

등전위본딩 기술

이기홍 <대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원>

1 개요

등전위본딩은 도전성 물체를 서로 연결하여 전위를 동일하게 함으로써 전기적 안전을 확보하기 위한 기술이다. 구미(歐美)에서는 오래전부터 등전위본딩이라는 개념과 용어를 사용하고 있었으며 지금은 구미의 각종 기술기준이나 규격에 도입되어 구체화되어 있는 상태이다. 하지만 국내에서는 일부 플랜트와 같이 외국의 기준에 따라 설계 및 시공된 구조물에서만 적용되어 왔을 뿐, 일반적인 건축물의 설계 및 시공에서는 매우 생소한 개념이고 용어이다. 하지만 현재 국제규격이 각종 기술규정에 도입됨에 따라 등전위본딩이라는 개념과 용어가 빈번히 사용되고 있는데도 국내 기술자들에게 등전위본딩이라는 개념과 용어에는 익숙하지 못한 상태이다.

따라서 본 고에서는 국제기술의 정확한 정착 및 전기안전 기술 향상을 위해 등전위본딩에 대한 정확한 개념 및 구체적인 기술적 내용을 소개코자 한다.

등전위본딩은 그림 1과 같이 건물 내의 각종 도전성부분을 접속하여, 금속체로 몸체가 이루어져 있는 비행기와 같이 건축물을 하나의 등전위로 형성되게 함으로써 전위차에 의한 발생될 수 있는 전기사고를 예방하는 기술이다. 이러한 등전위본딩은 그 기능에 따라 크게 감전보호용 등전위본딩, 기능용 등전위본딩, 파괴용 등전위본딩 등으로 구분한다. 등전위본딩

을 이해하기 위한 사전지식으로서의 접지계통방식, 각종 등전위본딩 기술, 등전위본딩의 설계 및 시공 사례 등의 순서로 설명하고자 한다.

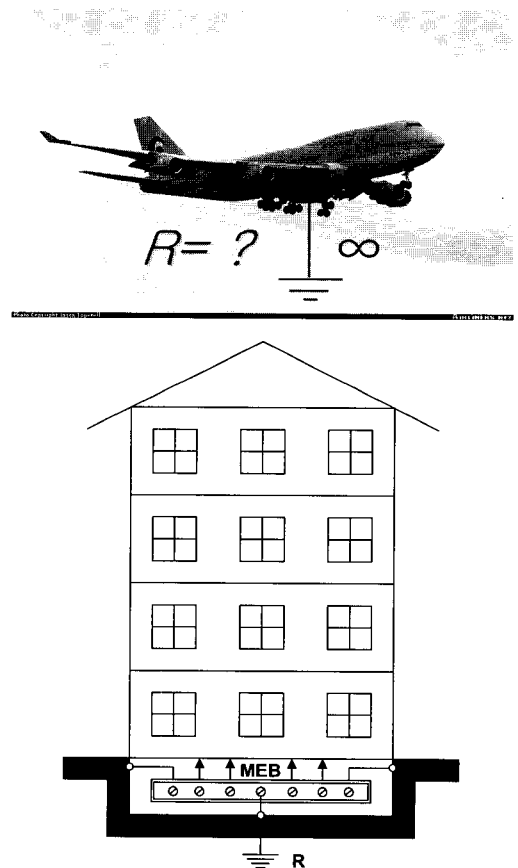


그림 1. 등전위본딩 개념

2. IEC 규격에서의 접지계통

등전위본딩 기술을 이해하기 위해서는 국제규격에서 규정하고 있는 저압배전설비의 접지계통을 우선 이해하는 것이 필요하다.

국제규격(IEC)에서는 저압배전설비의 접지계통을 전원의 접지방식(계통접지)과 수요가 전기기기의 외함 접지방식에 따라 다음과 같이 3종류의 기본 형식이 규정되어 있다.

- TN-계통 : 기기외함의 접지를 독립적으로 하지 않고, 보호도체에 의해 전원의 중성점에 접속하는 방식
- TT-계통 : 전원접지(계통접지)와 기기외함의 접지를 독립적으로 시설하는 방식
- IT-계통 : 전원접지(계통접지)를 설치하지 않고, 기기 외함 접지만을 설치하는 방식

여기에서 각 문자기호의 의미는 다음과 같다.

- 첫째 문자는 전원과 대지와의 관계를 나타낸다.
 - T : 전원을 대지에 직접 접지하는 것을 의미함.

- I : 전원의 모든 충전부를 대지와 절연하거나 고 임피던스를 통하여 대지에 접지하는 것을 의미함.
- 둘째 문자는 수요가 설비의 외함과 대지와의 관계를 나타낸다.
 - T : 기기의 외함을 대지에 직접 접지하는 것을 의미함.
 - N : 보호도체(PE)를 통하여 기기의 외함을 전원접지에 접속하는 것을 의미함.

TN-계통의 경우 중성선과 보호도체를 겸용하는 경우에는 TN-C 계통이라 하며, 중성선과 보호도체가 별개로 분리되어 포설된 경우에는 TN-S 계통이라 한다.

이와 같은 방식에 의해 접지계통을 분류하면 국내의 수요가에 현재 적용되고 있는 방식은 TT계통에 해당된다.

또한 등전위본딩은 TN계통뿐만 아니라 TT계통에도 적용하여야 한다. 이들 각각의 접지계통을 도식화하여 나타내면 그림 2와 같다.

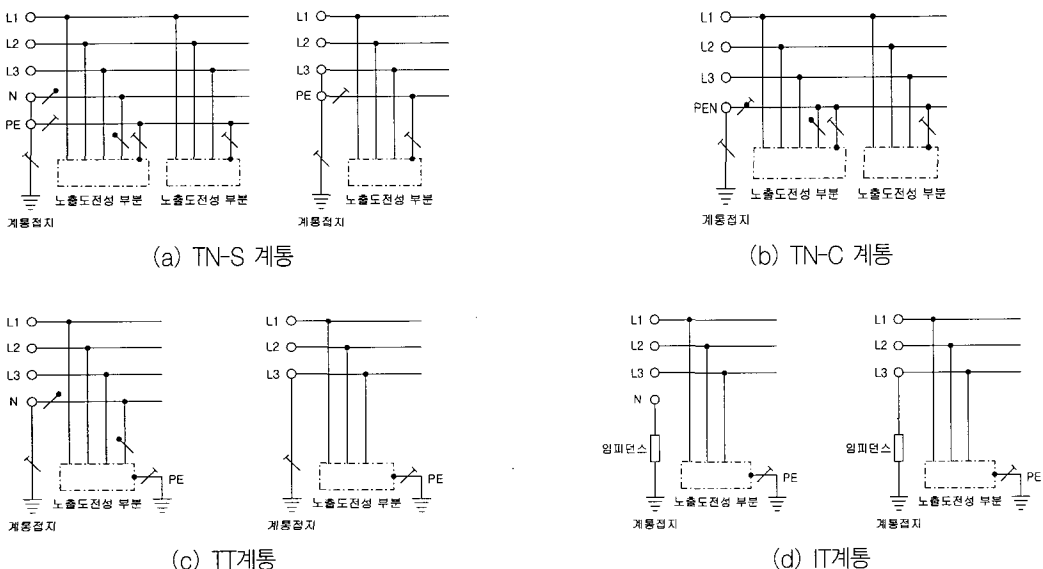


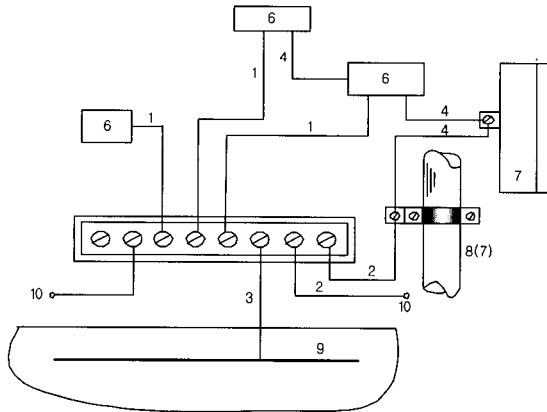
그림 2. 각종 접지계통방식

3. 감전보호용 등전위본딩

3.1 감전보호용 등전위본딩의 구성

감전보호용 등전위본딩은 지락사고 등으로 발생한 위험한 전압으로부터 인체를 보호하기 위해, 사전에 기기의 노출도전성부분과 계통외도전성부분 등을 전기적으로 접속하는 것이다. 일반적으로 감전보호용 등전위본딩은 주 등전위본딩, 보조 등전위본딩, 무접지 국부용 등전위본딩으로 구분된다. 이들에 대한 각각의 목적과 역할은 다음과 같다.

3.1.1 주 등전위본딩(main equipotential bonding)



- | | |
|-----------------|-----------------------|
| 1. 보호도체(PE) | 6. 전기기기 |
| 2. 주 등전위본딩용 도체 | 7. 빌딩의 철골, 금속덕트 |
| 3. 접지선 | 8. 금속제 수도관, 가스관 |
| 4. 보조 등전위본딩용 도체 | 9. 접지극 |
| 5. 주 접지단자 | 10. 기타 설비(IT기기, 피뢰설비) |

그림 3. 감전보호용 등전위본딩

주 등전위본딩(main equipotential bonding)은 건물 안의 도전성부분이 거의 동일한 전위를 가지도록 보호도체, 접지선, 주접지단자, 외부에서 빌딩으로 인입하는 금속제 배관(가스관, 수도관 등), 건축물의 구성부재(철근, 철골), 금속제공작물(덕트, 엘리

베이터 레일 등), 공조설비기기 등을 서로 접속하는 것이다.

특히 건물로 인입하는 가스관이나 수도관 등을 건물 인입구부분에서 본딩하여야 하는데 그 이유는 외부에서 발생한 지락사고에 의해 해당 건축물에는 위험한 접촉전압이 발생할 수 있기 때문이다. 그러나 최근에는 건물로 인입하는 각종 금속배관이 PVC로 대체됨에 따라 이러한 위험성은 줄어들고 있다. 건축물의 철근이나 철골도 가능한 한 등전위본딩과 접속해야 한다. 그림 2는 감전보호를 위한 등전위본딩을 나타내고 있다.

3.1.2 보조 등전위본딩(supplementary equipotential bonding)

주 등전위본딩의 보조역할을 위하여 추가적으로 접속하는 국부적인 등전위본딩을 말한다. 설비 또는 일부에서 자동차단조건이 만족되지 않는 경우 보조 등전위본딩을 실시하여야 한다. 그러나 보조 등전위본딩을 실시하였다고 해서 전원차단의 필요성이 배제되는 것은 아니다.

구체적으로는 동시에 접근가능(암즈리츠 범위내)한 고정설비의 노출도전성부분, 보호도체의 접속단자 및 모든 계통외도전성부분을 접속하는 것을 말하며, 전형적으로 보조 등전위본딩은 목욕탕 또는 수영장, 농업원예용 시설 등과 같이 특수한 장소에 필수적으로 설치하여야 한다.

3.1.3 무접지 국부용 등전위본딩(earth-free local equipotential bonding)

대지로부터 절연된 공간에서 동시에 접근 가능한 노출도전성 부분 및 계통외도전성부분에 등전위본딩을 실시해서 위험한 접촉전압을 방지하기 위한 것이다. 주로 전원차단에 의한 보호가 불가능하거나 대지가 절연된 공간에서 두 금속이 동시에 접촉 가능한 경

우에 적용한다.

이때 대지와 절연된 상태라는 것은 설비의 공칭전압이 500(V) 이하인 경우에는 대지와의 절연저항이 50(kΩ), 설비의 공칭전압이 500(V)를 초과할 경우에는 대지와의 절연저항이 100(kΩ) 이상인 상태를 말한다.

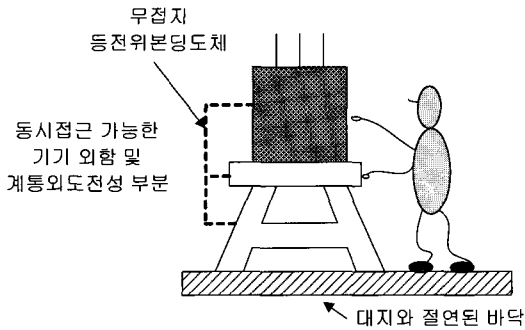


그림 4. 무접지 국부용 등전위본딩

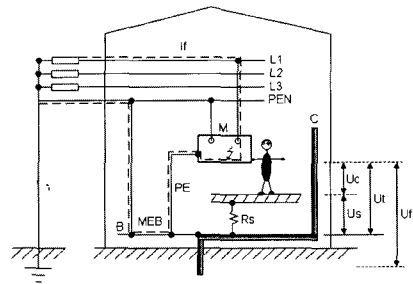
3.2 접지방식에 따른 감전보호

지락 사고 등에 의해 전원과 연결되어 있는 건축물 내부의 노출도전성부분에 접촉되는 경우의 감전보호는 전원의 자동차단에 의해 이루어지지만 등전위본딩도 차단장치의 역할 이상으로 감전을 방지하는 큰 역할을 하고 있다. 본 절에서는 TN계통과 TN계통에 있어서 등전위본딩에 의한 고장 루프의 구성과 감전보호 개념을 소개한다.

3.2.1 TN계통에서의 감전보호

TN 계통으로 건물에 전력이 공급되는 경우의 개념을 그림 5에 나타내었다. 노출도전성부분(M) 및 계통외도전성부분(C)은 주등전위본딩(MEB)에 접속되어 있고, 고장전류는 전원, 고장점까지의 상도체 및 고장점과 전원간의 보호도체(PEN)로 고장루프가 형성된다. TN계통에서는 고장루프임피던스로서 계통의 접지저항이 포함되지 않은 점을 주의하여야 한다.

자동차단에 의한 간접접촉보호를 하는 경우에는 그 조건으로서 교류 50(V)를 초과하는 접촉전압이 동시에 접근가능한 도전성부분에 발생하였을 때 규정 시간 내에 전원을 차단하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 주 등전위본딩을 실시한 상태에서 자동전원차단 조건을 만족하지 않았을 경우에는 보조 등전위본딩도 실시하여야 한다.



L1, L2, L3 : 상도체	M : 노출도전성부분	Uc : 접촉전압
PEN : PEN도체	MEB : 주 등전위본딩	Us : Rs의 전압강하
PE : 보호도체	B : 전위의 기준점	Uf : 규약접촉전압
If : 고장전류	Rs : 절연물(바닥)의 저항	Uf : 고장전압
Rb : 계통접지저항	C : 계통외 도전성부분	

그림 5. TN계통에 의한 감전보호

TN방식에서는 고장루프임피던스(Z_s)가 매우 적으므로 고장전류(I_f)가 매우 크다. 공칭대지전압(U_0)과의 관계에 있어서 $Z_s \times I_f \leq U_0$ 를 만족할 필요가 있다(단, 여기에서, I_f 는 정해진 시간 내에 보호장치를 자동차단시키는 전류를 의미함).

일반적으로 TN계통방식에 있어서 TN-S 계통은 과전류 차단기 또는 누전차단기, TN-C 계통의 경우는 과전류 차단기를 전원의 자동차단기로 사용하는 것이 기본이다.

3.2.2 TT계통에서의 감전보호

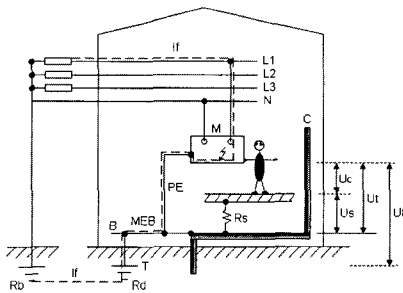
TT계통에서는 건물 내의 노출도전성부분(그림 6

의 M)과 계통의도전성부분(그림 6의 C)은 서로 연결되어 접지되어 있다. 고장전류는 상도체, 전기기기, 보호도체, 접지선 및 대지를 통하여 전원으로 귀환하는 고장루프가 형성된다.

TT방식에 있어서 간접 접촉보호를 하기 위해서는 고장전류(I_f)와 접지저항(R_d)에서

$R_d \times I_f \leq 50[V]$ (단, 여기서 I_f는 보호장치를 자동차단하는 전류)

관계를 만족하여야 한다. 이 조건을 만족하지 못하는 경우에는 보조 등전위본딩을 실시하여야 한다.



L1, L2, L3 : 상도체	M : 노출도전성부분	Uc : 접촉전압
N : 중성선	MEB : 주 등전위본딩	Us : Rs의 전압강하
PE : 보호도체	B : 전위의 기준점	Ut : 규약접촉전압
If : 고장전류	Rs : 절연물(바닥)의 저항	Uf : 고장전압
Rb : 계통접지저항	C : 계통의 도전성부분	
Rd : 기기접지저항	T : 접지극, 구조체접지	

그림 6. TT계통에 의한 감전보호

규약접촉전압(U_t)이 50[V] 이하가 되도록 계통 접지의 접지저항(R_b)을 선정할 수 있는 경우에는 전원의 자동차단에 의한 보호는 불필요하다. 그러나 50[V] 이상인 경우에는 자동차단에 의한 보호가 필요한데, 일반적으로 TT계통에서는 누전차단기가 이용되고 있다.

4. 피뢰용 등전위본딩

낙뢰에 의한 섬락이나 전압상승에 의한 화재 및 폭

발의 위험, 감전위험 또는 전위차에 의한 정보기술기기의 손상이나 오동작 등을 제거하기 위해, 건물내부의 모든 금속기기간을 본딩하여 전위를 거의 동일하게 하는 것이 피뢰용 등전위본딩이다.

4.1 피뢰용 등전위본딩 방법

건축물에 있어서 직격뢰나 유도뢰에 의한 전위차를 최소화하기 위해서는 확실한 등전위본딩이 필요하다. 등전위본딩이 필요한 대상들로서는, 외부에서 건물로 인입하는 전력케이블, 통신케이블, 금속제 가스관, 수도관, 배수관 등을 비롯하여 건물의 각층에 설치되어 있는 다양한 정보기기들, 그리고 건물내부에 있는 금속제 배관, 덕트, 엘리베이터 레일 등 다양한 계통의 도전성부분까지 포함된다.

낙뢰에 의해 발생하는 서지전압(일시적 과도전압)을 제한하기 위해서 SPD(Surge Protective Device: 서지보호장치)가 사용된다. 이 SPD는 과전압이 침입하였을 때에만 순간적으로 단락상태로 된다.

피뢰용 등전위본딩 방법은 그림 7과 같이 각종 금속체나 금속배관 등은 직접 본딩도체로 등전위본딩바(주접지단자)에 본딩을 하고 전력선이나 통신선은 SPD를 사용하여 등전위본딩바에 본딩한다.

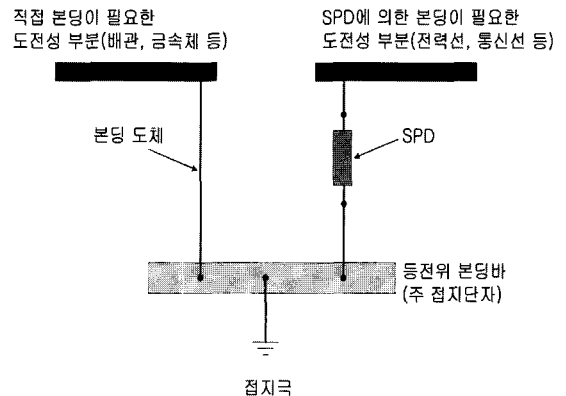


그림 7. 등전위본딩 방법

4.2 건축물에서의 뇌전류 분포

건축물에 직격뢰가 발생한 경우 건물내부에 흐르는 뇌전류(I)는 그림 8과 같이 접지극을 통해서 대지로 50(%)가 흐르고 나머지 50(%)는 등전위본당을 경유해서 건물에 인입되고 있는 케이블이나 배관 등에 흐른다. 따라서 SPD에도 이러한 뇌전류가 흐른다는 사실에 주목하여 SPD의 용량 등을 선정하여야 한다.

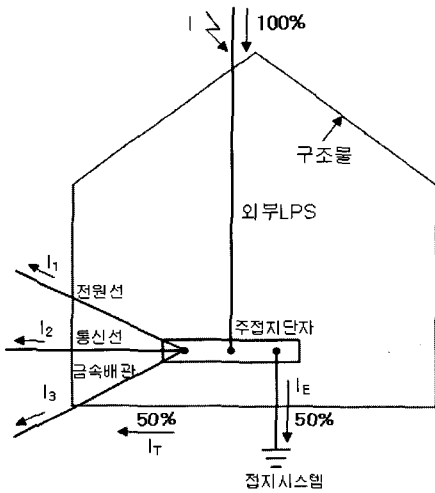


그림 8. 건물내 뇌전류의 분포

- LPZ1 : 건물의 외벽에 의해 둘러 쌓인 내부 공간 영역으로서 외벽의 철골이나 철근에 의한 차폐효과가 있는 영역
 - LPZ2 : 건물 내의 차폐된 장소이며 필요에 따라서 실드에 의해 전자계의 감쇠가 가능한 영역
- 건물에 인입하는 전력케이블, 통신케이블, 급속제배관 등은 LPZ의 경계를 통과할 때마다 각 경계부에서 반드시 그림 9와 같이 등전위본당을 하여야 한다.

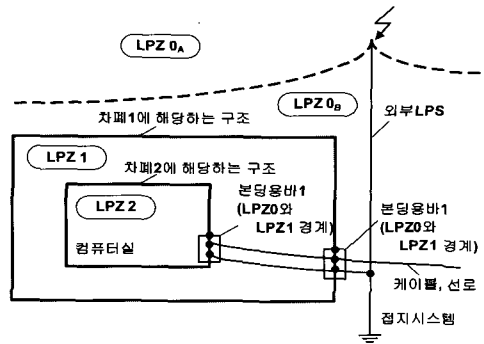


그림 9. 피뢰영역(LPZ)과 등전위 본당

4.3 피뢰영역(LPZ)에 의한 등전위본당

건축물에 낙뢰가 발생되어 건물 구조체(철골, 철근)에 뇌전자임펄스(LEMP)가 흐르면 주위에 전자유도에 의한 과전압이 발생한다. 이 과전압이 전자기에 장애를 준다. 피뢰용 등전위본당에서는 전자환경(EMC)를 평가하기 위해서, 건축물의 구조를 고려하여 보호영역을 설정하는 피뢰영역(LPZ: Lightning Protection Zone)의 개념이 필요하다. 이러한 피뢰영역은 다음과 같이 4종류로 분류된다.

- LPZ0A : 직격뢰가 침입하고 전자계는 감쇠하지 않는 영역
- LPZ0B : 보호범위 안쪽으로서 직격뢰의 침입은 없고 전자계는 감쇠하지 않는 영역

5. 기능용 등전위 본당

감전보호용이나 피뢰용 등전위본당은 안전을 목적으로 시공되는 것이다. 그러나 기능용 등전위본당은 정보통신기기들의 정확한 동작을 보증하기 위하여 전위 기준점을 확보하는 것이다. 정보통신기기의 신호계통은 과전압 내성이 적으므로 조그마한 전위의 변동에 의해서도 오동작이 발생하여 기기의 신뢰성을 저하시킬 수 있다. 따라서 기능용 등전위본당은 전위의 변동을 최소한으로 하기 위하여 강제적으로 전압의 기준점을 제공하는 것이 최대의 역할이다.

즉 정보통신기기들을 서로 연결한 기능용 등전위본당은 건물의 모든 장소에서 전류가 흐를 경우, 대지나 건물, 계통외도전성부분 등에는 어느 정도의 저항을 가지고 있기 때문에 그림 10과 같이 건물의 구조체를 비롯하여, 전력용 콘센트 및 정보용 콘센트에 연결되

어 있는 정보기기의 상호간, 콘센트 상호간 또는 대지 간 등에도 전위차(E_{offset})가 존재한다. 이러한 이유로 강제적으로 건물공간에 전위의 기준점(또는 기준면)을 제공하여 정보통신기기들의 정확한 동작을 보장하여 주는 역할을 하는 것이 기능용 등전위본딩이다.

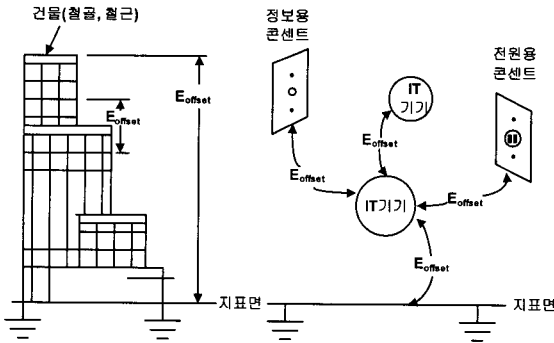


그림 10. 전위차(E_{offset})의 개념

5.1 기능용 등전위본딩 네트워크

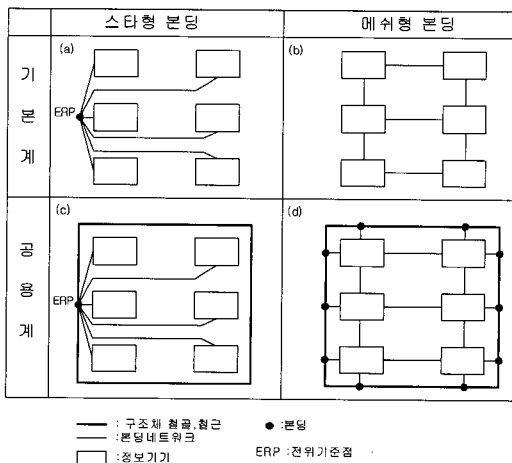


그림 11. 본딩 네트워크의 종류

기능용 등전위본딩을 구성하는 네트워크는 그림 11과 같이 개념적으로 크게 스타형과 메쉬형으로 구분할 수 있다. 일반적으로 스타형은 노이즈 문제가 발

생하면 원인 파악 및 제거가 수월한 반면, 메쉬형은 노이즈가 발생되면 그 해결에 어려움을 겪게 된다. 이러한 본딩네트워크의 기본방식을 응용해서 다양한 본딩 네트워크시스템을 구축할 수 있다. 그림 12는 새롭게 개정된 IEC 60364-4-44에서 제시하고 있는 본딩 네트워크의 사례이다.

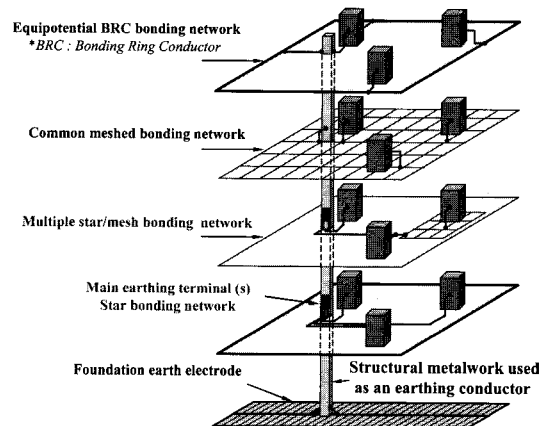


그림 12. 본딩 네트워크의 사례

5.2 접지방식과 등전위본딩

건물에는 다양한 정보기기들이 설치되고 이러한 기기들은 모두 본딩되어 있다. 따라서 이러한 기기들은 전원의 접지계통방식과 등전위본딩 역할은 EMC의 관점에서 매우 밀접한 관계가 있다.

특히 접지계통이 TN-C 계통인 경우에는 중성선(N)과 보호도체(PE)를 병용한 PEN도체에 전력부하의 불평형 전류가 흘러 기준점 전위의 확보가 어려워 EMC 문제로 발전하는 경우가 많다. 따라서 신축 건물에는 TN-C 계통을 적용하지 않고 TN-S 계통을 적용하는 것이 바람직하다. TN-S 계통에서는 그림 13과 같이 불평형 전류가 중성선(N)에만 흐르고 보호도체(PE)에는 흐르지 않으므로 EMC 문제를 최소화시킬 수 있기 때문이다.

특집 : 국제규격(IEC)에 의한 전기안전

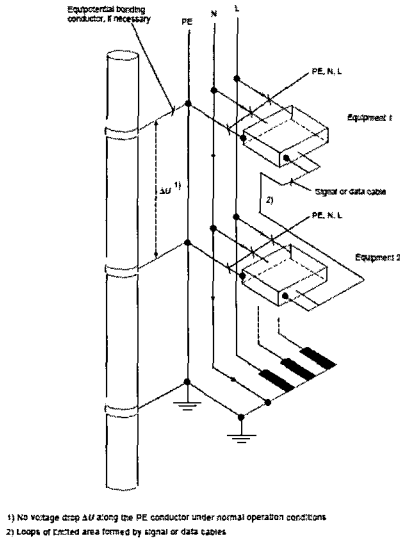


그림 13. TN-S 계통과 등전위 본딩

6. 등전위본딩 설계 및 시공 사례

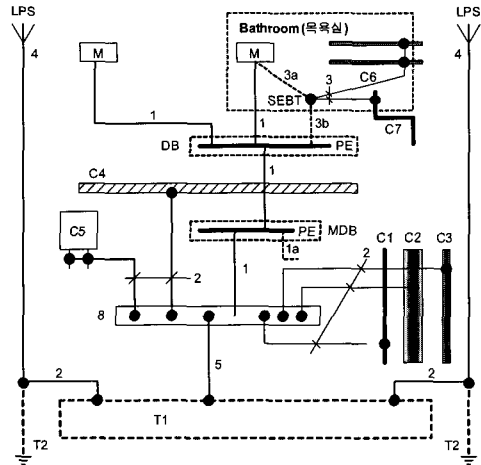
본 절에서는 등전위본딩에 대한 이해를 돕기 위하여 간단한 설계 및 시공사례와 함께 기술적 유의 사항을 기술하고자 한다.

그림 14는 감전보호용 등전위본딩을 중심으로한 설계 사례를 보여주고 있으며, 그림 15에서는 각종 외국에서 시행되고 있는 등전위본딩 시공사례를 나타낸다.

이러한 등전위본딩은 하나의 건물에 각각 설치되는 것이 아니라 종합적으로 설치되므로 일부 등전위본딩은 그 기능이 용도상 중복되기도 한다. 따라서 건물의 환경에 따라 최적의 등전위본딩 목적이 이루어지도록 종합적인 고려를 하여 등전위본딩을 설계 및 시공을 하여야 한다.

한편 각종 금속 등을 본딩할 때에는 이종금속의 접합에 의한 부식을 고려하여야 한다. 각각의 금속은 이온화 경향이 서로 다르기 때문에 전기적으로 연결되면 미소한 전위차에 의한 부식전류가 각종 금속을 부식시키기 때문이다. 따라서 부식이 우려되는 곳에는

최대한 이온화 경향에 의한 표준전위가 동일한 금속으로 등전위본딩을 하여야 한다.



B : 주접지단자	C : 도전성 부분
C1 : 수도관	C2 : 배수관
C3 : 가스관	C4 : 공조기
C5 : 난방기	C6 : 급수관(목욕탕)
C5 : 암스리츠 내의 금속관	DB : 분전반
LPS : 피뢰시스템	M : 노출도전성 부분
MDB : 주 분전반	SEBT : 보조 등전위 본딩
T : 접지극	T1 : 기초접지극
T2 : 피뢰용접지극(필요시)	1 : 보호도체
2 : 주 본딩용도체	3 : 보조 본딩용 도체
4 : 인하도선	5 : 접지선

그림 14. 감전보호용 등전위본딩 설계 사례

또한 등전위본딩시스템은 불완전하게 구축될 경우, 오히려 감전사고 등 더 큰 위험을 초래할 수 있으므로 완벽하게 설계하고 시공하는 것이 매우 중요하다.

7. 맺음말

등전위본딩은 전기안전 및 기기의 정확한 동작을 확보하기 위해서 매우 중요한 기술이다. 하나의 건축물에는 다양한 설비들이 있고 이러한 기기들을 기능과 목적에 맞게 감전보호용 등전위본딩, 피뢰용 등전

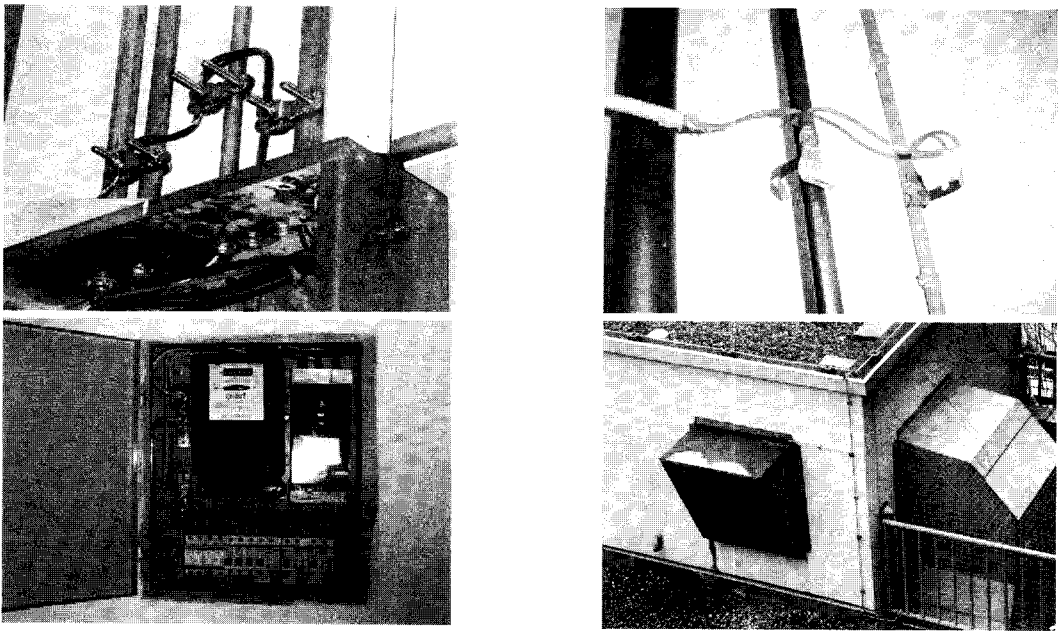


그림 15. 다양한 등전위본딩 시공 사례

위본딩, 기능용 등전위본딩을 하여야 한다. 이러한 등전위본딩은 개념적으로만 구분될 뿐 실제적으로는 중복된 역할을 담당하고 있어 각각의 등전위본딩을 구별하기가 어렵다. 따라서 하나의 건축물을 대상으로 종합적으로 기능과 목적을 고려하여 최적의 등전위본딩 시스템을 구축하여야 한다. 이를 위해서는 전기분야 뿐만 아니라 정보통신, 건축 및 기계분야 등 다른 분야 등에 대한 기술적 고려와 협력이 필요하다.

한편 과도한 등전위본딩 등은 건축의 시공 및 공사비에도 상당한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 기능적인 측면과 경제적인 측면을 균형 있게 고려하여 등전위 시스템을 구축하는 것이 기술자의 책무로 판단된다.

또한 불완전한 등전위본딩은 오히려 더 많은 위험과 피해를 가져올 수 있으므로 등전위본딩에 대한 완벽한 설계 및 시공이 절대적으로 필요하다. 하지만 국내에서는 아직 이러한 설계 및 시공사례가 부족하여 현장에서는 등전위본딩에 대한 기술적 이해에 어려움

을 겪고 있으므로 다양한 건축환경에서의 등전위본딩에 대한 설계 및 시공사례 개발이 필요하다.

◇ 저 자 소개 ◇



이기홍 (李起弘)

1962년 11월 17일생. 1988년 충남대학교 공대 전기과 졸업. 1990년 동 대학원 졸업(석사). 2001년 동 대학원 졸업(박사). 1992년~현재 대한주택공사 주택도시연구원 수석연구원. 2001년~현재 본 학회 편수위원. 2003년~현재 IEC/TC 64, 81 전문위원(국내). 2005년~현재 IEC/TC 81/MT 8 Member(국제).
(E-mail : lkh21@knhc.co.kr)