

KOSHA GUIDE

E - 59 - 2012

## 정전 및 단락접지 절차에 관한 기술지침

2012. 6

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 원광대학교 소방행정학부 이종호 교수

o 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실

o 제·개정 경과

- 2010년 11월 전기안전분야 제정위원회 심의(제정)

- 2012년 4월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

o 관련규격 및 자료

- 산업안전보건기준에 관한 규칙

- OSHA 29 CFR 1910(Occupational Safety & Health Standards)

- NFPA 70B Recommended practice for electrical equipment maintenance, CH 23(De-energizing and grounding of equipment to provide protection for Electrical maintenance personnel)

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 : 2012년 6월 20일

제정자 : 한국산업안전보건공단 이사장

## 정전 및 단락접지 절차에 관한 기술지침

### 1. 목 적

이 지침은 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하 “안전보건규칙”이라 한다.) 제19조(정전전로에서의 전기작업) 및 제307조(단로기 등의 개폐)에 따라, 정전된 전기설비 또는 근접장소에서 작업하는 작업자가 원치 않는 전기설비의 재충전으로 인한 전격 및 화상 위험을 방지하기 위하여 실시하는 정전 및 단락접지 절차에 관한 기술적 사항을 정함을 목적으로 한다.

### 2. 적용범위

사업장에 설치된 전기설비의 정전작업에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “전기설비”(이하 “설비”라 한다.)라 함은 전기에너지의 생산 및 사용, 즉 발전·송전·변전·정류·제어·저장·측정 또는 사용에 관련된 제반 모든 설비를 말한다.

(나) “활선”이라 함은 설비가 전기 에너지원에 연결됨으로써 전압을 보유한 상태를 말한다.

(다) “충전”이라 함은 설비가 활선상태이거나 전력시스템에서 분리되었다하더라도 정전유도 또는 잔류전하에 의하여 전하가 충전된 상태를 말한다.

(라) “정전”이라 함은 설비가 ‘활선’ 또는 ‘충전’되지 아니한 상태를 말한다.

(마) “분리”라 함은 설비(또는 전기 시스템의 일부분)가 기타 전기 에너지원과 접촉되지 않고 충분히 이격되어 있어 우연히 충전되지 않을 정도로 안전하게 접촉이 분리된 상태를 말한다.

(바) “정전작업”이라 함은 전로를 개로한 후 수행하는 당해 전로 또는 그 지지물의 설치·점검·수리·도장 등의 작업을 말한다.

(사) “활선작업”이라 함은 작업자가 활선 또는 충전된 도체에 접촉하거나, 기구·장비 또는 장치를 다루는 신체의 일부가 활선 작업 구역 내에 있는 제반 행위를 말한다.

(아) “단락접지”라 함은 정전된 전로들을 도체로 점퍼하여 접지시킨 것을 말하며, 시스템의 중성점 접지 또는 전기설비의 비충전 금속 부분의 접지를 말하는 것은 아니다.

(자) “단로기”라 함은 규정된 요구 사항에 적합한 절연거리를 제공하는 기계적인 개폐장치를 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. 일반 사항

### 4.1 일반사항

- (1) 전기설비의 정전된 전로·도체 위 또는 근접장소에서 작업하는 작업자는 회로가 우연히 재충전되는 경우에 발생할 수 있는 전격 위험 또는 섬광에 의한 화상(이하 “감전위험”이라 한다)을 방지하기 위하여 적절한 보호조치를 하여야 한다.
- (2) 작업자의 감전위험에 대한 보호범위와 보호장치의 형태·절차 등은 다음에 따라 합리적으로 정하여야 한다.

(가) 보호범위는 특정 상황에 따라 최적의 보호조건이 되도록 정한다.

(나) 고압 이상의 선로에서 작업하는 경우에는 높은 수준의 보호조치가 제공되어야 한다. 다만, 저압의 분기회로에서 작업하는 경우 최소한의 보호조치가 필요하다. 최적 및 최소한의 보호조치의 경계에 있는 경우에는 적절한 평형상태를 유지하여야 한다.

## 4.2 전기위험의 발생

보호의 형태와 범위를 정할 때에는 다음과 같은 위험한 상태의 발생 가능성을 고려하여야 한다.

- (1) 근접 충전전선로부터의 유도
- (2) 원하지 않는 전로 재충전을 초래하는 스위치의 조작 실수
- (3) 충전 전로가 정전 전로와 전기적으로 접촉할 수 있는 모든 비정상 상태
- (4) 직격뢰 또는 인근 낙뢰로 인하여 발생하는 고전압
- (5) 커패시터(콘덴서) 또는 이와 기타 유사한 기기에 축적된 전하

## 5. 전기위험 방지대책

### 5.1 단계별 전기위험 방지대책

작업자를 감전위험으로부터 보호하기 위한 안전작업 절차는 가능한 한 다음과 같은 5 단계에 따른다.

#### 5.1.1 전로의 개방

- (1) 특정 기기에 공급되는 모든 전원은 최근의 도면, 단선도, 표지 등을 이용하여 확인한다.

- (2) 관련 전원의 단로기를 개방한다. 눈으로 확인 가능한 칼날(Blade)이 있는 단로장치를 사용하는 경우, 모든 칼날이 완전히 개방되어 있는지를 눈으로 확인한다.
- (3) 차단기는 완전히 개방된 상태이어야 한다.
- (4) 자동으로 작동하는 스위치 또는 제어장치는 작업자의 안전 확보를 위한 단로장치로 간주하지 않는다.

#### 5.1.2 잠금장치의 설치

- (1) 단로장치를 개방하는 조작 손잡이에 잠금장치와 꼬리표를 부착한다.
- (2) 특히 전원을 차단하기 위해 퓨즈를 제거하는 경우, 승인받지 않고 퓨즈를 재 삽입하지 않도록 주의하여야 한다.
- (3) 수립된 잠금 및 표지에 관련된 지침은 전기정비작업 지침에서 아주 중요한 부분이다.

#### 5.1.3 정전여부 확인

- (1) 모든 도체가 정전되었는지를 확인하기 위해 전로를 전압검출기(이하 “검전기”라 한다)로 확인한다.
- (2) 칼날이 눈에 보이지 않는 고정식 차단기 및 스위치를 포함한 전로에서의 정전여부의 확인은 특히 중요하다.
- (3) 각 정전회로의 “무전압”임을 확인하기 위해 적합한 등급의 검전기를 사용한다.
- (4) 필요시 고전압 이상의 검전기 중 전압인가 시험에 필요한 전원 공급장치가 구비되어야 한다.

#### 5.1.4 단락접지 실시

- (1) 모든 도체는 상간 단락 및 접지가 될 때까지는 충전부로 간주하여야 한다.

- (2) 시험에 의하여 도체에 “무전압”이라는 것이 확인되면, 수립된 절차에 따라 적절하게 단락접지를 하여야 한다.
- (3) 도체에 대한 단락접지를 하는 이유는 많은 주의에도 불구하고 기기가 재충전되는 경우 작업자를 보호하기 위한 것이다.
- (4) 전로에 용량성 부하가 포함되어 있을 때에는 그 부하에 충전된 모든 전하를 방전시키기 위해서도 단락접지가 필요하다.

#### 5.1.5 관련 모든 작업자 참여

모든 작업자는 스스로 기 수립된 정전관련 제반 절차와 방법에 따라 단락접지를 하여야 한다.

### 5.2 단락접지의 방법 및 절차

#### 5.2.1 일반사항

- (1) 안전을 위하여 체인이나 작은 직경의 전선 및 클램프(배터리용 클램프 등) 등으로 정전된 도체를 접지하여서는 안 된다.
- (2) 수십만 A의 고장전류는 퓨즈의 용단이나 차단기를 개방하기 전에 체인이나 가는 접지선을 먼저 녹일 수 있기 때문에 위험전압, 녹은 금속 및 아크 등으로 인한 큰 위험이 작업자들에게 초래될 수 있다.
- (3) 안전 측면에서 감전방지를 보장하기 위한 단락접지 절차의 준수와 적합한 단락접지기구의 사용과 설치의 필수사항이다.

#### 5.2.2 단락접지

- (1) 단락접지를 하기 위한 접지기구(이하 “단락접지기구”라 한다)는 고장전류에 대해 적합한 용량을 가진 케이블에 부착된 대용량의 클램프로 구성된다.

(가) 고장 발생으로 인해 과전류 보호장치가 작동하여 선로를 개방할 때까지 큰 고장전류에 주의하여야 한다.

(나) 단락접지기구를 도체와 접속하기 위하여 절연봉을 사용할 때, 단락접지기구의 부피와 무게가 지나치게 크면 작업에 불편을 주기 때문에 단락접지기구는 필요 이상으로 크지 않도록 하여야 한다.

(2) 단락접지기구를 선택할 때, 다음 사항을 고려하여야 한다.

(가) 접지 클램프는 도체의 굵기와 고장 전류에 대하여 적합한 용량이어야 한다.

- ① 부적합한 크기의 접지 클램프는 고장전류로 인하여 용해 또는 분리될 수 있고, 전로가 재충전되는 경우에 고장전류를 흘릴 수 있도록 설계되지 않았기 때문에 활선작업용 클램프는 정전된 전로의 접지용으로 사용해서는 안 된다.
- ② 활선작업용 클램프는 탭 도체를 가공선로에 연결하기 위한 것으로, 큰 고장 전류는 과전류 보호장치가 작동하기 전에 활선작업용 클램프를 용해 또는 분리시켜 치명적인 전압 및 아크 화상을 작업자에게 입힐 수 있다.

(나) 단락접지 케이블은 2개 이상을 병렬로 접속 사용하기에 적합한 용량이어야 하며, 이 적합한 용량의 주요 3요소는 다음과 같다.

- ① 케이블 말단에 설치된 압착고리의 단자 강도
- ② 용해하지 않고 최대 전류를 흘릴 수 있는 굵기
- ③ 재충전 중, 작업구역에서 안전하게 전압 강하를 유지하는 저저항

(다) 단락접지 클램프와 정전된 도체 사이의 금속과 금속간의 견고한 접속은 필수적인 요건이다.

- ① 대부분의 도체는 부식되어 있거나 페인트칠이 되어 있는 경우가 많지만 이를 닦아 낸다는 것은 쉽지 않기 때문에 접지 클램프는 톱니 형태이어야 한다.
- ② 철탑, 개폐장치 또는 변전소 접지 모선에 부착된 접지 클램프는 부식이나 페인트를 확실히 통과하도록 하기 위하여 뽕족하고 움푹한 고정나사로 조여 적합한 접속부를 확보하여야 한다.

(라) 단락접지 케이블은 낮은 저항을 유지하고 고장시 케이블의 과도한 늘어짐이 없도록 그 길이는 가급적 짧아야 한다.



- ① 전로가 재충전되면 고장전류와 합성자력은 작업자가 작업 중인 구역에서 접지 케이블을 심하고 위험하게 이완시킬 수 있다.
- ② 작업자의 안전을 위한 접지 케이블은 적절한 경로 선택은 과도한 늘어짐을 방지하기 위하여 필수적인 사항이다.

(마) 단락접지 케이블은 전로가 불의의 재충전되었을 경우, 작업 장소에 전압강하를 최소화시키기 위하여 여러 상을 접지된 구조물 사이와 시스템 중성점(가능한 경우에 한함)에 접속하여야 한다(<그림 1> 참조).

(3) 적절한 굵기의 짧은 단락접지 케이블 및 클램프를 상도체에 접속하는 것은 상도체 사이의 저항을 최소화 시켜 정전된 선로가 불의에 재충전될 경우에 과전류 보호 장치를 신속히 작동시키게 된다(<그림 1> 참조).

(가) 접퍼선과 접지된 철탑 또는 개폐장치 접지모선 사이의 짧은 인하 케이블은 대전류가 흐르는 동안에 작업구역에서 과격하게 요동칠 수 있는 케이블의 양과 저항을 줄여 준다.

(나) 만약 작업 구역에 시스템 접지도체가 있을 경우, 케이블을 시스템 접지도체에 접속하면 전원에서 접지로 연결되는 가장 작은 저항 값을 갖게 되어 더욱 완벽하게 보호된다.

(다) <그림 1>의 (a)는 개폐장치 내부에서 작업하는 사람과 모선을 나타내며, 가공 선로 및 변전소 외부 위에서 작업하는 경우와 같은 조건이다.

(라) 위와 같이 적절히 접지된 지역에서 작업하는 경우, 시스템에 흐르는 전류에 의한 전압 강하가 최소가 되도록 한다. 또한 낮은 저항으로 인하여 퓨즈 또는 차단기의 신속히 작동한다면 작업자가 전압에 노출되는 시간을 최소화할 수 있다.

(4) 단락접지기구를 설치하고 철거할 때에는 다음 사항에 따른다.

(가) 단락접지기구를 설치하기 전에, 도체 내에 끊어진 연선이 있는지, 클램프 단자에 분리된 연결부가 있는지, 클램프 기구의 결함이 있는지 등을 검사하여야 하며, 결함이 있는 기구는 사용하여서는 안 된다.

(나) 단락접지기구는 정전된 장비에서 수행되는 작업의 각 지점에 각각 설치하며, 이와 달리 정전된 전로 끝이나 작업 양쪽에 접지장치를 설치하기도 한다.

(다) 정전된 설비의 상도체에 단락접지기구를 접속하기 전에 접지 인하도체의 한 끝을 금속 구조물 또는 개폐장치의 접지모선에 먼저 접속하고, 이어서 상도체 사이를 접지케이블로 접속하여야 한다.

(라) 단락접지기구를 철거할 때에는 설치 절차와 반대로 상 사이의 케이블을 먼저 분리하고 이어서 상도체로부터 인하도체를, 마지막으로 금속 구조물 또는 접지 모선으로부터 인하도선을 분리시킨다.

(5) 단락접지기구를 철거할 때의 주의사항은 다음과 같다.

(가) 전로를 재충전하기 전에 접지장치를 철거하는 것은 일부를 제외하고, 초기 설치와 같이 중요하다. 만약 작업을 완료하고 단락접지기구 철거를 잊고 전로를 재충전하면 단락 및 접지된 도체로 인하여 과전류차단장치가 즉시 작동하여 전로를 개방하게 될 것이다.

(나) 큰 단락전류는 적합한 차단용량을 가진 차단기의 접점을 손상시킬 수 있고 부적합한 차단기 또는 퓨즈의 폭발을 초래할 수 있으며, 접지 케이블이 부적합하면 케이블은 용해되고 아크 손상을 일으킨다.

(다) 따라서 전로를 재충전하기 전에 모든 단락접지기구의 철거를 보증하기 위한 다음과 같은 절차를 수립하여야 한다.

- ① 각 단락접지기구에 인식 번호를 부여하고, 협력업체 작업자를 포함한 모든 당사자가 사용가능한 모든 기구를 엄격하게 통제한다.
- ㉠ 설치된 각 단락접지기구의 번호와 위치를 기록한다.
- ㉡ 각 단락접지기구를 제거할 때에는 번호를 기록과 대조한다.
- ② 전로를 재충전하기 전에 모든 단락접지기구가 철거 되었는지를 인식 번호로 확인한다.
- ③ 개폐장치 내부에 설치된 단락접지기구는 문이나 덮개로 가려서는 안 된다. 접지기구를 은폐할 필요가 있다면, 단락접지기구가 내부에 있다는 것을 작업자들이 알 수 있도록 문 또는 뚜껑의 잘 보이는 곳에 표시한다.

- ④ 재충전 전에 계기용변성기, 계전기 등 시험에 사용된 모든 단락접지기구가 철거되었는지를 확인하기 위해 전기설비 내부를 검사하여야 한다.
- ⑤ 재충전하기 전에 접지상태를 확인하기 위하여 절연 저항계로 모든 도체를 시험하여 그 원인을 찾아 보완하여야 한다.

(라) 비접지된 단락접지기구, 정전된 가공 전로 도체에 단락접지기구를 설치하거나 철거할 때에는 절연봉, 고무장갑 또는 기타 이와 유사한 보호구를 사용한다.

(마) 케이블 및 클램프의 용량, 상세한 관련 정보에 대하여는 단락접지기구의 제조자 사용설명서를 참고한다.

(바) 충전전로 인근에 새로운 가공선로 도체에서 이동식 접지(Travelling ground)와 같은 특수 단락접지기구가 필요할 수 있다.

(6) 개폐장치의 차단기를 임시로 교체하기 위해서는 인출형 접지 및 시험 장치를 이용한다.

(가) 인출형 접지 및 시험 장치들은 인출형 차단기와 같은 방법으로 개폐장치 모선 또는 배선 스테브(Stab)와 접속하여 개폐장치 모선 또는 관련 회로를 확실하고 편리하게 접지하는 것이다.

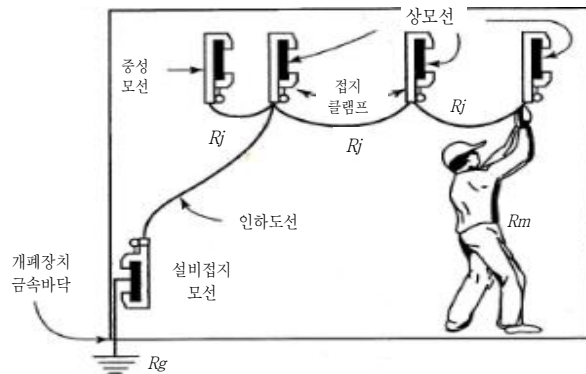
(나) 일차 분리용 스테브 2개가 있는 장치는 “BUS”로 표기된 한쪽은 개폐장치 모선 스테브와 접속하고, “LINE”으로 표시된 다른 한 쪽은 개폐장치의 전원선 또는 부하 스테브와 접속한다. 또다른 형태인 일차 분리용 스테브 1개가 있는 장치는 개폐장치 “BUS” 스테브 또는 “LINE” 스테브와 접속한다.

(다) 개폐장치 내로 완전히 삽입되었을 때 단락접지기구가 정전된 모선 또는 전로를 접지한다.

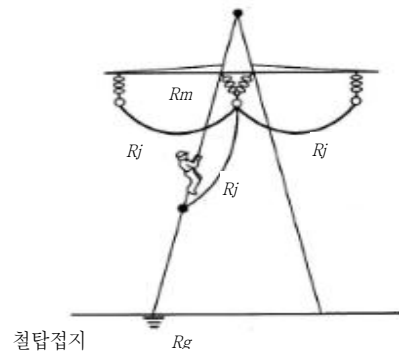
(라) 충전된 모선 또는 전로의 원치 않는 접지를 방지하기 위해 사용할 때에는 고도의 주의가 필요하다. 이런 경우, 작업자는 섬광 화상에 노출될 수 있고 개폐장치의 심각한 손상을 초래할 수도 있다.

### 5.2.3 단락접지 방법

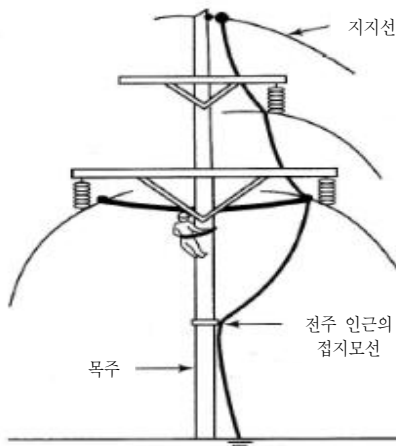
- (1) <그림 1>에서 재충전이 발생할 경우, 단락접지 케이블은 접지된 구조물이나 시스템 중성선(이용 가능할 때)과 상(전원선) 사이를 접속함으로써 작업장에서 발생하는 전압강하를 최소화시킨다.



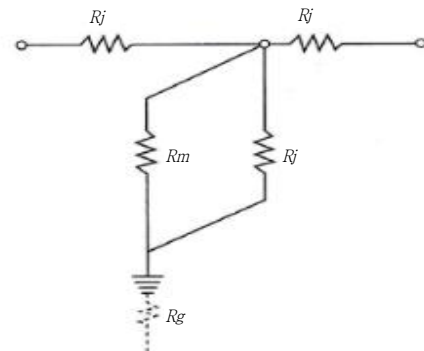
(a) 개폐장치의 접지



(b) 철탑의 접지



(c) 전주의 접지



(d) 등가 회로

&lt;그림 1&gt; 양호한 접지방법

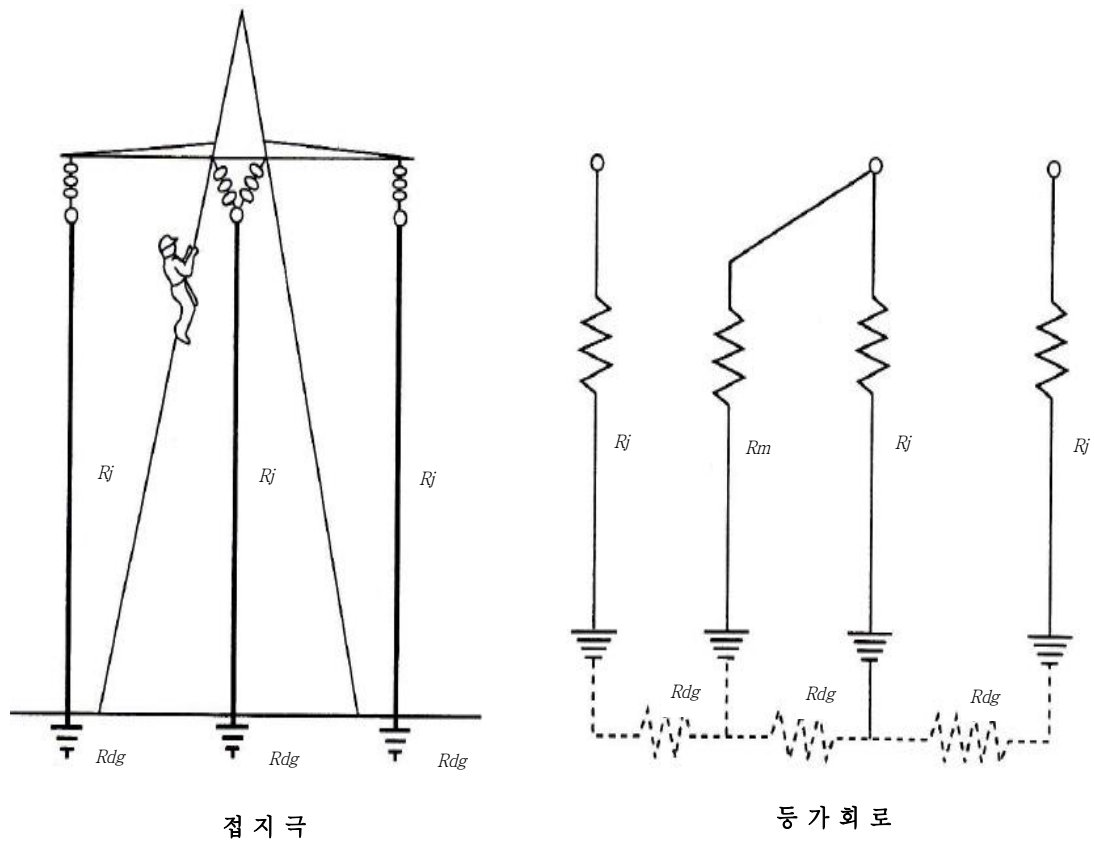
- (2) <그림 1>의 등가회로에서, 인체저항( $R_m$ )은 500  $\Omega$ 이고, 하나의 케이블 저항( $R_j$ )은 0.001  $\Omega$ , 개폐장치 또는 구조물의 접지저항을  $R_g$ 라 할 때, 회로에서 1,000 A의 고장 전류가 전로에서 접지 쪽으로 흐른다고 가정하면, 작업구역에 있는 작업자에게 인가되는 전압은 약 1 V 이하이므로, 작업자에게 흐르는 전류는 무시할 수 있으므로 안전하다.

## &lt;부록&gt;

## 1. 바람직하지 않은 방법

## 1.1 예 1

- (1) <그림 2>는 각각의 도체를 접지전극과 직접 접속한 것으로 불량한 단락접지방법의 예를 나타낸다.

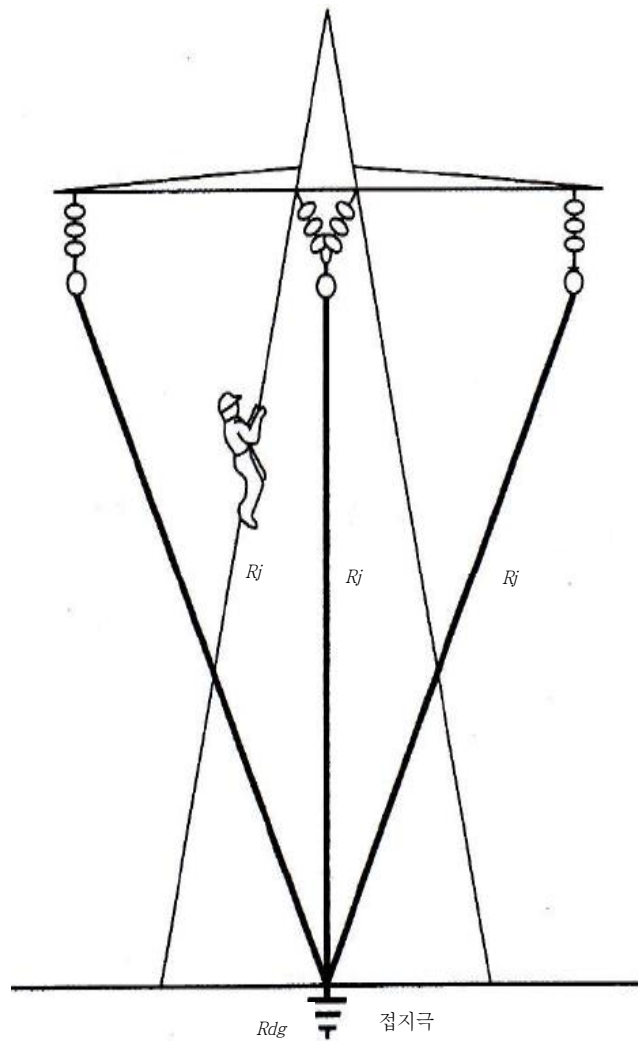


&lt;그림 2&gt; 부적합한 접지방법(1)

- (2) <그림 2>의 등가회로에서, 인체저항( $R_m$ )은 500  $\Omega$ , 점퍼 케이블 저항( $R_j$ )과 구조물 및 접지저항( $R_{dg}$ )의 합성저항은 약 1  $\Omega$  정도이고 이는 인체저항과 병렬이다. 이때, 1,000 A의 고장 전류가 흐른다면, 작업자에게 약 1,000 V의 전압이 인가되어 위험할 수 있다.

## 1.2 예 2

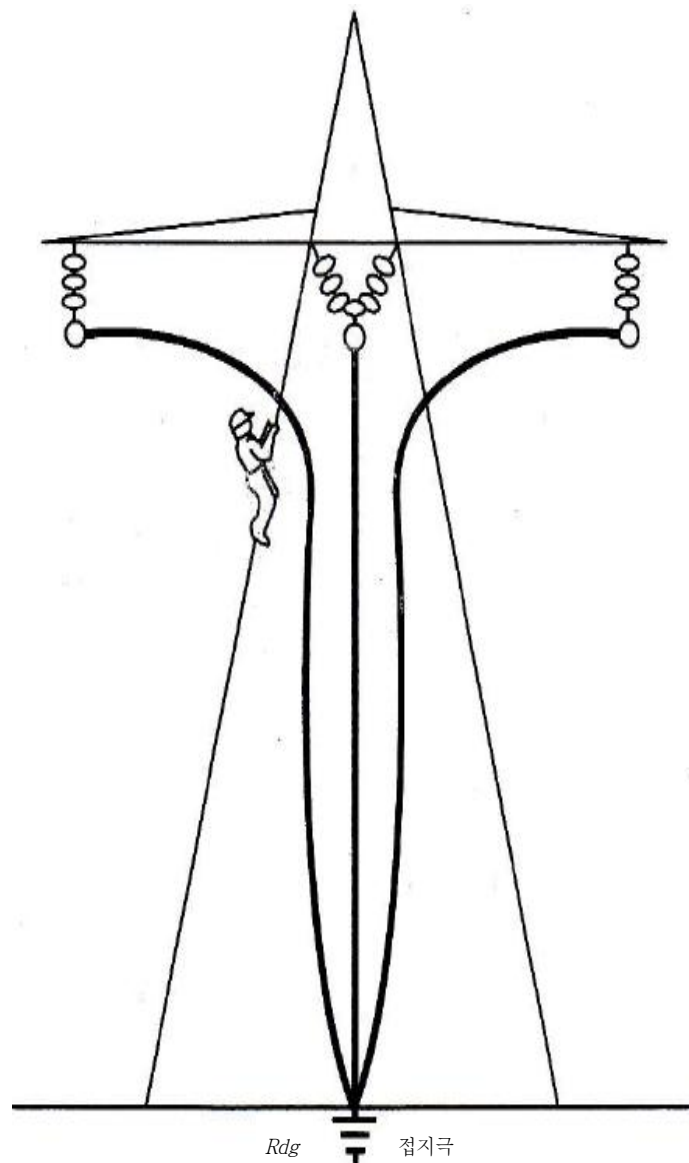
- (1) <그림 3>은 바람직하지 않은 또 다른 단락접지 접속방법의 한 예로, 3개의 모든 접지케이블을 공통 접지극에 접속한 것이다.
- (2) 이것은 상 사이 저항( $R_g$ )을 과전류 보호장치가 신속하게 전로를 차단할 수 있도록 0 옴까지 충분히 감소시킬 수 있으나, 접지저항( $R_{dg}$ )은 작업 부분과 병렬이므로 작업자에게 인가되는 전압은 높게 된다.



&lt;그림 3&gt; 부적합한 접지접속(2)

## 1.3 예 3

<그림 4>는 <그림 3>과 전기적으로는 같으나, 편의상 케이블을 함께 모은 것으로 대전류가 흐를 경우, 작업 구역에서 케이블의 격렬한 요동을 일으킬 수 있으므로 바람직하지 않은 방법이다.

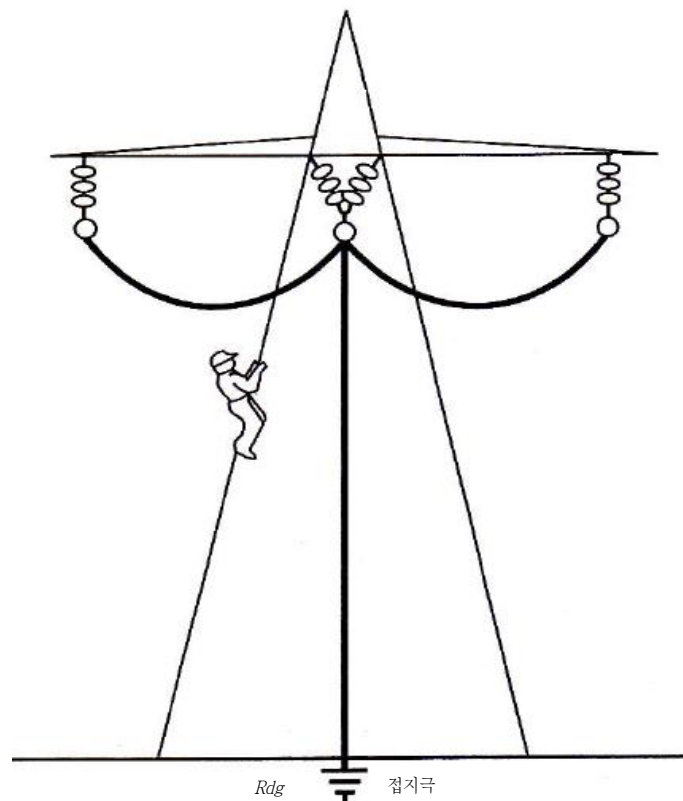


<그림 4> 부적합한 접지접속(3)

## 1.4 예 4

(1) 상 사이의 낮은 저항으로 재충전시 과전류보호장치가 신속하게 전로를 차단시킬 수는 있으나, 하나의 인하접지 도체( $R_j$ )가 접지극( $R_{dg}$ )에 접속됨으로 인하여 큰 접지저항으로 인체에는 지나치게 높은 전압이 인가될 수 있다.

(2) <그림 5>의 단락접지방법은 권고되지 않는 방법이다.



<그림 5> 부적합한 접지접속(4)