



# 수변전설비의 직적관리와 트러블 대책 ②

자료제공 : 교육훈련팀 ☎ 02)875-6525



## 목 차

### 제1장 수변전설비의 점검포인트

1. 개요
2. 변압기
3. 주차단장치
4. 진상용콘덴서
5. 변류기 및 과전류 계전기

### 제2장 전기설비 운용실태 및 대책

1. 개요
2. 지락 보호 방식
3. 보호 협조
4. 전동기 보호방식
5. 접지방식 및 Surge 보호
6. 고조파 및 Noise 대책

### 제3장 자동화설비 Surge 및 Noise

- 1~6 생략

## 4. 진상용 콘덴서

### 4.1 진상용 콘덴서의 기능과 종류

진상용 콘덴서는 역률개선을 위한 전기를 사용하는 수용가에 많이 사용되고 있다. 이것은 역률을 개선함으로써 동일 전력회사에서 수전하는 전류를 가능한 작게 하여 전기를 효율적으로 사용하기 위해서이다. 동일한 목적으로 전력회사 변전소에서도 대량의 콘덴서가 사용되고 있으며, 전력을 효율적으로 수송하는데 있어서 콘덴서는 필요 불가결한 기기이다.

현재 전용으로 일반적으로 사용되고 있는 콘덴서를 구조상으로 분류하면, 탱크형, 통형, 애관형이 있으며, 어느 콘덴서나 유입식인데, 사용중의 온도변화에 의한 내부 절연유의 체적변화를 외기에 접촉시키지 않고 조정할 수 있도록 되어 왔다.

탱크형 진상콘덴서는 자체가 변형하지 않기 때문에 유량조정장치를 설치하여 이것으로 절연유의 팽창·수축을 흡수하고 있다. 또 통형 진상콘덴서 케이스 자체에 비교적 얇은 철판을 사용하여 케이스를 변형시킴으로써 절연유의 체적변화를 흡수하는 구조로 되어 있다.

### 4.2 진상용 콘덴서의 점검포인트

콘덴서의 설치위치는 통풍이 좋은 장소, 부식성 가스나 진동이 없는 장소에 설치하도록 배려한다. 주위온도는 -20℃~+45℃(24시간의 평균은 35℃ 이하)로 주위 병설기기로부터 열의 영향을 받지 않는 장소에 설치한다. 콘덴서의 기벽(器壁)온도는 주위온도가 높은 장소에서도

최고온도부(케이스 상면, 단자간 중앙 또는 케이스의 벽면 중앙에서 케이스 높이 상면으로부터 1/4의 곳)에서 70℃ 이하로 하고, 시온 테이프를 첨부하여 온도감시를 하는 것이 좋다. 또한 콘덴서의 케이스는 온도상승에 의한 내압 상승분을 케이스의 팽창에 의해 흡수하고 있기 때문에 10~15mm 정도의 부풀음은 보통이다.

진상용 콘덴서를 이상없이 사용하기 위한 점검 포인트는 다음과 같다.

- ① 모션전압이 정격전압의 110%를 초과하지 않을 것
- ② 콘덴서 회로의 전류가 정격값의 120% 정도 이하일 것
- ③ 주위온도가 규정값보다 높지 않을 것
- ④ 콘덴서용 차단기, 개폐기가 항상 점검 손질 되어 있을 것, 예를들면 조작시에 이상음이 발생하는 일이 없을 것
- ⑤ 애자 등 절연물의 오손(건식기기의 경우는 과도한 습도)이 없을 것

이와 같은 관점에서 콘덴서의 일상점검 항목 정기점검 항목을 표 1-5와 표 1-6에 나타내었다.

## 5. 변류기 및 과전류계전기

### 5.1 변류기

변류기는 전류계, 전력계, 역률계 등의 전류요소의 계기용으로서, 또한 과전류 보호계전기(OCR)의 전류 검출용으로 사용된다. 일반적으로 2개를 설치하고, V결선으로 한다. 2차측에서 전선이 벗겨지거나 접촉이 느슨하여지면 2차측에 극히 큰 전압이 발생하거나 철심의 과열에 의해 CT가 파괴 또는 2차권선의 소손사고가 된다. 즉, 사용상태에 있는 CT의 2차측은 절대로 개로해서는 안된다.

표 1-5 진상용 콘덴서의 일상점검 요령 및 판단기준

점검항목	점검방법	점검요령	점검주기	판단기준
기름 누설	육안 검사	① 본체에 기름으로 더러워진 곳은 없는가 ② 기기 하부에 기름으로 더러워진 곳은 없는가	1회/주	기름이 부착한 부분을 한번 닦아내고 그 후도 기름으로 더럽혀지는 경우

점검항목	점검방법	점검요령	점검주기	판단기준
이상음 소음	청각 검사	① 통상 운전중에 충격음 등의 이상음은 없는가 ② 평상시에 비해 갑자기 크게 느끼는 일은 없는가	1회/주	주위온도가 40도 이상이 되는 경우
주위온도	온도계	주위온도가 비정상적으로 높지 않은가		
전류계의 지시	전류계	① 전류계의 지시가 과대해지지 않는가 ② 삼상이 평형되어 있는가 ③ 지시에 이상한 변동은 없는가		
전압계의 지시	전압계	특히 경우하시에 있어서 모션전압이 과대해지지 않은가		
보호 장치의 동작	육안 검사 외			

표 1-6 진상용 콘덴서의 정기점검 요령 및 판단기준

점검항목	점검방법	점검요령	점검주기	판단기준
단자부 이완	더조임	① 단자부의 파열은 없는가? ② 변색되어 있는 곳은 없는가 ③ 단자부분에서 기름 누설은 없는가	1회/년	① 90도가 한도 ② 다른 곳과 비교하여 단자부의 색이 다른 경우  기름이 부착된 부분을 한번 닦아냈는데, 그 후에도 기름으로 더러워지는 경우
단자부 과열	육안 검사	① 변색되어 있지 않은가 ② 애자 상부로부터의 누설은 없는가		
기름 누설	육안 검사	① 애자 부분 ② 용접 개소 ③ 유량조정장치 커버 밖으로의 번짐		
애자 손상	육안 검사	① 애자의 파손은 없는가 ② 애자부분에 기름이 부착되어 있지 않은가		



점검항목	점검방법	점검요령	점검주기	판단기준
용기 등의 누발생	육안 검사	① 단바부에 녹이 생긴 곳은 없는가 ② 용접개소에 녹이 생긴 곳은 없는가	1회/년	
이상한 냄새	후각 검사			타는 냄새가 나는 경우
기기 온도	온도계	시운라벨을 사용하면 편리		
보호장치 동작	육안 검사	① 단자내의 누발생 ② 리드선의 체부 상태		① 직렬리액터의 온도가 85도를 초과하는 경우 ② 과거의 데이터에 비해 급변한 경우
절연저항 측정	절연 저항계	① 주회로와 외함 또는 대지간 ② 애자를 청소한 후에 실시한다.		① 100MΩ 이하의 경우 ② 과거의 데이터에 비해 급변한 경우

중소규모의 수전설비에서는 계기용 변류기의 변류비가 낮고, 또한 과전류강도가 40정도[(예) 변류비 40/5, 과전류 강도 40 (과전류 1.6 kA)]의 것 등이 사용되고 있지만, 최근에는 수전접에서의 단락전류가 10kA 가까이 있기 때문에 보호계전기용으로는 단락사고시에 과전류 내량이 낮고 파괴되어 기능을 수행하지 않는 일이 일어나 파급사고로 발전하는 우려가 있다.

보호계전기용으로는 차단기와 과전류계전기의 순시요소와의 동작시간에 대응한 과전류 정격의 것을 선정하여야 한다.

또 CT는 1차전류의 증대에 따라 2차전류도 비례해서 증가하는데, 어느 값 이상이 되면, 자기포화가 되어 비례해서 증가하지 않고 둔화된다. 따라서 파부하, 단락전류를 검출하고 OCR 순시요소의 동작에 의해 차단기를 순시에 동작시키는 일련의 동작에 대해서 체크가 필요하다.

최근에는 절연성능이 좋은 몰드형이 보급되고 있는데, 건식 와니스형을 사용하고 있는 수변전설비에서는 몰드형으로 교체하는 것이 바람직하다.

## 5.2 과전류계전기

고압 수전설비에서의 주차단장치보다도 부하측의 파부하나 단락사고에 대해서 CT 2차측 전류의 증가에 응용해서 차단기를 개방시키기 위해

이에 흐르는 전류가 OCR의 정정 전류값을 초과할 때 이 전류값에 대응한 시간으로 동작한다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 형은 유도원판형인데, 최근에는 정지형 OCR이 사용되고 있다.

정기 점검에서 차단기와 연동시험 및 동작시간을 체크하여 확실하게 동작하는 것을 확인할 필요가 있다.

단락사고시에는 배전측 OCR의 동작시간 관계로 수전측 주차단기의 동작시간을 5사이클 이하로 하고, 동작시간은 50ms 이하를 필요로 하는 관계로 순시(20~50ms)에 동작하는 순시요소가 있는 것이 방지상 요구된다.

## 제2장 전기설비운용실태 및 대책

### 1. 개요

전기설비는 각종 기계나 장치에 전력에너지를 공급하는 중요한 역할을 담당하고 있다. 전기사용량의 증가와 전기사용시설의 대형화 및 복잡화로 인해 전기설비에서의 고장으로 인한 화재가 표2-1에서와 같이 '97년에 34.2%를 점유하고 있으며, 전기계통 사고발생시 정전으로 인한 공정이상 및 생산량 감소 등 막대한 경제적 손실을 가져올 수 있다.

따라서 눈에 보이지 않는 전기는 일찍부터 그 위험성과 안전에 관한 중요성이 인식되어 전기사업법 제34조에 의한 사용전 검사 및 제37조에 의한 정기검사제도를 시행하고 있으나, 전기계통을 시스템적 사고에 의하여 보호방식 및 Relay Coordination 검토, 기기 성능평가 등에 대해서는 설비보호 측면 및 파급효과 방지 등 그 중요성이 매우 큰 데도 불구하고 필요성에 대한 사회적인 인식이 아직까지 부족한 실정이다.

표 2-1 최근 10년간의 전기화재 현황

(자료 : 한국전기안전공사)

연도	구분	총화재	전기화재 (%)	점유율 사망/부상	인명피해(명) (백만원)	재산피해
1988		12,507	3.803	30.4	35/159	9,506
1989		12,704	4.525	35.6	90/223	8,729
1990		14,219	5.249	36.8	65/199	11,147
1991		16,487	6.160	37.4	95/244	19,006
1992		17,458	6.422	36.8	90/250	22,809

구분 연도	총화재	전기화재 (%)	점유율 사망/부상	인명피해(명) (백만원)	재산피해
1993	18,747	7,153	38.2	93/218	20,135
1994	22,043	8,619	39.1	121/258	31,395
1995	26,071	9,307	35.7	78/298	39,209
1996	28,665	10,007	34.9	105/327	51,321
1997	29,472	10,075	34.2	75/273	52,628

더구나 근래에는 기존설비의 노후화, 신증설·개조에 따른 설비의 복잡화, 최신설비의 고도화, 대응량화에 따라 더욱더 가혹한 조건에서 전기설비의 신뢰성이 요구되고 있다.

이에 따라 최근 몇 개 공장 및 빌딩을 대상으로 전기설비 운용실태를 점검한 결과 일부 공장 및 빌딩에서 공통적으로 아래와 같은 주요 문제점이 나타났으며, 특히 전기설비의 신·증설에 따른 설계용역 발주시 대부분 보호협조 및 Relay Coordination에 대해서는 용역에서 제외되기 때문에 보호계통의 근원적인 문제점을 안고 있었다. 또한, 최근 고조파 발생부하의 증가에 따라 고조파로 인한 케이블 발열이나 공진 현상에 의한 진동이 나타나고 있는 것을 종종 볼 수가 있다.

이하 전기설비 운용실태 점검결과를 바탕으로 운용상의 문제점 및 대책을 되도록 상세히 기술하여 전기설비의 설계·감리·유지보수·운용에 많은 도움을 주고자 한다.

## 2. 지락 보호 방식

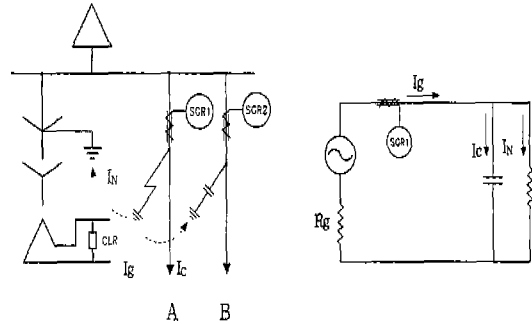
### ① 지락보호방식의 미비

- 지락사고시 보호계전기 동작 불확실
- ① 접지형 계기용 변압기(GPT) 설치대수 및 부담, 한류저항(CLR) 용량, 선택접지 계전기(SGR) 극성 및 결선 등의 문제
- ② GPT+SGR의 상호 불균형
- ③ ZCT와 GPT의 설치위치 문제

표 2-2 지락보호방식 기준과 잘못 적용예

구분	지락보호방식 기준	현실태
다중접지	Y전류 회로 + OCGR	GPT, ZCT + SGR
비접지	GPT · ZCT + SGR	Y전류회로 + OCGR(또는 DGR)

## 2.1 비접지 계통의 지락고장



(a) 지락고장

(b) 등가회로

그림 2-1 비접지 계통의 지락고장 개요도

### 가. 한류저항(CLR)

- 한류저항의 역할
  - 지락전류 제한
  - 계전기(SGR)에 유효전류 공급
  - 제3고조파 전류 억제 및 계통 안정화
  - 철공진에 의한 중성점불안정 현상 방지
- CLR의 크기 : 계전기 제작업체에 따라 다르나 일반적으로 3.3kV 50Ω, 6.6kV 25Ω, 22kV 8Ω을 사용하며, 지락전류에 대한 충분한 용량으로 설계해야 한다.

$$\therefore R = \frac{n^2 r}{9}$$

단, R : 한류저항을 1차로 환산한 값

n : GTP의 권수비

r : 한류저항의 크기

- CLR의 GTP 1차 환산

· 6.6kV의 경우

$$R = \frac{n^2 r}{9} = \frac{1}{9} \times \left( \frac{6,600}{\sqrt{3}} / \frac{190}{3} \right)^2 \times 25 = 10,055[\Omega]$$

· 3.3kV의 경우

$$R = \frac{1}{9} \times \left( \frac{3,300}{\sqrt{3}} / \frac{190}{3} \right)^2 \times 50 = 5,028[\Omega]$$

나. 1선 지락전류의 크기

$$I_f = \frac{E_g}{R_g + \frac{1}{\frac{1}{R} + j3\omega C}}$$

여기서  $R_g, j3\omega C$ 를 무시하면

· 6.6kV의 경우

$$I_g = \frac{E_g}{R} = \frac{6,600/\sqrt{3}}{10,055} \approx 380[\text{mA}]$$

· 3.3kV의 경우

$$I_g = \frac{3,300/\sqrt{3}}{5,028} \approx 380[\text{mA}]$$

즉, 완전지락시 계통 정전용량을 무시하면 지락전류는 380mA가 흐른다.

(ZCT 2차는 380mA×ZCT비)

이 때 한류저항값이 맞지 않을 경우는 1선 지락사고가 발생하여도 ZCT에서 지락전류 검출이 되지 않거나, 지락전류 검출이 되더라도 감도가 작아 계전기(SGR)가 동작하지 않는다.

다. 영상전압의 크기

$$V_0 = E_g \times \frac{\frac{1}{R} + j3\omega C}{R_g + \frac{1}{\frac{1}{R} + j3\omega C}} [\text{V}]$$

이 때  $R_g=0, \omega C=0$ 일 경우  $V_0=3,810[\text{V}]$ 이므로 계전기에 입력되는 전압은

$$V_0 = 3,810 / \left( \frac{6,600}{\sqrt{3}} / \frac{190}{3} \right) \times 3 = 190[\text{V}]$$

라. GPT 부담(3.3kV의 경우)

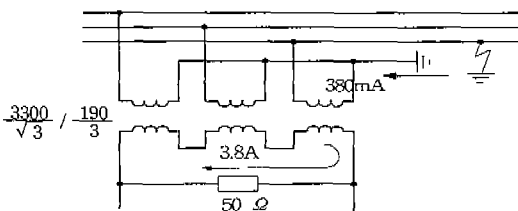


그림 2-2 GPT 및 CLR 결선

- GPT 1차측 전류 : 380mA(완전지락시)
- GPT 2차측 전류 :  $0.38/3 \times 30 = 3.8[\text{A}]$
- GPT 부담 :  $3.8\text{A} \times 190\text{V} = 722[\text{VA}]$ 로서 부담이 가중되므로 적당한 단시간 정격의 용량을 가져야 한다.
- 한류저항에 걸리는 전력 :  $(3.8\text{A})^2 \times 50 \Omega = 722[\text{W}]$ 로 용량이 작을 경우 SGR이 신속히 동작하지 않으면 소손될 우려가 있다.

마. GPT 설치개소

설치 개소가 많을 경우 그림 2-3과 같은 영상 등가회로에서 GPT의 한류저항이 병렬로 접속되어 있는 것으로 간주할 수 있다.

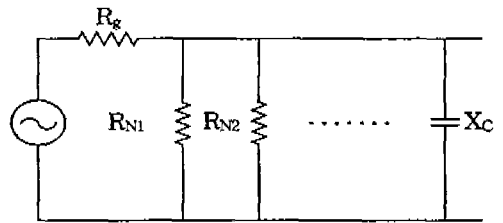


그림 2-3 영상등가회로

$R_N$ 의 크기가 작을수록 GPT가 많이 설치되어 있을수록 영상전압의 크기가 작아져 SGR의 검출감도가 떨어지거나 경우에 따라서는 동작하지 않을 수도 있다.

2.2 고저항 접지방식

1선지락 전류는 접지방식과 접지계통 운영에 의해 결정된다. 일반적으로 전력계통의 고장사고는 3상단락에 비해 1선지락사고가 대부분을 차지하고 있으며(전체사고중 약 70% 이상을 차지), 적절한 접지를 통해 대지전압의 이상상승을 억제하고, 보호계전기에 의한 지락고장 전압·전류를 검출, 고장구간을 자동선택 차단하여 전력기기의 손상과 사고파급을 방지하고 있다.

계통접지는 중성점 접지방식에 따라 비접지, 직접접지, 저항접지 등으로 나눌 수 있으며, 직접접지인 경우 1선지락고장시에는 비교적 전전상의 전압이 낮고 이상전압의 발생이 적으며, 지락보호계전기가 확실한 동작을 할 수 있지만

반면에 지락전류가 커서 통신선에 전자유도장해를 일으키거나 설비사고를 일으킬 수 있다.

즉, 직접접지 방식에서는 지락사고시 대전류의 고장전류가 흘러 설비사고를 일으킬 우려가 많으며, 지락사고시 5~10%의 순간전압강하가 10~20sec 정도 지속되면 정밀기에 Memory의 손실, 오제어 등의 장애를 유발할 수 있다.

또한 비접지로 운전되는 계통에는 단순히 생각하면 지락사고가 발생하여도 지락전류가 흐르지 않아야 되지만, 실제에 있어서는 전력케이블과 대지간에 존재하는 정전용량으로 인하여 충전전류가 흐르며, 케이블 길이의 장단에 따라 충전전류의 크기가 서로 다르나 이 충전전류와 부하에 의해서 가변되는 인덕턴스 성분과 전류 사이에 공진현상을 일으켜 매우 짧은 시간에 대단히 큰 과도이상전압을 유기시킨다.

이것은 주로 차단기의 개폐시나 아크지락사고시에 발생되며, IEEE Std 242에 의하면 정상전압의 6~8배의 높은 Surge 전압이 유기되어, 전기설비중에서도 절연내력이 가장 취약한 기기에 침입하여, 절연을 열화시켜 수명을 단축시키고 소손사고를 일으켜 생산공정을 중단시키며, 심지어는 2~3대의 전동기가 동시에 소손되기도 한다.

고저항 접지방식의 개념은 지락사고시 변압기의 중성점을 통하여 돌아오는 지락사고전류를 제한하는 것인데, 지락사고전류가 총 충전전류와 같거나, 조금 크게 흐르도록 제한을 한 전력계통이라고 정의할 수 있다(그림 2-4 참조)

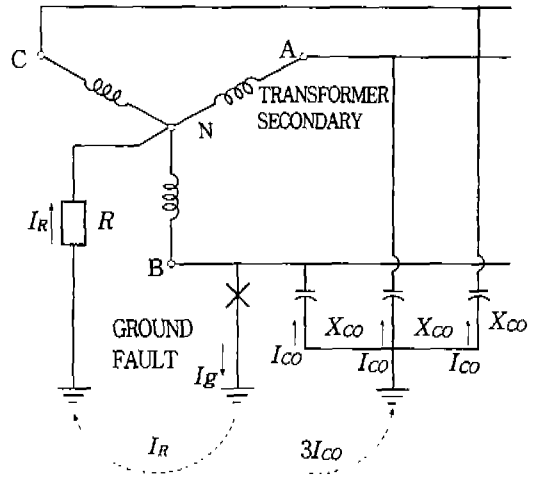
$$R \leq \frac{X_{co}}{3}$$

$$I_R \geq 3I_{co}$$

따라서 과도이상전압 억제 및 큰 지락전류를 배제할 수 있는 고저항 접지방식을 잘 이용하면 지락사고시에도 조업중단이 되지 않으며, 전기 불꽃에 의한 화상을 최소화하는 등 전력설비 유지보수에 많은 이점을 가져다주므로 연속공정의 대규모 공장에 적용시 매우 유리한 접지방식이라 할 수 있다.

표 2-3에 산업용으로 가능한 접지방식들에

대하여 비교를 하였다.



$I_R$  = Ground Resistor Current

$I_g$  = Ground Fault Current

$3I_{co}$  = Total Capacitance Charging Current

$R$  = High Resistance Grounding Resistor

$X_{co}$  = Inherent System Charging Capacitance

그림 2-4 고저항 접지계통

(저압계통 고저항 접지 예)

600V 이하 저압계통에서  $I_g$ 를 1~5(A)로 하면

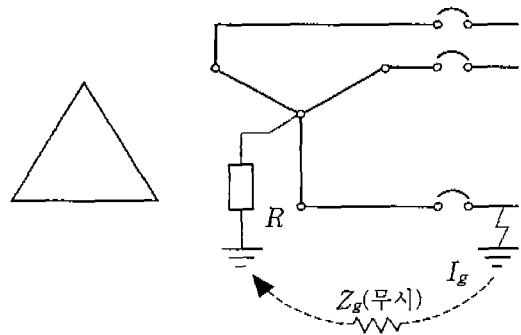


그림 2-5 저압계통의 고저항접지 계산

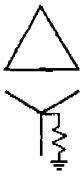


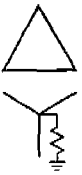
$$I_g = \frac{V_{L-N}}{R}$$

여기서,  $I_g = 1A$ 로 할 때

$$\therefore R \cong \frac{254}{I_g} = 254[\Omega]$$



표 2-3 산업용으로 사용 가능한 접지방식

접지 방식		저압 계통 (600V 이하)
<p>고저항 접지 (광업등 연속공정에 사용, 널리 보급되지는 않았다.)</p>	 <p><math>I_b=1\sim5A</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지락사고 전류: 일반적으로 1~5A</li> <li>- 사고에 의한 피해: 없음. 첫 지락에 한하여</li> <li>- 전력공급의 신뢰성: Trip 없음. 모든 기기 정상운전</li> <li>- 과도 이상 전압: 효과적으로 제한</li> <li>- Arc 지락 사고: 없음</li> <li>- 사고지점 색출: Pulse 장치가 있으면 쉬움. 노련한 전공에 의하여 사고지점을 빨리 찾는 것이 요구됨</li> </ul>
<p>직접 접지 (일반적으로 사용)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지락사고 전류: 대단히 큼. 단지 변압기나 전선굽기, 과전류 보호장치에 의해 제한될 뿐임</li> <li>- 사고에 의한 피해: 일반적으로 매우 큼</li> <li>- 전력공급의 신뢰성: 일반적으로 없음. 차단기 Trip</li> <li>- 과도 이상 전압: 가장 효과적으로 제한</li> <li>- Arc 지락사고: 가공할 피해로 연결 가능성 가장 많음. 통상 보호계전기에 의한 보호 필요</li> <li>- 사고지점 색출: 스스로 해당회로 차단</li> </ul>
<p>비 접지 (중전 사용 방식)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지락사고 전류: 없음. 첫 지락에 한하여</li> <li>- 사고에 의한 피해: 없음. 첫 지락에 한하여</li> <li>- 전력공급의 신뢰성: Trip 없음</li> <li>- 과도 이상 전압: Arc 지락사고시 정상전압의 600%의 이상전압 유기</li> <li>- Arc 지락 사고: 과도이상 전압은 크나, Arc 지락시 불꽃 소손피해는 없음</li> <li>- 사고지점 색출: 매우 어렵다. 노련한 전공이 빨라 찾아 내어야 하는데, 왜냐하면 2 번째 지락사고시에는 선간단락이 되기 때문임</li> </ul>
<p>저저항 접지 (이동식 장비 이외에는 드물게 사용)</p>	 <p><math>I_b=15\sim150A</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 지락사고 전류: 일반적으로 15~150A</li> <li>- 사고에 의한 피해: 사고시 Trip이 되지 않거나 즉시 찾아내지 못하면 피해가 커질 수 있음</li> <li>- 전력공급의 신뢰성: 소규모 회로는 Trip 시키고, 그 이외에는 경보나 보호계전기 Trip</li> <li>- 과도 이상 전압: 효과적으로 제한</li> <li>- Arc 지락 사고: 대규모 피해의 원인이 될 수 있음</li> <li>- 사고지점 색출: 선택 접지계전기로 감지. 사고지점 색출은 매우 어려움</li> </ul>

다음호에 계속됩니다