

KOSHA GUIDE

E - 32 - 2013

## 접지시스템의 정비에 관한 기술지침

2013. 8. 30.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 원광대학교 소방행정학부 이종호 교수

o 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실

o 제·개정 경과

- 2010년 8월 전기안전분야 제정위원회 심의(제정)
- 2012년 4월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)
- 2013년 7월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

o 관련규격 및 자료

- 안전보건기술지침(접지설비 계획 및 유지관리에 관한 기술지침)
- NFPA 70B Recommended practice for electrical equipment maintenance CH 29(Grounding)
- TTAS.KO-04.0026 접지저항 측정기술표준, 한국정보통신기술협회

o 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제3장(전기로 인한 위험방지)

o 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2013년 8월 30일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 접지시스템의 정비에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 지침은 접지시스템의 정비에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

(1) 이 지침은 사업장에 설치된 접지시스템의 정비에 적용한다.

(2) 이 지침은 「전기설비의 정비를 위한 일반 기술지침(KOSHA Code O-11)」을 보완한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “접지(Grounding, Earthing)”라 함은 전기·전자·통신시스템 등의 기기와 대지 사이를 전기적으로 접속하는 것을 말한다.

(나) “접지저항(Grounding resistance)”이라 함은 금속으로 된 접지전극과 흙 입자·물·공기 등으로 구성되어 있는 토양이 접촉하고 접지시스템에서 이 접지전극과 토양과의 전기저항을 말한다.

(다) “위험전압(Dangerous voltage)”이라 함은 대지와 접촉하고 있는 인체에 인가될 수 있는 전압을 위험전압이라 하는데, 이 위험전압은 보통 접촉전압과 보폭전압 2가지로 구분하고 있다.

- ① “보폭전압(Step voltage)”이라 함은 접지전극을 통하여 대지로 전류가 흘러갈 때 접지전극 주위의 지표면에 형성되는 전위분포로 인하여 양발 사이에 인가되는 전위차를 말한다.
- ② “접촉전압(Touch voltage)”이라 함은 대지에 접촉하고 있는 발과 발 이외의 다른 신체 부분과의 사이에 인가되는 전위차를 말한다.
- (라) “매설지선(Counterpoise)”이라 함은 송전선로 또는 배전선로 아래 지중에 매설되어 있는 도체를 말하며, 철탑 또는 전주의 접지시스템과 접속한다. 이 매설지선은 대지에 비해 상대적으로 높은 커패시턴스와 낮은 임피던스를 제공하여, 가공선로의 뇌격 등이 지중 케이블로 이동 될 때 손상을 줄이기 위한 낮은 서지임피던스 통로로 사용된다.
- (마) “유효접지경로(Effective grounding path)”라 함은 회로, 기기 및 금속 외함 등의 도체로 부터 대지까지의 통로가 ① 내구성과 전기적 연속성을 갖고 ② 인가된 어떠한 고장전류도 안전하게 흘릴 수 있는 용량을 갖고 ③ 대지전위상승을 제한하고 회로 보호 장비가 쉽게 작동할 수 있도록 충분히 낮은 임피던스를 갖는 것을 말하며, 대지가 유일한 기기 접지 도체로 사용되어서는 안된다.
- (바) “정전기방전접지(Electrostatic discharge(ESD) grounding)”라 함은 대전체에 충전된 정전기를 안전하게 방전시키기 위하여 이 대전체와 접지를 접속하는 것을 말하며, 이 접지의 목적은 정전기로 인한 기기의 오작동이나 사람의 전격 방지를 위하여 설치하는 것이다.
- (사) “접지도체(Grounding conductor)”라 함은 배선시스템의 기기 또는 접지측 도체를 접지전극에 연결하는 데 사용되는 도체를 말한다.
- (아) “기기접지도체(Equipment grounding conductor)”라 함은 기기, 전선관, 외함 등의 비충전 도전부를 접지도체와 접속하는 데 사용되는 도체를 말한다.
- (자) “고임피던스 접지(High impedance ground)”라 함은 고장전류의 크기를 제한하기 위하여 접지도체에 직렬로 저항과 리액턴스를 접속한 접지를 말한다.

(차) “직접접지(Solid ground)”라 함은 저항 또는 임피던스를 삽입하지 않고 직접 접지시킨 접지를 말한다.

(카) “지락고장(Ground fault)”이라 함은 접지되지 않은 도체와 대지 또는 대지 위의 도전체와의 의도하지 않는 접촉을 말하며, 통전 중인 도체와 기기 접지 사이의 경로에서 지락고장이 발생하면 일반적으로 지락고장전류가 흘러 과전류 차단 장치가 작동한다.

(타) “누설전류(Ground leakage current)”라 함은 전로 이외를 흐르는 전류로서 전로의 절연체(전선의 피복절연체, 애자, 부싱, 스페이서 및 기타 기기의 부분으로 사용하는 절연체 등)의 내부 및 표면과 공간을 통하여 선간 또는 대지 사이를 흐르는 전류를 말한다.

(파) “접지전극 시스템(Grounding electrode system)”이라 함은 대지와 전기적인 접속을 위하여 대지에 의도적으로 삽입한 도전체를 말하며, 대표적인 접지전극은 다음을 포함한다.

- ① 효과적으로 접지된 건물 구조물의 금속부
- ② 효과적으로 접지된 금속 수관
- ③ 효과적으로 접지된 금속 지하 구조물
- ④ 기초(Foundation or footing)내의 콘크리트 매설 전극
- ⑤ 건물 또는 구조물을 완벽하게 둘러싼 접지 환
- ⑥ 접지전극
- ⑦ 변전소의 접지 망(Grid or mat)

(하) “독립된 기기 접지도체(Isolated equipment grounding conductor)”라 함은 기기 접지시스템에 의도적으로 접속한 하나의 절연된 기기 접지도체를 말하며, 독립된 기기 접지도체는 일반적으로 별도로 분리된 율타리 내의 기기 접지단자와 접속된다.

(2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

#### 4. 접지의 기능

접지는 전기시스템에서 아주 중요하고 필수적인 요소이나 용어의 다양한 해석과 오용으로 잘못 이해되는 경우가 많으며, 이 접지라는 용어는 적용에 따라 다양한 기능을 갖는다.

- (1) 전기시스템의 중성 도체(3상4선식의 중성도체)는 전원도체이지만 의도적으로 접지하여 전압을 정상 운전상태 하에서 안정화하고, 대지 또는 이와 유사한 곳과 같은 전압 수준을 유지시킨다.
- (2) 안전을 위해 접지하는 도전성 표면의 접지는 금속 외피, 외함 등 전기기기의 비충전부가 대지와 사이에서 위험전압이 발생하는 것을 방지하기 위해 필요하다.
- (3) 접지되지 않은 도체는 정비 또는 시공 중에 불의의 충전으로 인한 인명사고 위험을 방지하기 위해 임시로 접지시킨다. 이 접지는 정전된 선로 및 기기를 접지도체로 이용하여 대지와 접속하는 임시 보호 조치이다.
- (4) 전기시스템과 전기기기의 모든 접지의 목적은 뇌격, 선로서지(과도) 또는 우연한 접촉에 의해 인가되는 고전압을 제한하고, 정상 작동 상태 하에서 전압을 안정시키며, 고장 전류의 유효한 경로를 구성해 주고자 하는 것이다.
- (5) 유효 접지 경로는 인가되는 최대 고장 전류를 안전하게 흘릴 수 있어야 하며 과전류 차단장치가 쉽게 작동될 수 있도록 충분히 낮은 임피던스 값을 가져야 한다. 또한 접촉전압과 보폭전압을 안전한 값 이하가 되도록 설계 및 설치되어야 한다.

#### 5. 부적절한 접지의 현상과 원인

- (1) 공통 모드 노이즈 전압은 기기 접지도체와 접지측 도체가 유효하게 본딩되지 않았을 때 발생한다.

- (2) 공통 모드 노이즈는 기기 접지도체가 없고 전기적으로 연속적이지 않은 전선관에서 발생할 수 있다.
- (3) 접지 루프는 노이즈 전류의 경로를 형성하기 때문에 바람직하지 않다.
- (4) 접촉 전압은 부적절하게 접지된 금속표면과 접촉할 때 발생한다.
- (5) 불균등 대지 전위에 의한 기기의 오작동은 부적절한 데이터 통신 또는 변환기 표시를 발생시킬 수 있다.
- (6) 전자기기의 정지 또는 손상은 정전기 방전(ESD)에 의하여 기인할 수 있다.
- (7) 과전류 또는 지락방지 장치 등이 작동하지 않거나 오작동 또는 전압 강하는 고 임피던스 지락사고 경로에 기인한다.
- (8) 전자 부품의 손상, 미작동, 오작동 등은 접지 경로의 불충분한 접속에 기인한다.
- (9) 중성 도체 또는 케이블 차폐층의 손상 또는 파괴는 고 임피던스 중성점 접지 장치의 부적절한 크기, 굵기에 의한 결과이다.
- (10) 전압은 도체의 시험 중에 정전된 회로에 나타날 수 있다.
- (11) 서지방호 장치와 전기기기의 손상은 뇌격과 같은 과도전압에 의해서 발생할 수 있다.

## 6. 접지시스템 검사, 시험 및 감시

- (1) 접지와 본딩 도체 및 관련 접속기구의 적합성은 육안 및 물리적인 검사에 의하여 확인해야 한다.

- (2) 변전소의 접지전극 시스템(매설지선을 포함)과 접지망의 상태는 정기적으로 점검한다. 대지와 전기적 접촉을 확인하고 필요할 경우에는 대지저항측정기를 이용하여 대지 저항률을 측정한다.
- (3) 접지 루프 임피던스는 휘스톤 브리지, 켈빈 브리지, 디지털 저저항 저항기 등과 같은 저저항 측정기로 측정할 수 있으며, 임피던스의 값은 경로의 유형, 길이, 크기에 적합해야 한다.
- (4) 가능하다면, 시스템 전체를 통하여 여러 위치에서 기기 접지도체와 접지측 도체 사이의 전압을 측정한다.
- (가) 본딩 점퍼선에서의 전위차는 일반적으로 교류 0.1 V 이하로 한다.
- (나) 접지측 도체에 흐르는 전류로 인하여 주 본딩 점퍼선 아래의 충전전로에 전압이 나타나는 것이 일반적이나, 본딩 점퍼선에서 멀리 떨어진 위치에서 3 V를 넘거나 0.5 V 보다 낮은 전압이 측정된다면, 시스템에 문제가 생겼는지를 확인하기 위해 보다 많은 검사를 하여야 한다.
- (5) 기기 접지도체 전류의 측정은 설비의 위치 및 형태에 따라 달라지며, 기기 접지도체의 전류원을 결정하고 보정한다. 정밀한 실효값 전류계의 사용을 추천한다.
- (6) 기기의 좌대와 외부 접지점에서 전압을 측정하여 그 차는 2 V 미만이어야 한다.
- (7) 정보통신기기에서는 접지전류 및 중성선 전류의 지속적인 감시를 권고한다.
- (8) 정전기방전(ESD) 시스템을 시험할 때 특별한 기준이 없다면, 도체와 접지 사이에서의 누설저항은 1 MΩ을 넘어서는 안 된다.
- (9) 데이터 통신 케이블 차폐층의 접지 상태 시험은 특별한 정비와 전문기술이 필요하다.
- (10) 접지시스템의 시험 결과에 따라 변전소의 접지 시스템을 변경해야 할 필요성이 제기되었다면 전문가의 자문을 받을 필요가 있다.



KOSHA GUIDE
E - 32 - 2013

## 7. 접지 문제점 해결

### 7.1 일반사항

접지전극 시스템과 대지 사이의 저항을 최소화하기 위해 다음 사항을 따라야 한다.

- (1) 적절한 절차에 따라 접속부를 청소하고 견고하게 고정시키고 시험한다.
- (2) 손상되거나 부식된 부품은 교체하거나 수리한다.
- (3) 접지전극의 크기를 변경하고 저감재(환경오염 문제 고려) 사용을 검토한다.

### 7.2 접지도체 접속

기기에 접지도체를 접속할 경우에는 “접지선과 접속방법에 관한 기술지침”에 따른다.

### 7.3 접지전극의 부식 방지

- (1) 전기화학반응으로 인한 접지 전극의 부식을 방지하기 위하여 전식 방지(능동 또는 수동) 시스템을 사용하여 이를 최소화 한다.
- (2) 이종(서로 다른) 금속의 사용을 최소화한다.

### 7.4 절연변압기

- (1) 절연변압기는 1차측 권선과 2차측 권선이 서로 전기적으로 분리된 것을 말하며, 기기접지도체와 2차 접지측 도체 사이의 본딩 점퍼는 공통 모드 노이즈를 방지하기 위한 것이다.
- (2) 차폐된 절연변압기 사용을 추천하며, 이는 기기 접지 단자에 연결된 1차와 2차 권선 사이의 정전기차폐를 포함한다.

## 7.5 신호 회로 분리(Signal circuit isolator)

접지루프 전류 경로의 차단은 신호 회로의 접지 전류로 최소화할 수 있는 것으로, 다음 중 하나 또는 그 이상에 의하여 이를 수 있다.

- (1) 광섬유 케이블
- (2) 시스템 당 1점 접지(전원 및 전자기기의 접지 권고 지침(ANSI/IEEE 1100) 참조)
- (3) 광 분리기(optical isolator)
- (4) 신호 회로 또는 전원 회로의 신호회로 절연변압기

## 7.6 독립 접지 콘센트

- (1) 기기 접지 단자와 별도로 분리된 접지 콘센트(오렌지색 또는 오렌지 삼각형 표시)를 설치하는 것이다.
- (2) 절연된 기기접지 도체는 콘센트의 접지 단자와 접속하되, 이 접지도체는 사용가능한 전기시스템 또는 접지단자에 접속한다.

## 7.7 차폐 접지(Shield ground)

케이블의 차폐층은 한쪽 끝 또는 양쪽 끝을 접지하여야 한다.

### 7.7.1 데이터 통신케이블

데이터 통신케이블의 차폐층은 케이블의 한쪽 끝(일단)이나 양쪽 끝(양단) 모두를 기기 접지선과 접속한다. 케이블 차폐의 양단을 접지할 경우, 또 다른 차폐층은 외부 차폐층 내부에 있도록 하고 이를 1점 접지한다.

- (1) 일단접지 또는 양단접지 모두 장점과 단점을 갖고 있다.

- (가) 일단 접지는 접지루프의 전위를 최소화할 수 있는 장점이 있지만, 접지되지 않은 끝단에서는 안전수준을 넘는 차폐층의 전위상승으로 기기 또는 사람에게 위험을 줄 수 있다.
- (나) 일단 접지차폐층의 비접지된 끝단에서는 서지방호장치 등을 통하여 고주파 노이즈를 누설시킬 수 있다.

- (2) 양단 접지된 차폐층에서는 전위상승을 최소화하는 장점이 있지만, 접지루프로 인한 순환전류로 인하여 외부 차폐층의 허용전류를 넘는 전류가 흐를 수 있다.

#### 7.7.2 전력케이블

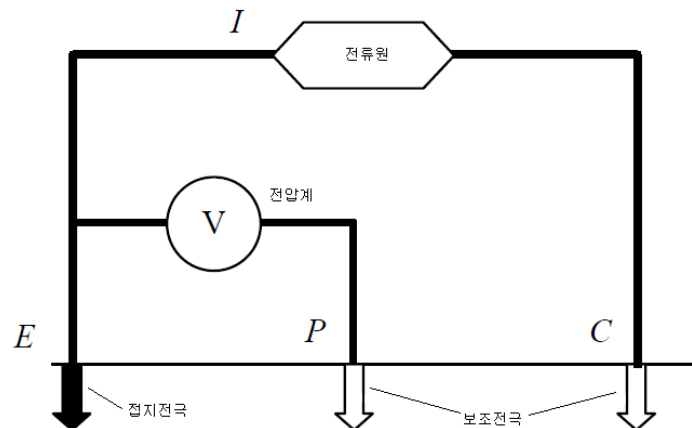
- (1) 전력케이블의 차폐층은 케이블의 한쪽 끝(일단) 또는 양쪽 끝(양단) 모두를 기기 접지선과 접속한다. 차폐는 케이블 전체 길이에 균등하게 유전 스트레스를 준다.
- (2) 케이블의 양쪽 끝을 접지할 경우, 접지루프 전류에 의한 열 발생 때문에 케이블의 부하전류를 낮출 필요가 있다.

## 부록 1. 접지저항 측정

### 1. 접지저항 측정원리

#### 가. 접지저항 측정원리

접지저항은 해당 접지체에 유입되는 전류와 그에 의하여 상승되는 지전위와의 비이므로 <그림 1-1>과 같이 접지저항을 측정하고자 하는 접지전극(E)과 보조전극 C (이를 전류전극이라고 한다) 사이에 알고 있는 전류(I)를 통하게 하고 이들을 연이은 선상에 또 다른 보조전극 P(이를 전위전극이라고 한다)를 두어 접지전극에 의한 전압강하를 측정하고, 옴의 법칙( $R = \frac{E}{I} \Omega$ )으로 접지저항을 구한다. 이 전위강하법은 접지전극과 두 개의 보조전극이 사용되어 총 3 개의 전극에 의한 측정법이므로 3점 전위강하법이라고도 한다.



<그림 1-1> 소형 접지극의 접지저항 측정회로

#### 나. 전극간 이격거리

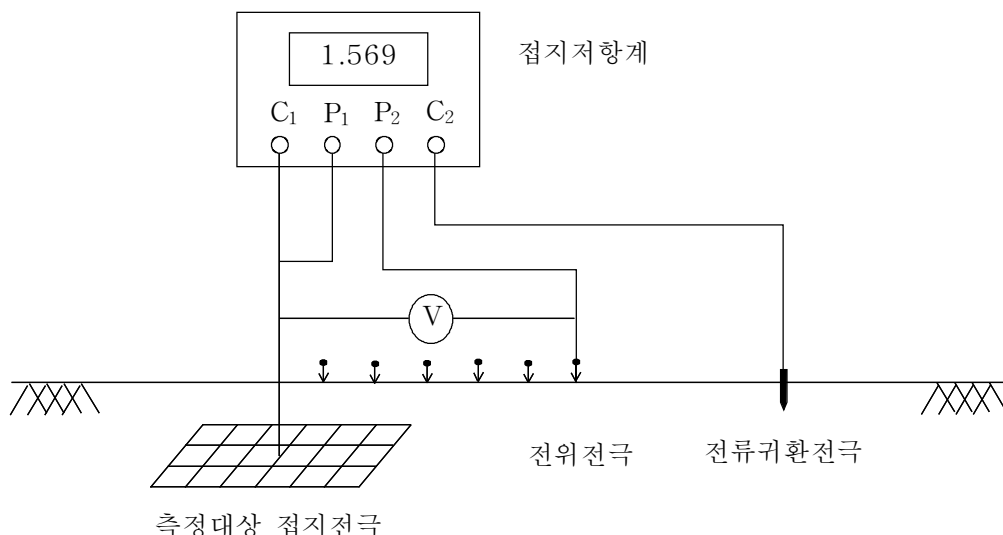
접지전극과 전류전극 사이 지중 전계 간섭을 최소화하는 기술 원리상 전류전극의 이격거리는 가능한 먼 거리로 하는 것이 오차의 확률을 줄여 정확한 측정에 유리하다. 그러나 이때에 보조전극선간의 유도 간섭에 의한 영향을 점점 많이 받을 수도 있음을 고려하여야 한다.

또한 원거리로 이격될수록 다른 외적 영향 요소, 가공전선 또는 철탑 등의 시설물과 다른 지중 도전 매체 등 인근 환경상의 간섭 장애 요인이 발생할 확률이 높아지는 문제가 있다. 뿐만 아니라 거리가 멀어질수록 알 수 없는 토양의 구조 변화도 심화될 수 있을 수 있으므로, 이상적으로 충분한 이격거리 범위로 볼 수 있는 것은 수직 깊이형 접지시설의 경우는 접지체 매설 깊이의 10 배, 수평접면형 접지시설의 경우는 접면 중심으로부터 그 점유 면적에 대한 대략적인 면적 환산 직경의 10 배 정도로 한다.

## 2. 접지저항 측정방법

### 가. 측정회로의 결선

4단자 대지고유저항 또는 접지저항 측정계를 이용하여 <그림 1-2>와 같이 결선한다. 측정계기의 고정 전류전극 단자 C1과 고정 전위전극 단자 P1은 측정대상인 변전소 접지계통 접지전극에 접속한다. C2 단자는 원방의 보조 전류귀환 전극에 접속한다. 전위전극 단자 P2는 C1 접속지점과 C2 접속지점 사이에 위치한 이동용 전위전극에 접속한다.



<그림 1-2> 대형 접지극의 접지저항 측정회로

#### 나. 변전소 접지저항값 결정

만약 측정대상인 변전소 접지계통 접지전극과 보조 전류귀환 전극이 반구이고 이들의 반경이 접지전극과 보조 전류귀환 전극과의 이격거리에 비하여 작으며, 토양이 균질일 경우에 측정대상인 변전소 접지계통 접지전극의 접지저항을 나타내는 정확한 전위 전극의 위치는 접지전극으로부터 이격거리의 61.8%가 되는 곳의 저항값을 변전소의 접지저항값으로 결정할 수 있다.