

KOSHA GUIDE

E - 9 - 2012

# 보호도체의 건전성 검출 및 감시에 관한 기술지침

2012. 6

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 서울산업대학교 정재희 교수

o 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실

o 제 · 개정 경과

- 2009년 7월 KOSHA CODE 전기분야제정위원회 심의

- 2012년 4월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

o 관련규격 및 자료

- KOSHA GUIDE E-92-2011(접지설비계획 및 유지관리에 관한 기술지침)

- KOSHA GUIDE E-102-2011(저압용 전기설비의 접지설비 선정 및 설치에 관한 기술지침)

- Electrical earth monitoring and protective conductor proving, BS 4444:1989

o 관련법령 · 고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제3장(전기로 인한 위험방지) 제1절 (전기기계 · 기구 등으로 인한 위험방지)

o 기술지침 적용 및 문의

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

공표일자 : 2012년 6월 20일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 보호도체의 건전성 검출 및 감시에 관한 기술지침

### 1. 목적

이 가이드는 전기에너지로부터 위험을 방지하기 위한 보호도체의 건전성 검출 및 감시에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 범위

(1) 이 가이드는 접지감시장치 및 접지검증장치의 설계와 시설에 있어 안전한 사용과 적용에 대한 일반적인 절차에 대하여 규정한다.

(2) 이 가이드는 다음의 설비에는 적용하지 않는다.

- (가) 선박, 철도차량, 항공기, 자동차량 등에 설치된 설비
- (나) 광산의 지하 시설물
- (다) 철도차량 전용의 발전·송전·배전용의 레일 설비
- (라) 신호 및 통신전용 설비 등

### 3. 정의

(1) 이 가이드에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

- (가) “접지검증시스템(Earth proving system)”이라 함은 설비 내에 있는 보호도체의 연속성을 확인할 수 있는 검증시스템을 말한다.
- (나) “접지감시시스템(Earth monitoring system)”이라 함은 전기시스템의 접지망을 구성하는 보호도체의 임피던스를 측정하여 고 신뢰도를 지속적으로 유지하는 감시시스템을 말한다.
- (다) “기능접지시스템(Functional earthing system)”이라 함은 전력설비의 정상운전 상태에서 대지로 전류가 흐르도록 하는 접지시스템을 말한다.

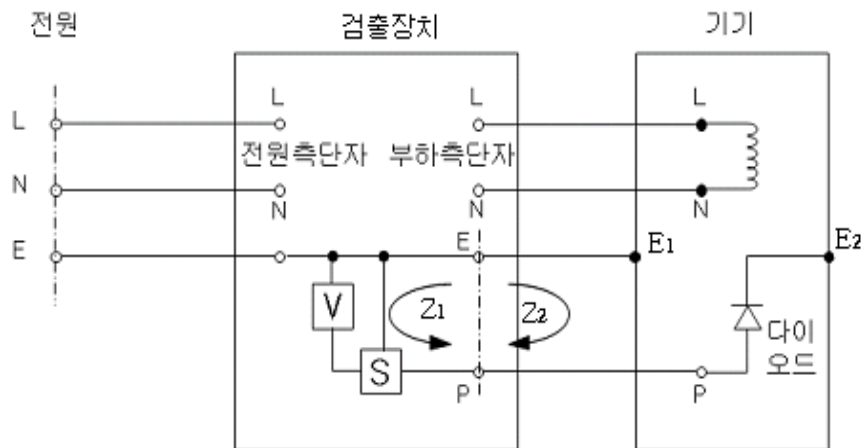
- (라) “누전전류보호시스템(Residual current protection system)”이라 함은 누설전류가 흐르게 되면 이를 검출하여 전원을 차단함으로써, 누설전류에 의한 전격과 전기화재의 위험을 없애는 시스템을 말한다.
- (마) “전압동작형 지락고장시스템(Voltage operated earth fault system)”이라 함은 전압감지를 위해 사용되는 장치로서, 기기외함과 외함 주위의 전위차가 일정 수준에 도달하면 전원을 차단함으로써 전격의 위험성을 최소화하는 시스템을 말한다.
- (바) “누전전류(Earth leakage current)”라 함은 정상상태에서 기기외함 등의 도전부로부터 대지로 흐르는 전류를 말한다.
- (사) “고장전류(Fault current)”라 함은 절연파괴 또는 선로간의 단락에 의한 전류를 말한다.
- (아) “지락고장전류(Earth fault current)”라 함은 대지로 흐르는 고장전류를 말한다.

(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. 접지검증시스템

- (1) 접지검증시스템은 검증장치로부터 멀리 떨어진 전기기기의 보호도체가 연속성을 유지하고 있는 지를 검출한다.
- (2) 시험도체(Pilot conductor)와 보호도체 사이의 단락상태를 직류계전기를 이용하여 검출한다.
- (3) <그림 1>에서 전원임피던스  $Z_1$ 을 시험도체 경로와 직렬로 연결시키면, 전체 임피던스는  $Z_1$ 과 루프(Loop)임피던스  $Z_2$ 의 벡터 합으로 나타난다.
- (4) 검출된  $Z_2$ 의 측정값이 일정 수준, 예를 들어 10 Ω을 초과하는 경우, 전기기기를 전로로부터 차단하여야 한다. 또한 전기기기에 통전한 이후, 루프가 개방되었거나, 임피던스 값이 일정 수준, 예를 들어 20 Ω을 초과할 경우에는 전기기기를 전로로부터 분리시켜야 한다.
- (5) 검출전류는 기기외함, 보호도체 등으로 이루어진 폐환회로를 따라 흐른다.

- (6) 다이오드를 사용하지 않는다면 단자 P와 E<sub>2</sub> 사이를 직접 연결하여야 한다.
- (7) 접지루프가 기기외함을 포함하는 경우 전로간의 단락을 예방하기 위하여, 외함에 두 개의 독립된 접지용 단자를 설치하여야 한다.



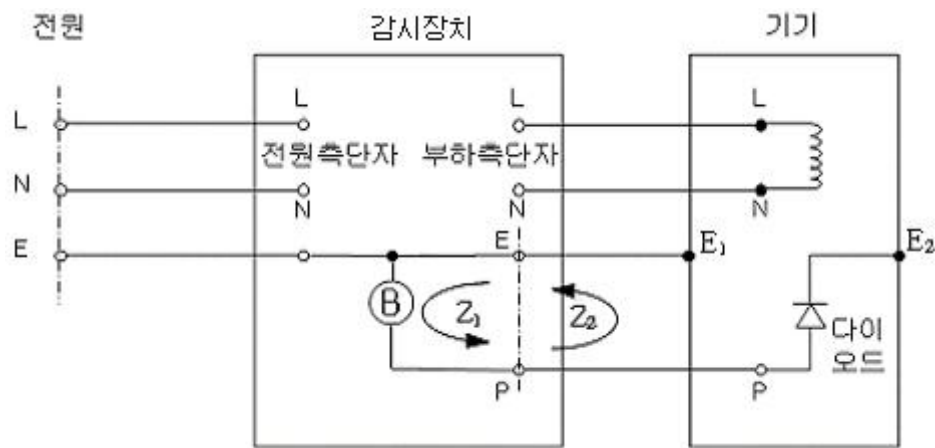
E<sub>1</sub> : 보호도체 접지단자  
 E<sub>2</sub> : 시험회로 접지단자  
 P : 시험도체 단자  
 S : 감지장치  
 V : 특별 저전압 전원  
 Z<sub>1</sub> : 전원임피던스  
 Z<sub>2</sub> : 루프임피던스

<그림 1> 접지검증장치의 기본회로

## 5. 접지감시시스템

- (1) 접지감시시스템은 멀리 떨어진 전기기기의 보호도체 임피던스 값을 지속적으로 측정하여, 고 신뢰도를 유지하도록 한다. 감시장치는 전원과 보호하기 위한 전기기기 사이에 연결된다.
- (2) 보호도체의 임피던스 값을 지속적으로 유지하기 위한 접지감시는 12 V를 초과하지 않는 특별안전 저전압 전원에 의한 미소전류의 연속적인 순환에 의해 이루어진다.

- (3) 감시전류는 기기외함, 보호도체 등으로 이루어진 궤환회로를 따라 흐른다.
- (4) 접지루프가 기기외함 부분을 포함하는 경우 전로간의 단락을 예방하기 위하여, 두 개의 독립된 접지용 단자를 설치하여야 한다.
- (5) 보호도체와 시험도체의 임피던스에 의해 평형 브리지회로가 <그림 2>와 같이 구성된다.



- B : 평형 브리지회로  
 E<sub>1</sub> : 보호접지단자  
 E<sub>2</sub> : 시험회로의 보호단자  
 P : 시험 도체단자  
 Z<sub>1</sub> : 전원임피던스  
 Z<sub>2</sub> : 루프임피던스

<그림 2> 접지감시장치의 기본회로

- (6) 브리지회로의 평형상태는 회로의 개방, 단락 등 루프의 변동 상황에 따라 간섭을 받게 되므로, 루프의 변동 상황이 발생하게 되면 신호를 표시하거나 전원을 차단할 수 있다.
- (7) 브리지회로의 전형적인 임피던스 감도는 다음과 같다.
- (가) 가정용 전기설비 :  $4 \pm 2\Omega$   
 (나) 산업용 전기설비 :  $8 \pm 2\Omega$

## 6. 실용적인 방법

접지검증시스템과 접지감시시스템은 설치장소 및 연결방법에 따라 여러 가지 형태가 적용되고 있으며, 본 가이드에서는 6.1부터 6.3까지에 기술되어 있다.

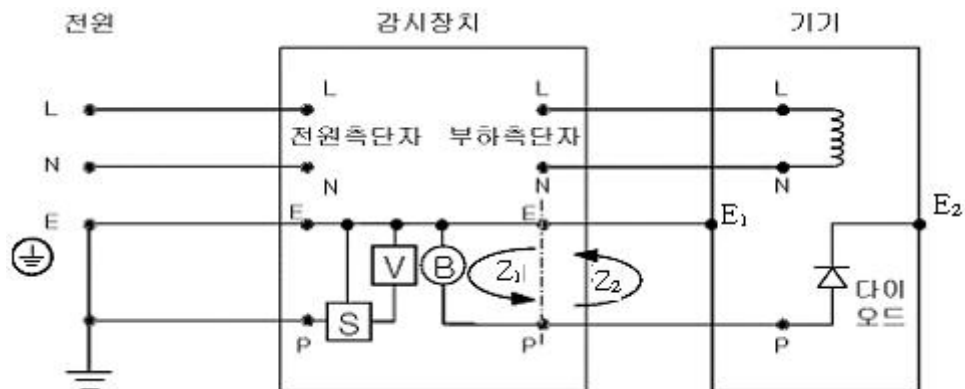
### 6.1 A 방법

- (1) A 방법은 일반적으로 적용되는 방법이며, 이동식 전기기기에 적용되는 가요성 이동케이블(Flexible trailing cable)의 보호도체와 시험도체로 이루어진 루프의 안전성을 검증·감시하는 방법으로서, 검증·감시장치는 전기기기에 전원을 공급하는 가요성 이동케이블의 연결지점에서 전원을 차단할 수 있도록 설치된다.
- (2) 보호도체의 검증·감시장치는 전기기기의 플러그, 소켓장치 또는 고정 결합 장치에 의해 가요성 이동케이블을 통하여 연결된다. 이 방법은 감시시스템에서 사고가 검출되면 가요성 이동케이블과 연결된 전기기기의 전원공급 회로를 개방함으로써 전원을 차단하게 된다.

### 6.2 B 방법

- (1) B 방법은 A 방법과 유사하나, 검증·감시장치가 전기기기와 가요성 이동케이블이 직접 연결되는 지점에서 전원을 차단하도록 설치된다.
- (2) 이 방법은 검증·감시장치에 고정된 전선이 설치되어 있지 않거나, 이동형 전기기기에 연결할 경우 사용한다. 이 경우 검증·감시장치는 전원 케이블의 보호도체를 검증·감시하는 목적으로 전기기기 자체에 설치된다.
- (3) B 방법에서의 보호도체 검증·감시장치는 고정위치에서 이동 가능한 위치로 변경된 것이며, 가요성 케이블이 부하측 대신에 전원측에 연결된 것이다. 그러므로 보호도체의 검증·감시장치가 부하전원은 차단하지만, 전원을 공급 중인 가요성 이동케이블 전원은 차단하지 않으며, 필요시 경보장치를 설치할 수 있다.

- (4) 이동케이블에서 고장이 검출되면 이의 원인을 제거하기 위한 별도의 수단이 강구되어야 한다. 또한, 보호도체와 시험도체를 분리시키기 위한 플러그 및 소켓이 고정 설치되어 루프를 구성하며, 이의 연결은 <그림 3>에서처럼 이루어진다.



- B : 평형 브리지회로  
 E<sub>1</sub> : 보호접지단자  
 E<sub>2</sub> : 시험회로 접지단자  
 P : 시험 도체단자  
 S : 감시장치  
 V : 특별 저전압 전원  
 Z<sub>1</sub> : 전원임피던스  
 Z<sub>2</sub> : 루프임피던스

<그림 3> 접지 검증·감시장치의 기본회로

### 6.3 C 방법

- (1) C 방법은 고정된 전선로 내의 케이블 속에 보호도체와 시험도체로 구성된 루프를 구성하여 이를 통해 안전성을 검증·감시한다. 검증·감시장치는 전원 케이블 또는 고정 설치된 전선로에 접속된 이동형 전기기기의 전원공급을 차단하기 위하여 설치된다.
- (2) 이 방법에서는 고정 설치된 케이블이 전원으로부터 현장의 해당 전기기기 까지 검증회로를 구성하고 있으며, 이 경우 케이블에는 전원장치 또는 감시장치를 확장하고자 하는 지점과 직렬로 연결하기 위한 시험도체가 필요하다.



- (3) 시험도체는 케이블과 공용으로 사용할 수 있고, 별도로 설치할 수도 있다.
- (4) C 방법에서의 검증·감시장치는 부하를 차단하거나 경보장치만 작동시킬 수 있으며, 전원측 케이블을 차단할 수는 없다.

## 7. 케이블

- (1) 검증·감시전류는 적용방식에 따라 전기기기 또는 고정 배선선로를 따라 흐르게 되므로, 보호도체 뿐만 아니라 검증 또는 감시루프를 제공하기 위하여 설치된 가요성 이동케이블 및 고정설치 케이블은 케이블 내의 보호도체와 시험도체 간을 절연시켜야 하며, 시험도체 단자도 보호도체 단자로부터 전기적으로 독립되게 설치하여야 한다.
- (2) 가요성 이동케이블이 차량 또는 이동장치로부터 손상받기 쉬운 경우, 강한 방식층으로 보호된 연선형 접지 금속 피복 케이블을 사용할 것을 권장한다.
- (3) 금속물체가 케이블 연선을 관통하면 노출된 충전부 또는 도전체가 접지연선에 의해 단락될 가능성이 높으며, 그 결과로 인한 고장은 과전류 보호장치 또는 지락 보호장치에 의해 제거되어야 한다.
- (4) 매우 작은 전류로 작동하는 보호도체 검증·감시장치는 부하측 선로와 시험도체 사이의 상호 간섭에 의해서 민감하게 작동하며, 특히 부하전류의 파형이 일그러지면 트립을 야기할 수 있다. 이 경우 부하전류가 흐르는 선로로부터 보호도체와 시험도체가 상호 차폐될 수 있는 케이블의 사용이 고려되어야 한다.

## 8. 플러그, 콘센트 및 케이블 접속장치

- (1) 가요성 이동케이블 및 보호도체의 검증·감시장치에 사용되는 플러그, 콘센트 및 케이블 접속장치는 시험도체 및 보호도체의 궤환경로를 형성하기 위하여 가요성 이동케이블의 보호도체와 시험도체 그리고 부하와 함께 연결시켜야 한다.

- (2) 플러그, 콘센트 및 케이블 접속장치의 연결은 핀 및 튜브형으로 이루어져야 한다.
- (3) 편조케이블을 사용할 경우 플러그, 콘센트 및 케이블 접속장치에는 케이블 편조선과 전기·기계적으로 확실히 연결하기 위한 장치가 구비되어야 한다.
- (4) 플러그의 핀이 콘센트 등에서 분리되는 경우, 이로 인한 보호도체의 연결이 분리되기 전에 주 전원이 먼저 차단되어야 한다.

## 9. 멀티콘센트 시스템

- (1) 멀티콘센트 시스템은 다수의 분리된 시험도체와 보호도체로 구성된 루프를 구성하며, 각각의 시험도체는 상호 절연되어 있고, 주 보호도체는 공통으로 사용된다. 다만, 어느 한 케이블에서 이상이 발생하면 모든 콘센트가 연결도체로부터 분리되어야 한다.
- (2) 하나의 플러그를 제거할 때 모든 검증·감시장치가 차단되는 것을 방지하기 위하여 전기기기를 사용하지 않을 때는 루프를 유지하고, 전원에 연결될 때는 기기 본체를 통하여 루프가 유지되도록 하는 스위치형 콘센트 또는 자동 접속장치와 같은 연동장치를 사용한다.