사항은, 1차 配線과 2차 配線은 서로 靜電結合이 일어나지 않도록 가급적 서로 멀리 떨어지도록 配置하여야 한다.

3.7.4 Noise Filter의 설치

電線을 통하여 情報機器로 들어오는 노이즈를 줄이려면, 그 機器로 출입하는 電線의 수를 가급적 적게 하여야 하지만, 필요에 의해 어쩔 수 없이 機器를 출입하는 電線에 노이즈필터를 부착하면, Signal만 통과시키고 노이즈는 차단할 수 있다.

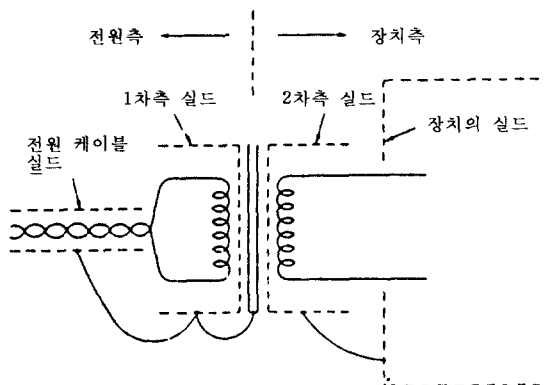


그림 2.6 노이즈 防止用 變壓器의 사용법

따라서, 통과시켜야 할 Signal의 주파수 범위를 정확히 알면, 最適의 Filter를 선택하여 電源線을 통하여 들어오는 노이즈를 遮斷할 수

	필터의 구성(1선만을 표시)	효과가 큰 조건
(a)		$Z_s Z_L < X_L$
(b)		$Z_s Z_C > X_C$
(c)		$Z_s \text{ 소, } Z_L \text{ 대}$
(d)		$Z_s \text{ 대, } Z_L \text{ 소}$
(e)		$Z_s Z_L \text{ 소}$
(f)		$Z_s Z_L \text{ 대}$

그림 2.7 노이즈필터

있으나, 노이즈필터는 入出力 임피던스, 電線의 주파수 및 전압 등에 따라 설계가 크게 달라지며, 小型으로 하기 위해 인덕턴스를 적게 하면, 높은 전압의 노이즈가 침입할 때 直列리액턴스가 磁氣飽和를 일으켜 인덕턴스를 잃게 되므로, 이러한 노이즈는 통과시키게 된다.

電源線을 통하여 들어오는 노이즈는 同相成分(Common Mode)과 差動成分(Normal Mode)을 가지고 있으므로 Filter는 電源線과 接地線으로 구성된 3선식의 것이 適合하다.

3.7.5 과전압 보호소자의 설치

낙뢰, 스위치의 개폐 등에 의해 발생하는 과전압을 보호하기 위한 소자는 직렬소자와 병렬소자로 크게 구분할 수 있는데, 직렬소자는 Signal회로에 사용하고, 병렬소자는 전원회로에서 주로 사용하지만, 직렬소자와 병렬소자를 복합적으로 사용하는 경우도 많이 있다.

병렬소자는 Varistor, Zenner Diode, Arrestor, Transob, SP diode 등이 있고, 직렬소자로는 Inductor(L), 抵抗器(저항값 수 10 Ω의 것), Posistor 등을 사용한다.