

## 접지기술의 국제동향과 과제

이 영 수 <한국산업안전공단 기술위원 / 공학박사>

접지시스템을 구축하는 데는 크게 두 가지 목적이 있다. 그 첫째는 전력계통의 고장전류가 대지로 방류될 수 있도록 전기적 경로를 마련하여 전기설비에 발생하는 접촉전압과 보폭전압을 안전범위 내로 유지될 수 있도록 하는데 있다. 두 번째 목적은 전기계통과 민감한 전자계통이 상호 접속되어 있을 때 이들 계통 사이에 등전위를 유지하여 장애를 최소화하는데 있다. 산업현장에서 우리는 전자를 이른바 강전용 접지 혹은 보안용 접지라고 부르며 인체의 감전 보호에 중점을 두는 접지이고, 후자를 기능용 접지 또는 약전용 접지라고 부른다.

접지에 관한 설계기준은 나라마다 약간의 차이를 보이고 있으나, 근본적으로는 인체에 대한 감전위험을 피하고 설비간의 안정적인 가동이라는 측면에서 차이는 없다. 일본과 우리나라의 경우 전기설비기술 기준에서 접지공사의 종류에 따른 접지저항의 기준만 제시하고 있는데, 지금까지 접지를 논할 때 우리는 주파수의 함수인 임피던스를 무시하고 오로지 접지저항만이 중요한 것으로 생각해 온 것이 통념이다.

오늘날 정보화 사회로의 이행과 더불어 전자·통신 기기가 전력계통에 광범위하게 설치되면서 기존의 접지방식으로는 이들에 미치는 오동작 등을 해결할 수 없는 문제가 있다. 이와 관련하여 외국의 국제규격 등을 보면 종전에 비해 키워드가 상당히 변하고 있음을

알 수 있다. 즉, 접지라고 하면 종전의 경우 접지저항이라는 용어를 연상하였으나 최근에는 기준접지, 등전위 접지, GPR, EMI, EMC 등의 용어가 많이 등장하고 있다. 그러나, 국내의 현실은 지금까지 접지설계와 시공을 시행착오적으로 하고 있다. 전기기술자들은 설비기기의 접지를 독립적으로 시공하고 있으며, 전자·통신분야 기술자들은 그들 나름대로 전력계통의 접지와 약전용 접지를 상호 분리하여 독립적으로 시공할 것을 요구하고 있다. 그러나, 이러한 문제는 일률적으로 논하기 어려우며 전체를 시스템적으로 파악하여 양자간에 접지효과를 최적으로 발휘할 수 있게 하여야 한다.

여기서는 최근에 IEC(국제전기표준회의)를 중심으로 논의되고 있는 접지기술 동향과 일본에서 진행하고 있는 접지에 관련된 일련의 기술동향 등을 중심으로 소개하고, 현재 당면하고 있는 접지기술에 대하여 기술하기로 한다.

### 1. IEC 표준

IEC에는 TC(Technical Committee; 기술위원회)가 조직되어 있고, 접지에 관한 문제는 주로 TC 64(건축전기설비), TC 81(뇌보호), TC 99(전력시스템) 등에서 심의하고 있다.

### 1.1 TC 64(건축전기설비)

TC 64에서는 저압 수용가설비(교류 1[kV], 직류 1.5[kV] 이하)를 대상으로 건물 내부와 그 주변 및 유사 구조물의 전기설비 배선에서 안전성과 이에 관련된 사항의 규격을 심의하고 있으며, IEC 60364(건축전기설비)를 제정하였다. 과거에는 접지에 관해서 주로 보안용 접지를 위주로 검토하였으나, 최근에는 정보통신설비의 접지시스템, 등전위 분당 등에 대해 역점을 두고 있다.

IEC에서는 저압배선계통의 접지방식을 정의하고 있으며, 크게 나눠 TN방식(TN-S, TN-C-S, TN-C), TT방식, IT방식의 3종류로 분류하고 있다.

#### 1.1.1 TN 계통

전원공급측을 1개소 이상에서 직접접지(계통접지)하고 설비기기의 노출 도전성 부분을 보호도체(Protective Conductors)를 통하여 전원의 접지점으로 연결시킨다. 따라서, 접지전류가 기기측에서 전원접지점으로 흐를 수 있는 금속 경로가 형성된다. TN 계통은 중성선(N)과 보호도체(E)의 관계에 따라 다음의 3종류로 나눈다.

##### (가) TN-C 계통

계통 전체에 걸쳐 중성선과 보호도체(기기접지)가 단일도선으로 연결되어 있다. TN 계통에서 지락은 과전류차단기에 의해 보호된다. 따라서, 사고가 발생한 경우 고장점 임피던스를 고려하여 일정시간 내에 전원의 과전류차단기가 작동하도록 차단기의 특성 및 도체의 굵기를 정한다.

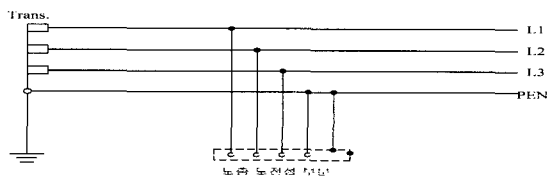


그림 1(a). TN-C 방식

##### (나) TN-S 계통

계통 전체에 걸쳐 중성선과 보호도체(접지선)가 분리되어 있고 전원측의 접지전극을 공유한다.

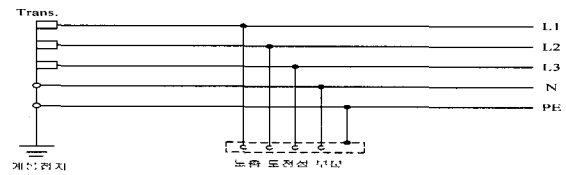


그림 1(b). TN-S 방식

##### (다) TN-C-S 계통

계통의 일부분에서 중성선과 보호도체가 단일도선으로 연결되어 있다. 전원 공급측은 TN-C 방식이고 기기설비측은 TN-S 방식이다.

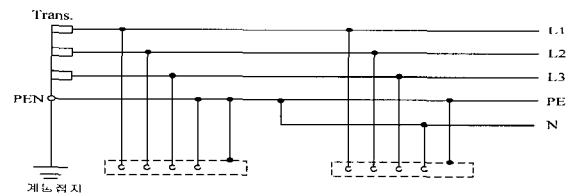


그림 1(c). TN-C-S 방식

#### 1.1.2 TT 계통

전원 공급측을 1개소 이상에서 직접접지(계통접지)하고 설비의 노출 도전부는 계통접지와는 전기적으로 독립된 접지전극에 접지(기기접지)한다. 즉, 계통접지와 기기접지는 완전히 분리된다. 이 계통에서 지락은 과전류차단기 또는 누전차단기로 보호하며 이 경우 기기 프레임의 대지전위 상승을 제한하기 위한 조건이 고려되어야 한다.

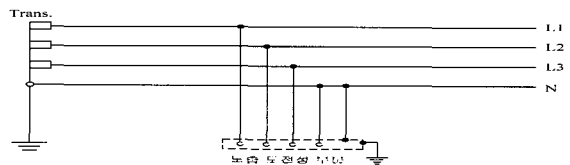


그림 2. TT 방식

### 1.1.3 IT 계통

전원 공급측은 비접지 또는 높은 임피던스 접지를 하고 설비의 노출도전부는 전기적으로 독립적인 접지 전극에 기기접지를 한다. 지락사고가 발생할 때는 별도대책을 고려해야 한다. 따라서 대규모 전력계통에서는 채택이 곤란한 방식이다. 대부분의 전기설비계통은 TN-S, TN-C-S, 또는 TT방식을 채택하고 있다.

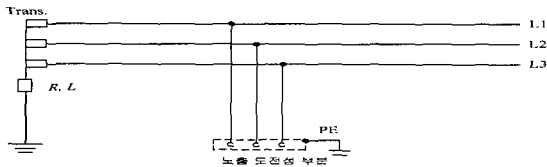


그림 3. IT 방식

## 1.2 TC 81(뇌 보호)

TC 81은 주로 뇌보호에 관한 검토를 행하고 있으며 접지관련 규격은 건축물에 대한 피뢰대책으로 IEC 1024(Protection of structures against lightning)가 있는데, 다음 네 가지로 대별하여 설명한다.

① 외부 뇌보호 : 낙뢰 보호범위의 새로운 개념으로 회전자체에 의한 낙뢰 차폐효과를 도입하고 있다.

인하도선에 LEMP가 흐르면 그 주변에 유도전압과 썩지가 발생하는데, 이때의 발생량은 건물의 형태, 인하도선의 종류 등에 따라 다르며, 이를 평가하는 방법은 내부 피뢰와 밀접한 관계가 있다. 외부피뢰 시스템은 건축물에 설치되어 있는 피뢰침 등에 뇌격이 가해지는 경우 낙뢰전류를 안전하게 대지로 방류하도록 하는 것으로 뇌격 수리부, 인하도선, 접지극으로 구성된다. 인하도선의 역할을 대신하는 것으로 건물구조체를 이용하는 것을 인정하고 있다.

② 내부 뇌보호 : 낙뢰전류와 이로 인한 전계와 자계가 건물 내의 금속제 설비나 여러 전기계통에 파급되어 EMC로 인해 건물내부의 전자·통신기기 등 약전기기가 과전압으로 인하여 손상되는 것을 방지하기 위해서는 건물 내 등전위 분당, 뇌썩지 소자의 설치, 차폐, 접지 등의 대책을 수립해야 한다고 설명하고 있다.

③ 접지 : 뇌전류에 의해 발생하는 전위상승을 감소시키기 위한 대책

④ 절연협조 : 건물내로 인입되고 있는 전력선, 통신선을 통해 침입하는 뇌썩지 전압에 대한 보호와 그 평가

## 2. 일본 접지기준의 동향

접지의 기본목적인 감전 보호, 과전류 보호, 기준전위 확보, 건물 보호 외에 최근에는 건물내부의 전자장비 등에서 문제가 되고 있는 효과적인 낙뇌 보호를 위한 등전위화, 저임피던스화 및 기준전위의 확보에 중점을 두고 접지에 의한 문제 해결에 주력하고 있다. 이를 위하여 IEC/TC64(건축전기설비), IEC/TC81(뇌보호), ITU/SG5(통신설비의 전자방해) 등의 국제표준과 부합하는 규격 검토를 진행하여 현행 법규와 기준을 국제규격과 같도록 제·개정하는 작업을 진행하고 있다.

### 2.1 전기설비기술기준(電技)

1999년 3월 새로운 전기설비기술기준이 공포되었는데, 주된 방향은 조항의 정리와 삭제, 기준의 기능성화, 외국규격의 도입의 3가지 측면이 고려되었다. 이에 따라 종래의 성령(省令)·고시로 나뉘었던 체계를 성령·해석이라는 새로운 체계로 하여 기능적으로 체계화하였다.

접지관련 성령은 제10, 11조에 접지공사에 관한 것을 정하고 구체적으로 해석(제19~20조 기타)로 기술기준을 나타내었다. 접지공사의 종류의 호칭을 A종(중전의 제1종), B종(중래 제2종), C종(중래 특별 제3종), D종(중래 제3종)으로 하였다. 또 전자환경 문제를 고려한 내용이 성령 제16조에 규정하였다.

국제규격의 도입은 IEC 60364 규격이 전기설비 기술기준에 도입되어 1999년 11월에 시행되었다.

## 2.2 일본공업규격(JIS)

1997년 JIS의 국제규격화 작업이 진행된 이래 지금까지 IEC 60364 규격이 번역되어 JIS로 공표되었는데, 주된 규격은 다음과 같다.

### ① 일반특성 평가(JIS-C-0363-3)

저압 배전계통의 접지방식을 TN(TN-S, TN-C, TN-C-S), TT, IT방식의 3종류로 분류하고 있다.

### ② 고압계통의 지락사고에 대한 저압설비의 보호(JIS-C-0364-4-442)

과전압 보호에 대해 고압계통의 지락사고에 기인하는 고장전압, 접촉전압, 지속시간을 규정하고 있다.

### ③ 건축전기설비에서 전자장해(EMI) 보호(JIS-C-0364-4-444)

건축전기설비에서 전자장해에 의한 과전압으로부터 민감한 전자기기를 보호하는 방법을 나타내고 있다.

### ④ 접지설비 및 보호도체(JIS-C-0364-5-54)

접지설비와 보호도체의 선정과 시공에 관하여 규정하고 있다.

### ⑤ 정보기술설비를 위한 접지설비 및 등전위 본딩(JIS-C-0364-5)

정보기술기기 및 설비의 접지, 등전위 본딩의 선정과 시공에 관해 규정하고 있다.

## 3. 접지기술의 과제

### 3.1 접지설계

접지설계란 보안을 목적으로 하며, 소요 접지저항을 얻기 위한 접지극의 형상과 크기, 시공방법을 검토하는 작업으로 접지저항 계산이 따르게 된다. 우리나라와 일본은 전기기술기준에서 규정하고 있는 접지종류별 접지저항 또는 변전소 등에서 규정하고 있는 허용 전위상승값을 지락전류로 나눈 값을 얻기 위한 접지설계가 기본이다.

미국의 경우 변전소 접지설계(ANSI/IEEE Std. 80)는 접촉전압과 보폭전압의 관점에서 설계를 하고 있다.

#### 3.1.1 접지저항 계산

접지극에 흐르는 전류의 관점에서 정리하면, 상용 주파수 영역을 대상으로 하는 교류 접지저항, 고주파 영역의 전류를 대상으로 하는 접지임피던스, 뇌임펄스 전류를 대상으로 한 뇌임피던스로 나뉘어진다. 지금까지 전자에 관해서는 연구성과가 있고 이론적으로도 체계가 확립되어 있으나, 고주파 영역의 접지임피던스에 관해서는 아직 검토할 과제가 많다.

#### 3.1.2 접지저항의 계절변동

접지저항은 토양의 대지저항률에 영향을 많이 받는다. 대지저항률이란 토양의 종류, 수분함유량, 온도 등에 따라 달라지며, 계절적으로 변동이 많다.

일반적으로 접지저항은 여름에 낮고 겨울철에는 높는데, 우리나라에서 지역에 따라 얼마나 차이가 나는지에 대한 실측이 필요하다 하겠다.

### 3.2 접지극의 전위간섭

접지극에 고장전류가 흐르면 전극 주위의 대지에 전

위가 분포되는데 일반적으로 지표면의 전위로 의미한다.

최근에 정보화 사회의 전개와 더불어 건물 등에는 여러 종류의 전기·전자·통신기기가 설치되고 있다. 이들 접지는 전기설비기술기준에 따라 독립적으로 시행하면 한정된 부지 내에서 다수의 접지극이 존재할 때 한 접지극에 지락사고 전류가 흐르면 인접한 접지극의 전위가 상승하여 전위간섭의 문제가 발생한다.

따라서, 독립접지는 접지극 상호간을 서로 영향을 받지 않을 정도로 이격하는 것이 가장 바람직하나 좁은 부지의 건물에서 이것은 불가능하다. 이격거리는 최대 지락전류, 전위상승 허용치, 이 지점에서 대지저항률에 따라 달라지는데, 인체의 경우 허용 접촉전압의 범위 내에 있어야 하고, 기기인 경우 과전압 내성치를 넘지 않아야 한다.

최근에는 이러한 문제점을 고려하여 독립접지를 지양하고 각 접지극을 등전위화하는 이른바 공용접지를 시공하는 것이 바람직한 것으로 간주된다.

### 3.3 접지저항

알다시피 일본과 우리나라의 電技(전기설비기술기준)는 접지공사의 종류와 접지저항을 규정하고 있으나, 제2종 접지공사의 접지저항은 기술적 근거가 있으나 나머지는 기술적 근거가 명확하지가 않아 앞으로 이에 대한 논의가 필요하다.

### 3.4 뇌 보호 접지

앞서 IEC TC81에서 언급한 바와 같이 뇌 보호에는 건축물을 보호하는 외부 뇌 보호와 건축물 내의 전자기기를 보호하는 내부 뇌 보호를 위한 접지로 나눈다.

#### 3.4.1 외부 뇌 보호

건축물의 피뢰설비와 접지를 의미한다.

낙뢰전류가 접지극에 유입되어 위험한 과전압이 생기지 않도록 대지에 방류시키려면 접지저항이 가급적 낮은 것이 지금까지 접지설계의 주된 목표이었다. 그러나, 토양의 조건에 따라 대지저항률이 높은 경우 낮은 접지저항을 얻기가 어려운 경우가 많다. 이런 경우에는 접지극의 형상이나 시공방법을 고려하여 전위분포의 관점에서 접지시스템을 고려하는 것이 중요하다. 일반적으로 낙뢰 보호의 관점에서 접지극은 길이가 긴 단독의 접지봉 보다는 넓은 형태의 접지극이 유효한 것으로 알려져 있다.

IEC 규격에서는 보호 레벨에 따라 접지극의 최소 길이를 규정하고 있는데, 이를 기준으로 접지극을 A 타입과 B 타입의 두 가지로 분류하고 있다.

우리 나라는 일본의 기술적 기준을 그대로 적용하여 접지저항을 규정하여 왔다. 그러나, IEC 규격에서는 접지저항을 명확히 규정하지 않고 보호대책으로 등전위 본딩을 실시하고 동시에 전위분포를 고려하고 있다.

#### 3.4.2 내부 뇌 보호

건축물 내의 정보기술 관련 기기는 건축물 내부, 외부와 유선에 의한 망(네트워크)으로 연결되어 있고 대부분의 전원은 상용전원에서 공급되고 있다. 건축물 내의 각종 전자기기는 과전압 내성이 약하고 동작전압·전류가 작기 때문에 기기의 파손, 오동작, 잡음 등의 장애가 발생하기 쉽다.

내부 뇌 보호 시스템이란 뇌썩지에 취약한 건축물 내의 전자기기의 과전압 방지를 위해 건축물 내의 등전위 본딩, 뇌썩지 보호장치의 적용, 차폐와 같은 대책을 말한다. 즉, 건축물 내의 전자기기와 저압선, 통신선, 수도관 등 금속제 설비를 등전위화 모선을 접지하는 것이다. 이 때 뇌 보호 존(LPZ)을 고려하여 등전위 모선과 뇌썩지 보호장치를 설치하여 구축한다.

우리나라에서는 현시점에서 내부 뇌 보호 시스템은 아

직 체계화되지 않았기 때문에 향후 표준화할 필요가 있다.

### 3.5 EMC 접지

노이즈 제어를 위한 접지로 주파수가 대단히 광범위하고 접지전류가 대단히 작은 [mA], [ $\mu$ A] 단위이기 때문에 대단히 낮은 임피던스가 요구된다. 이를 위한 접지는 감전방지라는 목적과는 전혀 다르기 때문에 시스템적인 접지기술이 필요하다.

건축전기설비에서 EMC는 저압 배전계통의 접지 방식과 밀접한 관련이 있으므로 구미의 일반적인 TN 방식과 우리나라의 TT방식에 대한 차이점을 고찰해야 할 것이다.

### 3.6 등전위 본딩

본딩이란 건축공간에서 금속의 두 점간의 전위차를 최소화하기 위한 전기적 연결이다. 접지와 같은 뜻으로 생각하기 쉬우나, 접지는 대지를 대상으로 하는 것이고 본딩은 건축공간을 대상으로 하는 것이다.

본딩의 대상은 크게 저압전로, 정보통신설비 및 뇌 보호 설비와 관련이 있는데, 저압전로 설비에서 보호 등전위 본딩은 접촉전압을 낮추기 위해 하는 것이고, 정보통신설비에서는 과전압 보호, 전위의 기준점 확보를 위해 하는 것이다.

본딩의 특히 건축물에서 EMC 분야에서는 대단히 중요한 개념인데, 구미에서는 상식에 속하지만 우리나라에서는 아직 명확한 개념 이해가 없는 실정이다.

따라서, 앞으로 우리나라에서도 이에 대한 기준, 규격 등에 적극적으로 본딩의 개념을 적용해야 할 것이다.

### 3.7 통합 접지시스템의 실현

통합 접지시스템은 전력계통의 보호접지, 피뢰설

비의 접지, 정보통신 계통의 기기접지, 기능용 접지를 모두 공용으로 하여 접지설비를 제공하기 위해 고안된 시스템이다. 이를 실현하기 위해서는 등전위 본딩, 과전류, 과전압 보호 등의 기술이 필요하고 앞으로 표준화가 시급하다 하겠다.

### 3.8 IEC 규격에 대한 대응

IEC 규격에서는 저압 배전계통의 접지방식을 TN, TT, IT방식의 3가지로 분류하여 제시하고 있다. 이들 방식은 일장일단이 있어 어느 방식이 좋다고는 말할 수 없고, 나라마다의 배전 역사, 인프라 상태, 지역적 사정 등을 고려하여 적합한 복수의 방식을 채택하고 있는 나라가 많다.

우리나라에서는 IEC60364 규격을 번역하여 KS 규격으로 전면적인 제정을 하고 있는 실정에 있고, 나아가 접지관련 전기기술기준의 개정을 위한 작업을 준비하고 있는 상태이다.

## 4. 결 론

지금까지 접지기술의 국제 동향과 우리나라가 기술적으로 검토하고 연구해야 할 기술적 과제를 살펴보았다.

주지하는 바와 같이 우리나라의 접지관련 규격이나 기준은 일본의 기술을 전면적으로 도입 적용하고 있는 실정이나 접지와 관련된 기준을 보면, 중성점 다중 접지방식의 우리 계통과 비접지식의 일본 계통은 엄연히 차이점이 있다.

또 우리나라의 일부 기술자들은 미국의 NEC 규격의 도입을 거론하고 있으나, 다양한 접지방식을 인정하고 있는 IEC 규격과는 달리 NEC 규격은 접지방식을 TN방식으로 한정하여 적용하고 있으므로 TT 방식의 우리나라 접지기술과의 차이점을 잘 살펴보아야

한다.

따라서, IEC 규격의 전면적 도입이라는 목표아래 단순히 국제규격의 번역 도입이 아닌 우리 나름대로의 조사와 연구가 진행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] IEC Publication 60364.
- [2] 高橋, 李炯秀 역, “接地技術入門”, 일본 음사, 동일출판사, 1995.
- [3] 高橋, 李炯秀 역, “接地設計入門”, 일본 음사, 동일출판사, 1993.
- [4] 高橋, 李炯秀 역, “圖解 接地시스템 入門”, 음사, 참단, 2003.
- [5] “접지시스템의 동향”, 일본 전기설비학회지, pp. 691-702, Vol. 19, No.10, 1999.
- [6] 이형수, “접지관련 IEC, 일본의 기술 동향과 국내 적용시 문제점 검토”, 자문보고서, 전력연구원, 2000.

### ◇ 저 자 소 개 ◇



#### 이 형 수(李炯秀)

1953년 12월 8일생. 홍익대학교 전기공학과. 연세대학교 전기공학과(석사). 홍익대학교 전기공학과(박사). 현 한국산업안전공단 기술위원. IEC TC 64, 81 국내위원회 위원. 관심분야 : 접지

시스템, 낙뢰 보호.