

접지방식별 접지시스템 성능 평가

이형수 · 윤동현

한국산업안전공단

1. 서 론

우리나라 전기설비에 관한 기본법규인 “전기설비기술기준”에서는 보호용 접지에 관해 접지공사의 종류, 접지저항, 접지선의 굵기 등을 규정하고 있다. 이에 따라 접지설계를 할 때, 특히 접지저항에 대해서는 전기설비기술기준의 해석에 있는 제21조를 근거로 접지공사 종류별로 규정된 접지저항을 유지하도록 규정하고 있는 경우가 많다.

오늘날 고도로 정보화 사회가 됨에 따라 정보·통신분야에 있어서 보호용 접지의 중요성 못지 않게 전자기기의 안정된 작동의 측면에서 기능용 접지가 꼭 필요하다. 그러나, 이에 관해서는 전기설비기술기준에 있어서 구체적인 규정은 없다. 기능용 접지에 관해서는 IEC 규격에서 잘 규정이 되어 있으며, 최근의 국제 부합화에 따라 일본의 경우 1999년에 IEC 규격이 전기기술기준이나 JIS 규격에 반영되었다.

기준이나 규격은 기술적 발전 추세에 따라 대응해야만 하므로, 때로는 신속하게 탄력적으로 개정 혹은 추가할 필요가 있다. 우리나라에서도 이러한 규격의 국제화 추세를 반영하여 KS 규격에 이를 반영하는 작업을 진행 중에 있으나, 기술적으로 심층적인 검토가 없는 상태에 있어 이에 대한 문제점을 검토하고 대책을 수립하고자 하였다.

2. IEC 규격에 따른 접지방식 분류

계통접지와 기기접지의 관계에 따라 옥내배선의 접지방식은 여러 가지 방식이 있는데, IEC TC 64에서 제안하여 국제적으로 통용되고 있는 저압계통의 접지방식은 AC, DC에서 TN방식(TN-S, TN-C-S, TN-C), TT방식, IT방식의 3종류로 분류하고 있다.

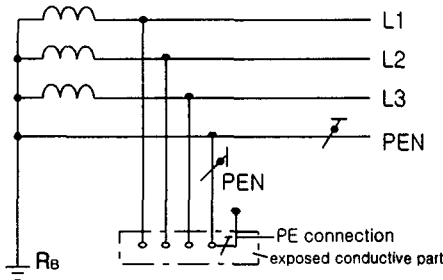
2.1 TN 계통

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

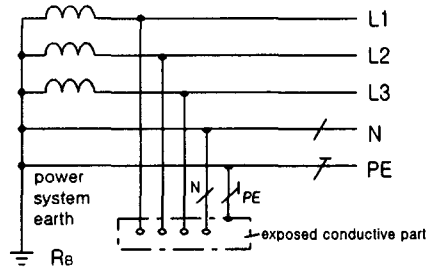
가. TN-C 계통

계통 전체에 걸쳐 중성선과 보호도체(기기접지)가 단일도선으로 연결되어 있다(<그

림 1>). 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> TN-C 방식



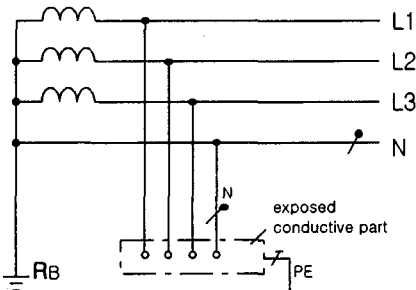
<그림 2> TN-S 방식

나. TN-S 계통

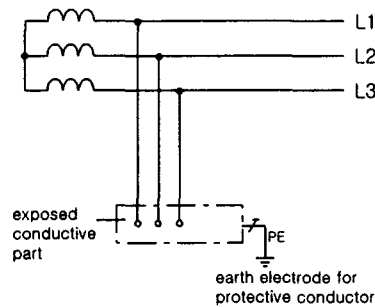
계통 전체에 걸쳐 중성선과 보호도체(접지선)가 분리되어 있고 전원측의 접지전극을 공유한다(<그림 2>).

2.2. TT 계통

전원 공급측을 1개소 이상에서 직접접지(계통접지)하고 설비의 노출 도전부는 계통 접지와는 전기적으로 독립된 접지전극에 접지(기기접지)한다. 즉, 계통접지와 기기접지는 완전히 분리된다(<그림 3>). 이 계통에서 지락은 과전류차단기 또는 누전차단기로 보호하며 이 경우 기기 프레임의 대지전위 상승을 제한하기 위한 조건이 고려되어야 한다.



<그림 3> TT방식



<그림 4> IT 방식

2.3. IT 계통

전원 공급측은 비접지 또는 고 임피던스 접지를 하고 설비의 노출 도전부는 전기적으로 독립적인 접지전극에 기기접지를 한다(<그림 4>). 일점 지락사고가 발생할 때는 별도 대책을 고려해야 한다. 따라서, 대규모 전력계통에는 채택이 곤란한 방식이다.

3. 접지계통별 성능 평가

전기 계통에 접지를 하는 궁극적 목표는 계통의 고장으로 인한 감전으로부터 인축과 설비기기를 보호하는데 있다.

감전 보호는 직접접촉에 의한 보호와 간접 접촉에 의한 보호로 나누어 생각할 수 있다. 전자는 충전부 보호, 격벽이나 외함에 의한 보호, 암리치(Arm reach) 밖에 두는 보호 등의 방법을 들 수 있으며, 간접 접촉에 의한 보호는 안전전압의 범위를 초과하는 접촉전압이 인체에 가해질 우려가 있을 때 전원의 자동차단에 의해 보호하는 방법과 절연기기를 사용하거나 등전위 본딩에 의한 방법 등이 있다.

3.1 TN 계통

가. 노출 도전성 부분의 접지

TN 계통에서는 고장 발생시의 고장전류가 대지를 경유하지 않고 보호도체를 통해 전원으로 흐르기 때문에 부하기기 내에서 단락이 발생하면 큰 고장전류가 흐르게 된다. 이 때 과전류차단기가 작동하여 전원과 기기를 분리시키게 된다.

TN-계통에 있어서는 기기 내 단락에 기인하는 고장전류는 단락전류이다. 모든 기기는 보호도체 또는 PEN 도체를 경유해서 당해 회로의 전원과 접속되어야 하는데, 이 때 접속점은 일반적으로 계통접지점이 된다.

변압기의 저압측이 델타 접속인 경우에는 상도체(충전선)에 접지하게 되는데, 이와 같은 경우는 충전선이 접지된 TN 계통이 된다.

TN계통에서 배전회로의 보호도체 또는 PEN 도체는 기기가 접속된 외함을 거쳐 간접적으로 접촉 가능하게 되므로, 단락 또는 지락 발생의 경우에 보호도체 또는 PEN 도체에 걸리는 고장전압이 가급적 낮아야 한다. 이를 위해서는 다음과 같은 지점에서 보호도체 또는 PEN 도체의 접지가 필요하다.

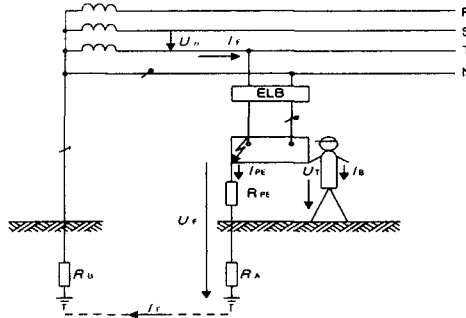
- (1) 각 변압기의 근방 또는 발전기의 근방
- (2) 위 항에 추가해서 가능한 균등하게 분포한 복수의 지점

상기한 (2)의 조건은, 기초구조물의 접지 또는 자연의 접지극(이를 기초접지라 부른다)을 이용하면 된다. 지금까지 저압 TN 계통을 실시한 나라의 경우 전력회사가 다중 접지를 실시하고 있다.

3.2 TT 계통

TT계통에서의 보호수단은 기기의 외함이 보호도체(접지선)를 거쳐 접지 되고 있다. 따라서, <그림 5>와 같이 설치장소와 기기는 기기내 단락(기기내 충전부와 기기 외함과의 단락)이 발생했을 때에도 근사하게 같은 전위가 되어 접촉전압은 거의 0V가 된다. 또, 기기내 단락이 일어나더라도 지락이 되지만 TN계통처럼 단락은 되지 않는다. 그 이유는 고장전류가 TN계통에 비해 작기 때문에 과전류차단기에 의한 차단이 어려

위 통상 누전차단기에 의한 회로 차단이 필요하다.



$$I_F = I_{PE} + I_B$$

R_B : 계통 접지저항

R_A : 기기 접지저항

R_{PE} : 보호접지선 접지저항

<그림 5> TT계통 단락시 고장전압,
접촉전압, 고장전류

가. 자동차단 조건

TT계통에서 자동차단 조건을 만족하는 전기적 조건은 다음과 같다.

$$R_A \times I_a \leq 50V$$

단, R_A : 노출도전성부분을 접속하는 보호도체 저항과 접지극 접지저항의 합계

I_a : 보호장치를 자동적으로 동작시키는 전류, 누전차단기인 경우 정격감도전류

즉, TT계통의 차단조건에 의해 R_A 와 이를 통하여 흐르는 고장전류에 의한 전압강하가 허용 접촉전압 50V 이하이어야 하고, 이 조건을 만족시킬 수 없는 경우에는 보조등전위분당을 해야 한다.

나. 보호장치의 종류

TT계통에서는 보호장치로서 TN계통과 같이 누전차단기나 과전류차단기를 사용한다. 그러나, 접지저항 R_A 를 아주 낮은 값으로 유지해야 하므로 누전차단기를 사용하는 것이 좋다. 이 때, 정격감도전류 30 mA인 누전차단기의 경우는 1660Ω의 접지저항, 정격감도전류 300 mA의 경우는 166Ω의 접지저항이 허용되므로 접지시공상의 문제는 없다.

따라서, TT계통에서 누전차단기는 TT계통에서는 표준적인 보호장치이며, 과전류차단기의 적용은 특수한 경우에만 설치한다.

4. 異種접지계통 평가과 적용

4.1 우리나라 접지계통의 문제

우리나라의 배전계통의 접지는 중성점 다중접지의 TN계통이고, 수용가의 접지방식은 TT계통이다. 말하자면, 접지계통이 다른 이중접지 계통이 혼재하고 있는 실정이나, 지금까지 이에 대한 문제점을 연구하거나 검토한 적이 없다. 수용가의 접지계통을 보면 변압기 2차측의 중성점에 계통접지를 시행하고 있고, 이른바 제3종 접지라 부르는 수용가 부하기기의 접지는 보호도체로 대지에 접속한 TT계통을 시행하고 있는 것이다. 최근에 보호접지 외에 기능용 접지의 문제와 관련하여 TT계통이 갖는 문제점은 다음과 같다.

① 전기설비기술기준에 따라 접지종류별 개별접지가 동일 수용가 내에 여러 개의 접지극에 시공되는 경우 전위간섭에 의한 전자기기들의 오동작 내지 고장이 자주 발생하고 있다.

② 부하기기의 접지가 건물 구조체의 철골, 철근에 전기적으로 접속되는 경우도 적지 않다. 이 경우에 이전에 개별접지가 되어 있는 것은 곤란하고, 여러 가지의 접지에 관계하는 장애의 요인이 되고 있다.

③ 하나의 접지계통에 있어서 시스템 구성기기가 각각 개별로 접지한 경우, 접지계통에 루프가 형성되고 전자 노이즈의 장애가 발생한다.

4.2 TT계통에서 전위 상승과 해결 방안

공용접지에는 전용의 접지선이나 빌딩의 철골을 이용하기 위하여 각각의 접지저항은 대단히 적고, 완전지락의 경우는 단락의 상태가 되며, 지락전류가 크게 된다. 차단장치 등이 작동하기 위한 안전상 문제는 없지만 저압회로가 대규모인 수용가인 경우 차단장치의 차단용량이나 전선 굵기 선정이나 관리가 매우 곤란하게 되며, 주차단기와 분기차단기의 보호협조 문제도 발생하게 된다.

그러므로, 고려할 수 있는 것은 계통접지에 지락전류를 제한하기 위하여 저항을 삽입하는데, 선정방법의 순서는 다음과 같다.

① 변압기(고압, 특별고압)가 복수인 경우 당연히 병렬운전을 한다. 병렬운전시에 1선 지락전류를 구하고 전기설비기술기준의 해석에 의한 2종 접지공사의 접지저항을 구한다.

② 수용가 내에서 지락시의 1선 지락전류의 최대값을 구한다.

③ ②에서 구한 값을 참고해서 삽입저항의 값을 고려한 경우에 지락전류를 계산하고 차단기의 정격, 삽입저항의 용량 등을 가미해서 삽입저항 값을 결정한다. 이 때 고저압 혼촉시의 전위상승을 억압하기 위해서는 삽입저항이 작을수록 바람직하나, 저압측의 지락전류가 커지므로 유의해야 한다. 이 문제는 아직 충분히 검토되지 않은 향후의 연구과제이다.

5. 결 론

지금까지 IEC에서 분류하고 있는 접지시스템의 종류와 나라별 접지방식을 조사하고, 접지방식별 접지 성능과 감전보호 특성과 異種 접지방식의 혼용여부를 고찰하였다.

잘 알려진 바 대로 접지시스템의 성능 평가에 대한 검토 배경은 IEC를 중심으로 한 국제표준화의 움직임이 우리 나라에도 파급되고 있기 때문이다. 일본은 이미 IEC60364 규격을 전면 도입하여 전기설비기술기준을 전면 개정하였고, JIS화 작업도 완료한 상태에 있다.

IEC 규격을 국내에 도입할 때 국제규격과 국내기준의 불일치에 따른 제반 문제점에 대한 검토가 필수적이다. 특히, 접지시스템에 대한 문제는 보호시스템에 대한 전반적인 사항까지 맞물려 있는 전기안전의 근본적인 체계에 대한 문제이다.

본 연구는 이러한 문제에 대한 기본적인 검토를 수행하였는데, 주로 저압시스템의 접지방식에 대한 문제점에 대해 다루었다. 우리나라의 저압 배전설비는 TT 접지방식을 사용하지만, IEC 규격에는 기타 접지방식에 관한 시설방법도 규정하고 있다.

그러나, 저압 배전설비와 수요설비의 접지방식이 다르면 접지기능이 작동하지 않을 위험이 있으므로 저압 배전설비와 수용가 설비의 접지방식이 다를 때의 문제점을 검토하였다.

앞으로, 이 연구를 토대로 우리나라 전기설비기술기준의 전반적인 검토가 수행되어야 할 것이다. 구체적으로 말하면, 22.9kV-Y 배전회로의 TN계통과 저압회로의 TT계통의 異種 접지방식에 대하여 실제시스템의 실험을 통하여 연구를 하여야 할 것이다. 이를 토대로 전기안전 측면에서 저압전로에 대한 보호방식을 전면적으로 재검토하여야 하고, 향후 TT계통을 TN계통으로 전환시 예상되는 수용가의 접지시스템 문제를 보다 심도있는 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] IEC, IEC Publication 60364
- [2] JIS C0364-4-41: 建築電氣設備, 第4部: 安全保護, 第41章: 感電保護
- [3] JIS C0364-4-44: 建築電氣設備, 第4部: 安全保護, 第44章: 過電壓保護
- [4] JIS C0364-4-47: 建築電氣設備, 第4部: 安全保護, 第47章: 安全保護手段の適用
- [5] JIS C0364-5-54: 建築電氣設備, 第5部: 電氣設備の選定と施工 第54章: 接地設備及び保護導體
- [3] Wilhelm Rudolph, Safety of Electrical Installations up to 1000 Volts, VDE-Verlag GmbH, 1990
- [4] Peter Hasse, Overvoltage Protection of Low Voltage Systems 2nd Edition, The Institution of Electrical Engineers, 2000
- [5] 高橋健彦著, 圖解接地시스템入門, Ohmsha, 2001