

감전사고예방(접지)

생활수준 향상으로 전기를 동력으로 하는 기기의 보급확대에 따라 전기에너지 사용량의 증가, 전기기기의 증가, 전기사용 장소 및 다양화에 의하여 감전사고 발생율이 증가하고 있다.

감전사고 방지를 위한 학문적인 접근과 관련기기의 개발, 체계적인 안전관리가 필요하다.

- ① 사고 : 작업수행에 있어서 일의 진행을 방해하거나 능력을 떨어뜨리는 등의 원치 않는 사건이나 현상
- ② 재해 : 사고의 결과로 발생하는 인명상해나 재산상의 피해
- ③ 감전 : 인체의 일부 또는 전체에 전류가 흐르는 현상
- ④ 전격 : 감전의 결과 인체가 받게 되는 충격(고통, 근육의 수축, 호흡곤란, 사망 등)

	〈감전재해사고〉			
	2005년	2006년	2007년	2008년
감전 사망자수	82	74	71	52
전체 부상자수	85,411	89,910	90,147	95,806
전체 사망자수	2,493	2,453	2,406	2,422

※출처 : 한국산업안전보건공단

1. 감전사고의 특징

- ① 감전사고는 대개의 경우 인체가 충전부에 접촉하여 전류가 인체를 통하여 흐름으로써 발생하며 그로 인한 재해는 사망, 부상 등의 인명상해 형태가 있다.
- ② 전격으로 인한 재해자 수는 전체 재해자 수의 0.6~0.7% 정도이나 사망자 수는 전체 사망자의 약 4% 정도로 전기재해는 다른 산업재해에 비해서 강도율이 매우 높은 편이다.
- ③ 전격으로 인한 재해자 중에서 건설업의 재해자 수는 제조업의 70% 정도이나 사망자의 경우는 건설업 사망자의 수가 제조업의 130% 정도 비율을 나타내고 있으며 건설업 근로자의 수가 제조업의 60% 정도인 점을 고려하면 건설업에서 전기재해 재해 강도율이 매우 높음을 알 수 있다.
- ④ 산업화, 정보화 사회에서 전기에너지의 활용범위가 크게 확대되고 사용자의 범위가 전기기술자뿐 아니라 남녀노소 모두가 사용하므로 일반인의 감전사망 재해율이 60% 정도로서 전기 전문직종의 감전사망 재해율 40%를 초과하고 있으며 이 격차는 산업 및 정보화 사회의 성장에 의해서 더욱 커질 것으로 예상된다.

2. 전압의 구분

우리나라의 경우 전압을 크기에 따라 저압, 고압, 특별고압으로 구분된다.

구분	교류(60Hz)	직류
저압	600(V) 이하	750(V) 이하
고압	600(V)넘고 7,000(V) 이하	750(V)넘고 7,000(V) 이하
특별고압	7,000(V)를 초과	-

3. 전기에너지의 특징

- ① 전기에너지는 색, 냄새, 소리가 없어 인간의 방심을 초래할 수 있다.
- ② 전로의 충전, 비충전 여부에 대해서 외관상으로는 알 수가 없다.
- ③ 전기에너지는 발생과 소비가 동시에 이루어지므로 저장성이 없다.
- ④ 전기에너지는 동력, 열, 빛 에너지 등 다른 에너지로 변환이 용이하다.

4. 감전사를 야기하는 원인

가. 심실세동

- (1) 신체가 감전되어 통전전류가 심장을 통하여 흐르게 되면 심장의 생체 전기계통에 혼란이 발생되어 일종의 마비현상이 나타난다.
- (2) 심장은 불규칙한 세동을 일으켜 결국 기능을 상실하게 되는데 이러한 현상을 일반적으로 심실세동이라 하며 심장의 기능을 상실하게 되거나 심장쇼크로 인한 심장마비가 일어나 사망하게 된다.

〈전류의 크기에 따른 감전의 영향〉

1(mA)	전기를 느낄 정도
5(mA)	상당한 고통을 느낌
10(mA)	견디기 어려운 정도의 고통
20(mA)	근육의 수축이 심해 자신의 의사대로 행동 불능
50(mA)	상당히 위험한 상태
100(mA)	치명적인 결과를 초래

나. 호흡정지로 인한 질식사

신체의 흉부와 중추신경 부근에 감전전류가 흐르면 흉부근육을 위축시키고 신경계를 마비시켜 호흡이 곤란하게 되고 결국 질식, 사망하게 된다.

다. 전기화상

- (1) 전기화상은 통전경로에 따라서 피부조직이 열상을 입기 때문에 피부면을 중심으로 한 일반화상과는 달리 피부 내부의 조직까지 열상을 입게 된다.
- (2) 고압 이상의 전선로에 직접 접촉되어 지락 시 발생하는 대전류의 고온 아크열에 의하여 피부의 이탈, 동맥절단 등 매우 심한 열상 및 자상이 발생한다.
- (3) 저압선로에 인체가 접촉된 상태에서 장시간 감전되는 경우에 피부 및 내부 신경조직을 통과한 전류의 Joule열에 의한 내부조직 손상으로 사망이 야기된다.

5. 접지

가. 기기접지의 목적

전기기기의 절연이 열화하거나 파괴되어 지락 고장이나 누설전류 발생 시 기기 외함에까지 전류가 흘러 충전되어 충전된 외함에 작업자가 접촉되면 감전사고가 발생할 위험이 있으므로 기기 외함에 접지를 실시한다. 즉, 기기외함이 나 철대의 접지는 인체감전보호용이 주된 목적이다.

나. 기기접지의 종류

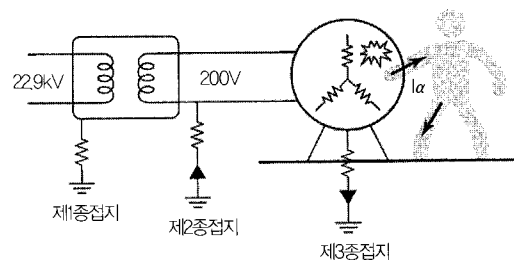
전기기계·기구의 외함 및 철대에 실시하는 접지의 종류는 전기기계·기구의 사용전압에 따라 다음과 같이 제1종, 제3종, 특별제3종 접지공사로 구분한다.

〈기기접지의 구분〉

기계·기구의 사용전압	접지공사 종류	접지저항치
400V 미만	제3종 접지공사	100Ω 이하
400V 이상	특별 제3종 접지공사	10Ω 이하
고압 또는 특별고압	제1종 접지공사	10Ω 이하

다. 기기 접지를 시행하는 이유

- (1) 전기기기의 이상으로 지락고장이나 누설전류가 발생되는 경우 고장 전류를 대지로 흐르게 하여 기기 외함에 걸리는 전압이 위험전압 이상으로 상승하는 것을 억제한다.
- (2) 저압기구의 누전에 의한 지락전류의 경로는 그림과 같이 기구의 금속제 외함을 통해 변압기 권선으로 흐른다.



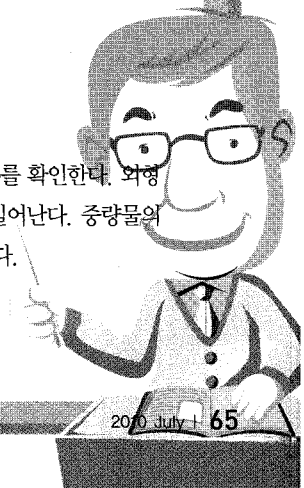
〈보호접지의 개념도〉

라. 접지개소 유지보수 시 고려사항

(1) 외형의 손상점검

지표상의 접지선 및 보호용 비닐전선관의 파손 여부를 확인한다. 외형의 손상은 대부분의 경우 제3종 접지선에서 많이 일어난다. 중량물의 운반과정 등에 일어나기 쉬우므로 발견 즉시 수리한다.

(2) 접지저항치 측정



접지저항치가 규정치 이하인지 여부를 확인한다. 접지저항의 측정은 사용하는 계측기가 신뢰할 수 있는 것이어야 하며 또한 연회 정도는 지시치의 정확 여부를 검사해서 참값과 오차와의 대비표를 잘 보이는 곳에 부착해 둘 필요가 있다. 측정작업의 과정도 정확해야 한다.

(3) 접지극 매설장소

접지극 매설장소에 부식성 유기물이나 화합물의 존재 여부를 확인하여 부식은 없는지 확인한다. 땅속에서 금속은 반드시 부식하게 되므로 땅속 부분에서의 부식에 항상 유의하여야 한다. 특히 과거의 접지 저항치가 있는 경우 경년변화 등을 참고하여 매설장소의 적정성 여부를 판단한다.

(4) 접지회로의 점검

과전류차단기, 커브나이프스위치 등을 사용하는 경우에도 사고 시 접지선은 개방단선이 있어서는 안 되므로 접지회로에 퓨즈사용 여부, 기기와 접지선과의 연결 및 체결상태 등 기타 접지회로의 개방 가능성을 점검한다.

(5) 접지회로의 주변환경

접지선이나 접지극 주위의 가연성 가스나 인화성 가스탱크의 유무 등 접지회로를 통하여 고 전류가 대지로 통전 시 주변설비에 영향을 미칠수 있는 경우 관계자와 협의하여 영향이 없도록 조치한다.

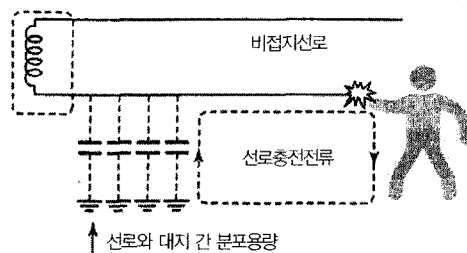
마. 감전방지를 위한 비접지방식

(1) 비접지 배전방식

전로의 배전방식에는 접지방식, 비접지방식, 저항접지방식 등이 있으며 일반적으로 접지방식이 많이 채용되고 있으나 이는 변압기 저압 측의 중성점 또는 1단자에 제2종 접지한 것이며, 비접지방식은 제2종 접지공사를 하지 않는 것을 말한다.

(2) 감전방지 원리

비접지방식의 전로에서는 충전부와 신체가 접촉하여도 접지점이 없으므로 접촉-지락점과 회로가 구성되지 않기 때문에 감전사고가 일어나지 않는다는 원리다. 그러나 선로가 단거리의 경우에는 문제가 없지만 장거리인 경우 선로의 분포용량에 축적된 충전전류가 흐르게 되어 감전사고가 발생할 수 있다.



〈비접지선로 감전 개념도〉

바. 감전방지를 위한 비접지방식의 장단점

(1) 비접지계통의 장점

① 감전에 대한 안전 측면

비접지계통의 경우에는 충전부에 사람이 접촉 되어도 1부분 접촉이라면 선로와 대지간의 분포용량을 통하여 전류가 흐를 뿐이다. 특히 소규모 배전계통에서는 분포용량이 적으므로 큰 용량의 전류가 발생할 염려는 거의 없다.

따라서 폴장갑 같이 인체와 대지가 낮은 저항으로 연결되는 장소에 대하여는 인신의 감전방지를 위한 안전대책으로 비

접지방식을 의무화하고 있는 경향이 있다.

접지계통의 경우에는 변압기에서 2차측 전로가 접지되어 있기 때문에 부하측 전로의 충전부에 인체가 접촉하면 인체와 접지점 간에 폐회로가 되어(인체와 대지 사이에 저항이 낮으면)위험수준의 전류가 흐르게 된다.

② 지락전류 억제효과

비접지 계통은 지락 시에도 별도의 폐회로가 구성되지 않으므로 큰 지락전류가 발생할 우려가 없기 때문에 중요시설물의 전기화재 방지나 폭발성 분위기 등의 위험장소에 대한 시설안전 측면에서 매우 바람직한 시스템이 될 수 있다. 단, 비접지계의 이러한 특징은 선로 대지 사이의 분포용량이 작다는 조건이 있다는 것을 유의해야 할 것이다.

③ 타 계통과의 상호간섭 최소화

비접지 계통은 별도의 타 계통과 상호간섭을 최소화 할 수 있다. 2개의 접지계통이 별도의 계통이고 접지공사도 각기 독립적으로 시설되었다. 하여도 양 계통은 대지를 공유하고 있기 때문에 접지를 통하여 상호간섭을 일으킬 가능성이 있다.

따라서 비접지계통의 상호간섭 최소화 특성은 인접한 배전계통의 고장전류로 인한 지표면 전위상승에 대하여 상호간섭이 없는 건전 계통을 유지할 수 있어 안정적인 독립계통으로서 운전이 가능하다.

④ 비접지계통의 단점

① 이상전위 상승에 무방비

비접지계의 가장 약점은 어떠한 원인으로 전로의 대지전위가 상승하게 되면 계통구성의 특성상 전혀 억제할 수가 없다는 점에 있다. 그러나 전로의 대지전위를 상승시키는 요인에는 고저압 전로의 혼촉, 뇌서지, 개폐서지, 정전기 등 많은 요인이 있다. 따라서 전로의 대지전위가 이상 상승하게 되면 인축의 감전사고 발생은 물론 배선이나 기기를 파괴하고 화재가 발생할 우려도 있다.

TIP!

전로를 대지로부터 절연한 비접지계는 이상전위 상승에 대하여 전연 무방비 상태이기 때문에 그와 같은 전위상승이 일어나지 않도록 대책을 세워야 한다. 일반적인 대책으로는 이상전위 상승을 검출하여 전로를 차단하는 보호장치를 설치하고 혼촉방지판부 변압기를 설치하거나 절연 변압기 1차측의 전압을 낮게하여 운전하는 것도 한 방법이다.

② 고장검출의 어려움

접지계통에서는 지락고장이 일어났을 경우에 접지계통을 통하여 비교적 많은 양의 지락전류가 흐르기 때문에 고장을 검출하기가 용이하다. 그러나 비접지계통의 경우에는 지락고장이 발생하여도 큰 전류가 흐르지 않기 때문에 확실한 지락검출이 곤란하게 되어 신속한 고장의 제거가 어렵다.

③ 전로의 절연열화

비접지계통의 큰 약점은 비접지계를 장기간 동안 건전하게 유지하는 것이 곤란하다는 것이다. 비접지계는 확실히 대지로부터 절연된 계통이어야 하나 절연은 시간의 경과와 함께 반드시 저하되고 만다. 또한 계통이 설치되어 있는 자연환경이 열악하거나 대규모화 되면 광범위한 지역으로부터 초목, 조류, 낙뢰 등의 피해를 받기 쉬우므로 비접지계통의 특성을 살리기가 어렵다.

TIP!

이와 같이 비접지계통은 본래 그 건전성을 장기에 걸쳐 유지하는 것이 곤란하기 때문에 부하가 적은 소규모 지역의 전용 배전선으로 적용하는 것이 바람직하다.

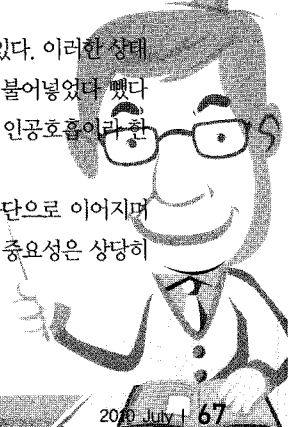
〈비접지계통과 접지계통의 비교〉

구분	비접지계통	접지계통
충전전로에 사람이 접촉하였을 때 인체에 흐르는 전류	대단히 미소	큰 전류가 흐를 수 있다.
접지를 통한 타 계통과 상호간섭 영향 가능성	있다	없다
적용가능 전원계통	소규모 전원계통	대규모 전원계통
접지고장검출과 보호계전기 동작 확보	어렵다	쉽다
이상전압 발생억제	불가능	가능

사. 감전사고시 응급처치

전격재해가 발생했을 때 잃고 호흡이 끊어질 경우가 있다. 이러한 상태를 가사상태라고 하는데 이때 폐에 인위적으로 공기를 불어넣었다 했으며 폐의 기능을 회복시켜 호흡을 정상화 시키는 것을 인공호흡이라 한다.

호흡의 정지로 인한 산소결핍은 대뇌의 산소공급 중단으로 이어지며 그로인해 뇌사상태에 빠지게 된다. 따라서 인공호흡의 중요성은 상당히 크다.



〈호흡이 멈춘 후 인공호흡이 시작되기 전까지의 시간과 소생률의 관계〉

시간(분)	소생률(%)
1	95
3	75
5	25
6	10

감전쇼크에 의하여 호흡이 정지되었을 경우 혈액 중의 산소 함유량이 약 1분 이내에 감소하기 시작하여 산소결핍현상이 나타나기 시작한다.

그러므로 단시간내에 인공호흡 등 응급조치를 실시할 경우 감전사망자의 95% 이상을 소생시킬 수 있다.

※ 감전재해 발생시 응급조치 사항

- ① 우선 전원을 차단하고 피재자를 위험 지역에서 신속히 대피 시킨다.
- ② 구급차나 의사를 부르고 2차재해 발생 방지 조치를 한다.
- ③ 피재자에 대한 의식상태, 호흡상태, 맥박상태를 관찰한다.
- ④ 감전에 의해 추락한 경우 출혈상태, 골절의 이상유무 등을 확인한다.
- ⑤ 관찰한 결과 의식이 없거나 호흡 및 심장이 정지해 있는 경우 인공호흡, 심장마사지 등 응급조치를 한다.

아. 감전사고 방지대책

- (1) 전기설비의 사용장소, 사용조건, 사용목적에 적합한 설계를 한다.
- (2) 고신뢰성의 우수한 전기기기를 사용한다.
- (3) 전기설비의 철저한 점검 및 정비를 한다.
- (4) 전기기기 및 설비의 충전부, 가동부에는 위험표지를 설치한다.
- (5) 전기기기 및 설비의 필요부분에는 절연 방호구를 설치한다.
- (6) 고압선로 및 충전부에 근접하여 작업하는 경우에는 작업자에게 보호구를 착용 하도록 한다.
- (7) 유자격자에 의한 전기설비를 운전, 조작하도록 한다.
- (8) 작업자에 대한 안전교육을 실시한다.
- (9) 위기관리능력을 향상한다.
- (10) 사고시 대처방법 및 순서를 확인한다.

현 우리나라의 배전계통은 거의 대부분이 직접접지계통으로 구성되어 있고 또한 일반 전기기술자들도 전력계통은 당연히 직접접지 방식이라는 사고가 굳어져 있는 상태이다. 그러나 급격한 전력수요의 증가와 함께 대규모 전원설비와 송변전 계통의 증가는 막대한 고장전류의 발생 등으로 접지계통에서의 부하측 전기사용 환경이 더욱 악화되리라는 전망이다. 따라서 대도시의 복잡한 선로환경과 전기사용기기의 고정밀화, 고품질요구 등에 대응하여 부분적인 비접지계통의 운영도 바람직한 일면이 있음을 간과하여서는 안 될 것이다.