

배전선로 작업안전 대책

이 창 균*

(*한전 서울연수원 부교수)

1. 서 언

전기는 우리 일상생활에서 잠시도 없어서는 안될 소중한 생활필수품으로 자리잡고 있다. 현대과학문명의 발달과 인간문화생활의 질적수준 향상으로 전기 에너지가 우리 생활에서 차지하는 역할이 점차 커져가고 그 사용도 급격히 늘어나고 있으며 산업의 고도성장과 더불어 전기를 생산 공급하기 위한 전력 설비도 날로 확충되어 방대하고 복잡하게 구성되고 있다.

이와같이 인간생활을 편리하고 풍요롭게 해주는 전기도 특성상 위험성을 가지고 있어 때로는 무서운 재해를 불러 일으키기도 한다. 특히 전기설비의 작업시 한 사람의 사소한 부주의와 실수로 인하여 하나뿐인 귀중한 인명피해와 막대한 재산상의 손실을 초래할 뿐만 아니라 일상생활에도 불편을 느끼게 된다.

전기재해는 일반적으로 다른 재해에 비하여 발생율은 낮으나 일단 재해가 발생하면 사망할 위험이 높으며 또 다행히 생명을 구출되었어도 일생동안 불구자가 될 가능성이 있으므로 안전관리가 보다 절실히 요구되고 있다.

전력공급설비중 배전선로는 계통의 최종단 설비로서 수용가와 접촉되어 있기 때문에 전기재해의 위험성이 높다. 작업상 특징도 수용가 서비스향상을 위하여 정전을 하지않고 활선상태로 보수점검을 시행하는 경우가 많아 어느 경우보다도 감전재해의 위험이 상존하고 있으므로 중단없는 전력공급에 우선하

여 재해방지대책이 마련되어야 할 것이다.

인간의 생명은 존엄한 것으로 무엇보다도 우선하여 보호되어야 하며 재해는 천재(天災)가 아니라 인재(人災)라는 사실에 유념하여 전기설비의 작업에서 발생 가능한 안전사고 예방에 최선을 다해야 할 것이다.

따라서 재해를 방지한다는 것은 위험요인을 예측하여 그것을 배제하고 안전한 작업환경을 형성하여 유지하는 것이 무엇보다도 중요하며 이를 위해서는 다양하고 구체적인 연구노력과 예방장치를 강구해야 할 것이며 궁극적으로는 안전재해 제로화가 이루어져야 할 것이다.

2. 전기설비의 재해발생 경향

2.1 전기재해 통계분석

2.1.1 연도별 감전재해 발생현황

'80년도부터 전력설비에서 발생한 연도별 감전재해 현황을 보면 매년 감소하고 있는 추세에 있음을 알 수 있다. 이와같은 현상은 전력설비의 증가추세보다도 재해발생이 둔화되고 있다는 것을 나타내고 있으며 이는 지속적인 안전관리활동을 추진하여 재해방지에 노력한 결과로 나타나는 바람직한 현상이라고 볼 수 있겠다.

2.1.2 전기설비의 재해발생 경향

최근의 전기설비에서 발생하는 재해를 보면 전기

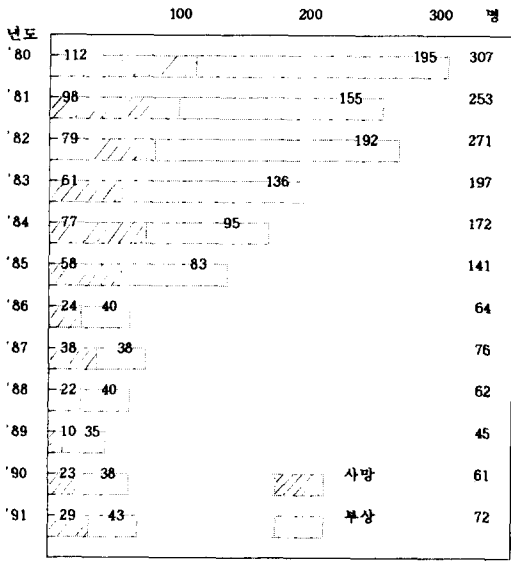


그림 1. 최근 12년간의 감전재해 추이

설비의 결함에 의해서 발생하는 경우보다 작업자의 부주의나 실수에 의해서 발생하는 경우가 많다. 특히 산업구조나 기술혁신에 따른 작업형태의 변화와 활선작업의 확대시행에 의해 발생하는 경우가 많아지고 있다는 것을 알 수 있다.

전기재해의 주요원인이 현장안전관리가 부실하거나 작업자의 안전작업수칙미준수 등 인적요인에 기인하고 있어 앞으로의 전기설비에서의 안전대책은 절연의 강화나 안전장치의 설치등 설비면 뿐만 아니라 인간의 불안정한 행동이나 실수에 대하여 고려할 필요가 있으며, 또한 작업형태의 변화에 따른 재해에도 적극적으로 대처해 나갈 필요가 있다는 것을 시사해 주고 있다.

2.2 재해발생 원인별 분석

2.2.1 배전선로에서 발생하는 재해

배전선로에서 주로 발생하는 재해의 종류는 다음과 같은 경우가 반복적으로 일어나고 있음을 알 수 있다.

- ① 활선상태에서 가공전선의 부설, 교체, 이설 또는 애자, 기타 지지물의 교체, 점검 및 청소 등의 전기설비 작업을 할때와 이를 위해 전주를 승강주할 때에 절연용의 보호구나 방호구의 사용을 태만히 하

- 거나 잘못 사용했기 때문에 접촉되어 감전
- ② 활선을 사선으로 오인, 착각하여 접촉 감전
- ③ 개폐기 등의 기기를 오조작하여 정전구간에서 통전되어 감전
- ④ 작업구간의 개폐기 조작상태를 확인하지 않았거나 접전을 하지 않은채 접지를 시행하려다 감전
- ⑤ 정전작업중에 절단한 전선이 인접된 활선에 접촉되었기 때문에 충전되어 감전
- ⑥ 전철용의 트롤리선을 가설한 철골의 도장작업중에 잘못하여 충전부에 접촉되어 감전
- ⑦ 측량작업중에 금속제 함척이 전철용 트롤리선에 접촉되거나 선로 아래에서 경사면 개조작업중에 철근재가 트롤리선에 접촉되어 감전
- ⑧ 공사현장에 인접해 있는 가공전선 등에 절연용 방호구를 장착하지 않고 철골, 철근 등의 자재나 공구를 취급하다가 그것들이 충전된 전로에 접촉되어 감전
- ⑨ 가공전선 등에 가까운 곳에서 이동식 크레인을 사용하고 있을때 크레인에 와이어로프 등이 충전 전로에 접촉하거나 또는 장척물 운반을 위해 크레인으로 들어 올리다가 전로에 접촉 감전

2.2.2 재해발생 원인분석

(1) 활선작업의 안전확보

활선작업이란 고압이상의 전압이 가압된 선로나 기기에서 작업원이 활선장구를 사용하여 전기가 살아있는 상태에서 전기설비 작업을 하게 되므로 위험성이 가장 높다고 할 수 있다. 주요 원인으로는 작업계획 및 작업안전검토를 하지 않고 적정 장구를 확보하지 않은채 작업 공법상 소요인원보다 부족한 상태에서 일일 작업량(M/D)이 근무시간을 초과하여 무리한 작업을 하는 경우

(2) 정전작업의 안전확보

정전 예정시간에 쫓기게 되어 안전작업수칙을 지키지 않고 서두르거나 긴급정전작업 시행에 대한 안전대책이 소홀한채 작업법 임무부여 없이 현장작업에 임하여 작업구간의 계통조작에 대한 개폐기 조작순서 등의 사전설명미 불충분한 경우

(3) 작업책임자의 작업지휘

활선작업 허용범위에 대한 작업가능여부 검토를 제대로 하지 않고 활선작업 범위 이외의 금지된 작업을 임의로 시행하거나 작업감시자 및 무자격활선

작업원이 승주 활선작업을 하는 경우

(4) 환경변화에 대한 대응

계절별 안전작업 태세가 갖추어지지 않고 긴장이 해이된 상태로 부주의하여 주상에서 안전허리띠 로프를 매려다 추락하거나 전주에 승강주중 발판볼트를 잘 못 밟아 추락하는 경우

(5) 작업절차 및 방법에 따른 안전대책

고소작업장에서 보호망등의 추락방지시설을 설치하지 않고 결합있는 작업발판대 받침목을 사용하거나 안전표지물을 적정위치에 부착하지 않고 작업장별 특성에 맞는 안전장구 및 장비를 확보하지 않은 채 작업에 임하여 안전관리 체계가 정립되지 않은 경우

(6) 작업원의 공사기술 및 위험예지능력

작업원이 작업의 종류별 작업내용에 맞는 설계기준 및 관계법령에 관한 기술적 내용을 제대로 숙지하지 않고 또한 공사이방서나 작업지시서상의 안전장구 및 적정장비를 보유하지 않은채 작업전 안전검토를 소홀히 하는 경우와 도급업체 작업원의 업체간 이동이 빈번하여 작업지휘 체계가 확립되지 않고 팀웍이 부실한 경우

3. 배전선로 작업안전대책

3.1 정전작업에 의한 안전대책

3.1.1 정전작업의 준비

정전작업이라함은 전기설비에서 활선으로 시행할 수 없는 작업 또는 작업의 성질이나 규모 등에 따라서 여건상 활선작업의 효과가 적어서 전력공급을 중단하고 시행하는 작업을 말하는데 정전작업에서는 감전의 위험성이 없을 것 같지만 오조작으로 잘 못 송전되거나 다른 활선부분과의 혼촉 등으로 정전회로가 충전되어 감전재해를 일으킬 위험성이 있다. 또한 정전시간이 한정되어 있어 작업시간에 대한 압박감을 가지게 되어 조급한 마음을 가질 수 있다.

따라서 정전작업을 위하여 다음과 같은 안전확보 대책이 필요하다.

(1) 정전범위의 확보

작업장소 또는 작업구역에 대하여 작업장을 구획하고, 송배전선에서는 선로의 구분과 작업점의 확인이 용이하도록 안전표지물을 사용하여 구획하며 작

업을 할 때에는 충전부 근접작업의 유무와 공구나 재료가 충전부에 근접될 우려가 없는지 등을 면밀하게 검토하여 정전범위를 넓게 확보하여야 한다.

아울러 정전을 위한 개폐기의 개방과 시정, 잔류전하의 방전 및 검전기에 의한 정전의 확인과 단락 접지를 시행하여야 한다.

(2) 작업실시 요령에 대한 사전 점검

작업 실시요령을 사전에 충분히 검토하여 어떤 작업공법을 사용하고, 활선근접 방지대책은 무엇이고, 작업순서는 어떻게 하고, 작업원의 숙련정도와 인원 또한 감시인은 어디에 둘 것인가와 같은 안전조치에 대하여 사전 협의와 준비를 충분히 하여야 한다.

(3) 작업책임자의 작업지휘

작업책임자의 지시 명령하에 작업을 진행시켜 작업원이 임의로 작업을 하거나, 제3자의 간섭을 받아 행동하는 것을 배제하는 등 작업지휘체계를 확립하여 계획된 안전대책하에서 순서대로 작업을 진행시켜야 한다.

작업책임자는 작업원의 감전방지를 위하여 다음과 같은 대책이 요구된다.

① 작업목적, 작업내용 등을 이해하고 작업장소, 작업개시 시간, 작업소요시간 등을 감안한 작업인원, 사용자재, 장비 등을 파악한다.

② 필요한 작업인원 및 장비의 점검과 안전한 작업순서를 계획함과 동시에 안전작업의 요점을 명백히 하고 작업능력 이상의 무리한 작업을 시행하지 않도록 하여야 한다.

③ 작업요원 각자에 대하여 성격, 체력, 기능정도, 당일의 심신상태를 잘 파악하고 이를 작업에 감안하여 각각의 임무와 작업분담을 하도록 한다.

④ 작업목적, 작업내용, 작업방법과 그 순서, 작업분담과 자재, 공구등의 사용상 주의 및 필요한 안전대책을 작업착수전에 작업원에게 충분히 납득시키도록 한다.

⑤ 작업구역 또는 취급전로 및 인접한 계통을 작업원에게 충분히 주시시켜 활선에서 재해가 발생할 경우를 대비하여 감전재해 및 정전사고를 가져오는 영향과 그 중대성을 이해시킨다.

(4) 작업지시서 발행 및 작업의 지시

작업이 장기간 계속되거나 또는 단시간에 끝나는 것이라도 작업목적, 작업내용, 작업방법, 작업분담, 작업공정에 관련되는 기존설비의 상태 및 작업안전

확보를 위한 주의사항들을 작업원이 충분히 이해하고 납득되도록 기록하여야 한다.

① 작업 개시전에 미리 준비해 둔 당일의 작업지시서에 의거 작업분담별로 작업원에게 교육하여 납득시킨다.

② 정전작업에서 충전부에 근접한다는 것은 감전의 위험이 많으므로 안전거리를 유지할 수 있도록 사전안전대책이 필요하다.

③ 작업분담은 작업중에 변경하지 않도록 한다. 작업원의 체력, 기능정도 등을 배려하는 것 외에 경험이 적거나 신입작업자는 숙련된 작업원과 함께 작업조를 편성하여 그 지도하에 작업을 시키도록 한다.

3.1.2 정전작업시 조치사항

전로 또는 그 지지물의 신설, 중설, 이설, 접속,

표 1. 정전작업시 조치사항

단계별	조치사항
작업시작전	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업지휘자의 임명 2. 작업지휘자에 의한 정전범위, 기구조작순서, 개폐기의 위치, 정전 시간, 접지개소 및 송전시의 안전 확인 등을 주지 3. 개로된 개폐기에 시전장치 및 통전금지 표지판 설치 4. 전력콘덴서 등의 잔류전하 방전 5. 검전기에 의한 정전확인 6. 단락접지기구로 접지 7. 일부 정전작업시 정전 활선의 구분표시 8. 근접활선에 대한 절연방호 9. 활선경보기 등의 보호구 착용
작업중	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업지휘자에 의한 작업지휘 2. 개폐기의 관리 3. 단락접지상태 확인 4. 근접활선에 대한 방호상태 관리
작업종료시	<ol style="list-style-type: none"> 1. 단락접지기구 및 표지류 철거 2. 작업자에 대한 위험요인이 없는가 확인 3. 개폐기 투입으로 송전

교체, 점검 및 수리 등의 전기공사시 위험한 절로를 정전시키고 작업을 실시할 때에는 표 1과 같은 작업단계별 조치를 강구하여야 한다.

3.2 활선작업에서의 안전대책

활선작업의 위험성은 전압의 종류에 관계없이 작업자가 주의하지 않으면 충전부의 접촉에 의한 감전 및 섬락에 의한 감전 등 중대한 감전재해를 초래하게 된다. 따라서 충전된 전로의 가설, 수리작업 등 활선작업을 시행할 때에는 작업전 안전교육훈련을 실시하고 절연용 보호구, 방호구 및 활선장구 등을 적절히 사용하여 감전의 위험에 대처해야 한다.

3.2.1 기계기구에 의한 감전방지

(1) 고소 작업차

재해를 방지하는 데에는 기본적으로 실수없는 완전한 안전상태를 유지하는 것이 가장 효과가 있다. 그러나 배전선로 작업과 같이 하루에 수 개소를 이동해야 하고 더우기 작업 장소마다 조건이 다른 작업 형태에서는 대단히 어렵기 때문에 조금이라도 그 형태에 가깝게 하기 위해 절연성이 높은 고소 작업차를 활선작업에 이용하는 것이다.

예전에는 절연성이 높은 고소작업차의 제작은 어려움을 면치 못했지만 미국에서 FRP제의 절연봄(boom)이 개발 사용된 것을 계기로 배전 공사용으로 사용되고 있는 고소작업차의 대부분이 이 FRP제의 절연 봄을 제3봄으로서 사용하게 되었다.

따라서 현재의 고소작업차는 절연 봄+절연 패킷으로 완전히 대지에서 절연되고 있어, 만일 작업자가 충전부에 접촉 되더라도 신체를 통해 접지될 우려가 없게 되어있다.

또한 작업의 안전화, 효율화를 도모하기 위해 전주의 뒷측으로 우회시킬 수 있는 다관절형이나 1개의 봄에 2개의 패킷을 고정시킨 2패킷형도 개발되어 현장에서 활용되고 있다. 이러한 고소작업차의 활용은 감전 재해방지 대책으로서 큰 효과를 발휘하고 있다.

(2) 절연 사다리

인입선 설치작업에서 작업 사다리를 통해 접지되는 감전사고가 발생하고 있기 때문에 인입선 설치

작업을 할 경우에 사용하는 사다리를 FRP제의 절연 구조로 하여 사용한다.

3.2.2 무정전 공법

무정전공법은 활선에 직접 접촉하지 않고 작업이 가능한 안전한 간접활선공법을 원칙으로 하고 있으며 장래의 로봇 공법을 지향하고 활선작업을 기계화한 기동차 공법, 공사용 케이블과 이동용 변압기 차 등을 사용한 By-pass공법 및 역송 불가능 수용가 등 특수장소에서의 발전기 공법을 공사장소 및 공사 내용에 따라 적절하게 조합하여 사용하도록 되어있다.

무정전 공법은 작업시 직접 활선에 접촉하지 않아 안전하며 정전시간에 제약을 받지 않으므로 심야 또는 혹서, 혹한기에 작업을 피할 수 있으므로 보다 안전성이 높은 작업공법이라고 할 수 있다.

(1) 기동차 공법

과거에는 고무장갑, 절연복 등을 착용하여 직접 또는 Hot stick을 사용한 간접적인 활선작업을 일부 간이공사에 적용하여 왔지만 보다 안전하고 효율적인 새로운 공법으로서 기동차 공법이 개발되었다.

기동차 공법은 가지지공법차와 간접공법차를 한쌍으로 활선작업을 기동화하며 전주교체 등의 단독작업 또는 By-pass공법에서의 공사용 케이블 접속, 점퍼선의 분리, 연결 등 모든 활선작업에 적용하여 사람의 손을 대신하여 작업자의 안전과 작업효율을 향상시킨다.

(2) By-pass공법

수용가에게 전기를 송전한 상태에서 공사구간을 정전시켜 작업을 하는 공법으로 공사를 하는 구간에 바이패스케이블을 가선하고 바이패스시키는 방법이다. 이 공법은 많은 활선작업을 해야 할 부분을 정전시켜 작업을 할 수 있고 활선작업은 바이패스케이블의 접속·절단과 점퍼의 절단, 접속 또는 개폐기가 설치되어 있는 장소는 개폐기의 조작만으로 종료시킬 수 있게 되어 활선작업이 대폭적으로 경감된다.

연속적인 전주공사, 전선교체공사 등에 적용하며 작업구간을 공사용케이블로서 By-pass하여 수용가에게는 정전이 없도록 송전하고 작업자체는 정전으로 실시하는 공법이다.

(3) 발전기 공법

역송전이 불가능한 배전선 말단 등의 작업시에 수용가는 고압 또는 특고압 발전기차로 가송전하고 작업정전구간을 정전시킨뒤 시행하는 것이다.

3.2.3 절연용 보호구 및 방호구

활선작업에서는 보호구 및 방호구를 조금이라도 사용하기 간편하게 하는 것이 안전대책에 공헌하는 큰 요소중 하나이며, 주기적인 정기점검으로 규정된 내압시험에 합격하도록 하고 또 사용전에는 외관을 검사하여 이상이 없다는 것을 확인해야 한다.

(1) AP복

AP란 All Protect를 말하는 것인데 지금까지의 고무소매·고무조끼나 절연의를 대신해 상반신 전체를 커버하는 보호구로서 개발된 것으로 이것은 고압감전 재해의 경우 고무소매를 붙였음에도 불구하고 고무소매가 밀려서 어깨부분에서 감전되고 있다. 이와 같은 재해를 방지하기 위해 상반신 모두를 내전성이 있으면서 경량의 특수한 합성 고무로 덮어 신체의 노출부분을 없게 하여 감전방지를 도모하는 것이다.

이것을 착용하고 고소 작업차의 패킷속에서 작업을 하는 경우 주변의 와금 등의 접지체만을 방호해 두면 대부분의 감전재해를 방지할 수 있다. 그러나 여름철 공사장 등 무더운 시기가 되면 보호구의 내부가 고온으로 되고 따라서 작업 환경이 나빠지기 때문에 내부를 냉풍으로 냉각시킬 필요가 있다.

이로써 신체의 상반신을 완전히 방호하여 여름철의 혹서기에도 쾌적한 활선작업을 진행할 수 있게 된다.

(2) 전기용 고무장갑

작업성을 양호하게 하기 위해 손목에서 팔꿈치까지의 굽기를 넓혀 고무 소매나 AP복을 착용하더라도 그 겹침부가 안정되도록 하는 동시에 작업할때 손의 움직임을 드러내어 작업성의 향상을 도모한다.

(3) 전기용 장화

전기용 장화도 사용 빈도가 높기 때문에 작업성을 높일 필요성이 있다. 그래서 승주작업이나 보행시의 작업성을 높이기 위해 무릎의 뒷측을 도려내어 보행성을 높임으로써 승강주시에 장화의 뒷측이 무릎 부분에 닿아 저항감이 있었던 것을 없애지게 하여 사용감이 향상된다.

(4) 절연관(고무관)

고무관도 과거의 재해 사례를 참고하여 고무관과

고무 시트의 겹침 부분이 불명하기 때문에 재해가 발생되고 있는 사례가 있었으므로 고무관과 시트의 겹침을 누가 보더라도 판명할 수 있게 고무관의 양단에 각각 15cm씩 흰 부분을 만들어 이로써 고무관의 흰 부분이 보이지 않으면 완전히 겹쳐져 있어 충전부가 완전히 커버되어 있다는 것이 작업자 뿐만 아니라 전주 밑에서 감시하고 있는 작업 지휘자까지도 판명할 수 있어 활선작업의 안전화가 도모될 수 있다. 또한 작업성 향상을 도모하기 위해 중량도 경량화되어야 한다.

(5) 고압 인류(引溜)커버

고압 인류부는 종래 고무 시트로 방호하고 있었지만 고압 인류부는 내장애자 인류 클램프등이 설치되어 있어 방호부분도 복잡하기 때문에 고무 시트의 수가 많이 필요하게 되어 있다. 또 이 부분에서의 감전 재해도 발생하고 있기 때문에, 고압 인류부를 완전히 씌워버리는 고압 인류 커버를 사용하여 작업성도 향상되고 방호도 완전히 할 수 있게 된다.

(6) 모체(帽體)내장형 활선 경보기

감전 재해의 사례에서 본인이 상부 회선이 충전되었다는 것을 알지 못하고 충전부에 접근하여 접촉해 버리는 문제를 해결하기 위해 본인에게 전선로가 충전되어 있는지의 여부를 알리는 방법이 필요하다. 그래서 본인이 무의식 중에 충전부에 접근하였을 경우 경보음을 발하여 본인에게 가까이 충전부가 있다는 것을 인식시키는 활선 접근 경보기를 전기 안전모 속에 내장하는 방식으로 하여 사람이 느낄 수 있는 사람의 감각에 주의를 주고 또한 불쾌하지 않은 음질과 음량 및 가공 배전선마다 어느 정도의 위치에 접근하면 경보음을 발하게 된다.

4. 결 언

재해는 극히 일부의 불가항력적인 사고나 천재지변을 제외하면 모두가 사전예방이 가능하다고 이론적으로 알려져 있다. 재해의 원인은 불안정한 상태와 행동이 복합하여 일어나며 또 이들 원인은 연쇄 반응을 일으키고 재해발생에 관여하고 있으며, 이들 복합 원인들 중에서 어느 하나만이라도 제거될수만 있다면 같은 원인의 재해는 재발하지 않을 수 있을 것이다. 또한 재해는 반드시 예방가능하다는 전제하에서 예방의 차원보다는 무재해를 목표로 안전관리

를 추진 전개해 나가야 할 것이다.

전기설비 작업에서의 안전은 전기설비에 대한 안전점검을 보다 강화하고 작업장 주변의 위험요인을 사전 제거하여 사고가 발생할 수 있는 가능성을 근본적으로 없애는 것이 중요하며 작업원 각자의 안전의식 제고가 요구된다.

따라서 안전은 작업원 각자의 안전의식 고취와 규정된 안전작업수칙의 준수가 필수적이지만 이에 못지 않게 작업장의 안전확보에도 노력하여 안전분위기를 조성하고 필요한 안전장구를 확보하는 것도 중요한 일이며 안전재해를 예방할 수 있는 방법일 것이다.

앞으로의 작업안전 대책으로서는 기본적으로 인간 존중을 바탕으로 안전관리를 추진해 나아가는 것이 가장 좋은 대책이지만 하루에 여러개소의 현장을 이동하고, 각 작업 현장의 형태가 달라질 수 있는 특별한 분야에 있어서는 매우 어려운 요소를 포함하고 있다. 따라서 조금이라도 이에 근접되도록 관계자는 연구와 노력을 계속하여야 하며, 배전 작업용 로봇, 절연 밀폐형 고소 작업차, 부분 작업용 원격 조작용 로봇 등을 적용하는 방법도 생각할 수 있지만 배전 선로 작업과 같은 특수한 분야에서는 종합적이고 과학적인 방법을 도입하여 작업현장 안전대책을 수립하고 문제점을 적출하여 안전재해 예방에 최선을 다해야 할 것이다.



이창균(李昌均)

1952년 5월 11일생. 1984년 중앙대 공대 전기공학과 졸업. 1987년 한양대 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1976년 한국전력공사입사. 현재 한국전력공사 서울연수원 부교수.