

# 아차사고사례분석을 통한 전기재해 예방대책 연구

김한상 · 배석명 · 길형준

한국전기안전공사 부설 전기안전시험연구원

## 1. 서론

최근 전기설비는 과학기술의 발달에 힘입어 적용범위가 날로 확대되고 있으며 설비형태도 첨단화·다양화되고 있어 이러한 전기설비를 취급하는 기회가 늘어나는 전기직 종사자에 대한 감전사고 등의 재해우려가 높아지게 되었다. 또한, 기술적 향상만큼이나 인간의 안전의식은 뒤따르지 못하고 있으며 이는 지금까지 발생한 전기재해 통계를 보더라도 인적과오가 원인이 되어 발생한 사고가 많다는 것이 입증되었다[1][2].

전기설비를 대상으로 하는 작업에는 시공, 운전, 공사, 개·보수, 점검 등 많은 작업 형태가 있으나 특히 공사나 보수, 점검 중에 많은 감전사고가 발생하고 있는데 이는 점검·보수작업은 비정형의 작업으로서 제조업체의 생산현장에서 이루어지는 정형화된 작업보다 어려우며 또한 작업시간이 짧고 작업의 종류도 많기 때문에 위험요인이 다양하게 나타날 수 있다.

본 논문에서는 일반용 및 자가용전기설비를 대상으로 점검작업 중에 발생한 256건의 아차사고사례를 조사·분석하고 예방대책을 제시함으로써 향후에 발생할 수 있는 동종의 전기재해를 사전에 예방하고자 하였다.

## 2. 사고사례 및 분석결과

### 2.1 월별 사고발생 추이

월별 사고발생추이를 <그림 1>에 나타내었다. 9월이 71건(27.7%)으로 가장 많고 8월 48건(18.8%), 7월 31건(12.1%)순으로 나타났다.

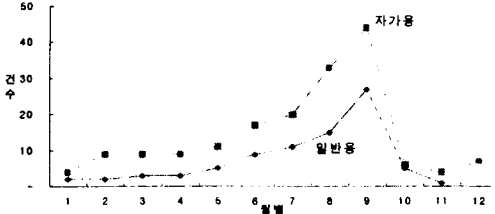
하절기에 사고분포가 높은 이유는 더위로 인한 집중력의 분산, 높은 습도와 물기로 인한 전기설비의 절연약화로 누전될 수 있는 환경이 조성된 상태에서 짧은 소매 등 신체의 노출부위가 많아진 것이 원인으로 분석된다.

특히, 자가용설비의 경우 8, 9월에 사고 발생률이 높은 것은 기업체의 하절기 휴가에 맞추어 정밀점검 건수가 집중됨에 따른 것으로 보인다.

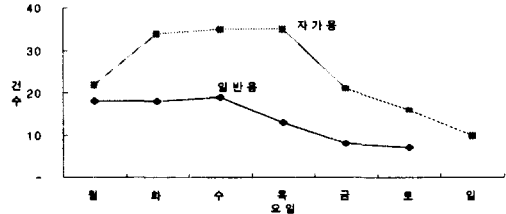
### 2.2 요일별 사고발생 추이

요일별 사고발생 추이를 <그림 2>에 나타내었다. 수요일이 54건(21.1%)으로 가장 많고 화요일 52건(20.3%), 목요일 48건(18.8%), 월요일 40건(15.7)순으로 나타났다.

주말보다 주초·주중에 사고건수가 많은 이유는 월요일은 휴무 이후 업무에 적응하는 기간 때문이며 화, 수, 목요일은 업무량이 집중되어 있어 피로의 누적에 따른 것으로 분석된다.



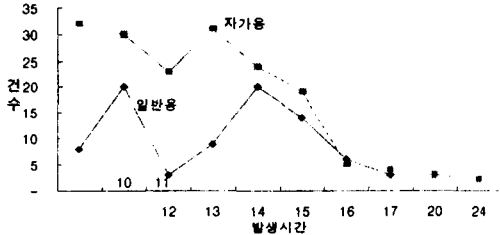
<그림 1> 월별 발생 추이



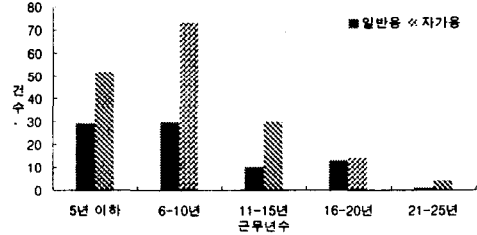
<그림 2> 요일별 발생 추이

### 2.3 시간대별 사고발생 추이

시간대별 사고발생 추이를 <그림 3>에 나타내었다. 시간대별 분포를 보면 정오를 전후한 11시경 및 13~14시경에 많이 발생하고 있는데 그 이유는 11시경에는 오전작업을 마무리하려고 서두르는 경향이 있으며 13~14시경에는 식후의 나른함, 피로 등이 작업에 영향을 준 것으로 추정된다.



<그림 3> 시간대별 발생 추이



<그림 4> 근속년수별 발생 분포

### 2.4 근속년수별 발생분포

작업자의 근속년수별 발생분포를 <그림 4>에 나타내었다. 근속년수 6~10년이 103건(40.2%)으로 가장 많았고 5년 이하, 11~15년 순으로 나타났다. 또한 근속년수 10년 이하인 작업자의 연령을 보면 20~40대에 집중되어있는데 이는 20대는 경험부족과 작업의 숙련도 미숙, 30~40대는 자만심과 착각 등에 따른 것으로 분석된다.

### 2.5 작업환경별 결함요인 분포

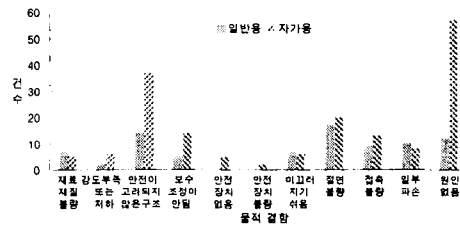
작업환경별 결함요인 분포를 <그림 5>에 나타내었다. 대부분의 작업자가 양호한 것으로 보았으나 나머지 30~40%의 결함요인을 분석해보면 조도는 작업장소의 본래 어두운 환경 또는 정전작업시 대체조명이 확보되지 못한 경우이며, 온·습도는 물기취급이 많은 장소인 경우였다. 소음은 자가용설비에 특히 많은데 이것은 정전작업시의 발전기 운전소음으로 인하여 작업자간의 의사소통에 지장을 초래한 것으로 분석된다.

## 2.6 물적결함 요인 분포

물적결함의 발생분포를 <그림 6>에 나타내었다. 절연불량은 기기가 누진인 상태에서 접촉하거나 또는 개폐기구를 조작하는 순간에 자체결함으로 절연이 파괴되는 사고였다. 안전이 고려되지 않은 구조는 일반용은 개폐기 회로의 역결선, 자가용은 충전부와의 이격거리가 부족하였거나 또는 좁은 작업공간이 안전작업에 지장을 준 것으로 분석된다.



<그림 5> 작업환경별 결함요인 분포



<그림 6> 물적결함에 의한 발생건수분포

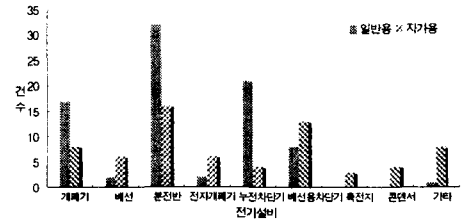
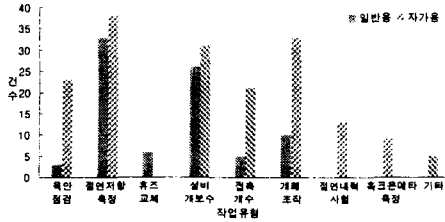
## 2.7 작업형태별 발생분포

작업형태별 발생 분포를 <그림 7>에 나타내었다. 가장 많은 건수는 절연저항 측정으로 일반용은 점검발판 이상에 의한 추락·전도, 역결선, 노출충전부에 감전되는 경우이고 자가용은 발판에서 전도·추락 또는 특고충전부에 접촉할 뻔한 사례였다.

설비 개·보수는 전원을 개방하지 않은 상태로 개·보수작업을 하다 충전부에 접촉된 경우이며, 개폐조작은 개폐기의 자체결함이나 작업자의 불안전자세에 의한 감전 사례였고 특히, 자가용은 수전용개폐기나 특고휴즈를 개폐하는 순간 기기 자체의 결함으로 파손되어 지락되는 사고가 많았다.

육안점검은 충전부에 무의식적으로 접근하거나 또는 고압측을 저압으로 착각하여 접촉할 뻔하였던 경우이며, 절연내력시험은 자가용이 13건(7.5%)으로 검전이나 잔류전하 방전조치를 생략하고 접촉하려던 경우였다.

접촉개수는 충전된 차단기, 개폐기단자의 접촉불량 부분을 개수할 때 실수로 단락·지락 사고가 난 경우이며 퓨즈 교체는 일반용이 6건(7.2%)으로 개폐기 개방을 하였으나 역결선된 것을 확인하지 않고 작업하다 단락·지락사고가 발생한 것으로 분석되었다.



<그림 7> 작업형태별 사고발생 분포      <그림 8> 저압 전기설비 사고발생 분포

## 2.8 전기설비별 사고발생 분포

### (1) 저압 전기설비

저압의 전기설비별 발생분포를 <그림 8>에 나타내었다. 분전반에서의 사고가 가장 많으며 그 원인을 보면 일반용은 분전반의 점검위치가 높아 전도·추락하는 사례였고 자가용은 분전반내 부스바 등의 충전부에 계측기 리드나 신체 일부가 닿아 단락되거나 감전되는 사고였다. 개폐기, 누전차단기, 배선용차단기 등의 배선기구에서는 활선상태에서 기기 교체, 단자 조임을 하다 감전되거나 또는 배선기구 자체의 결함있는 상태에서 개폐조작을 하다 지락, 단락되는 사고였다.

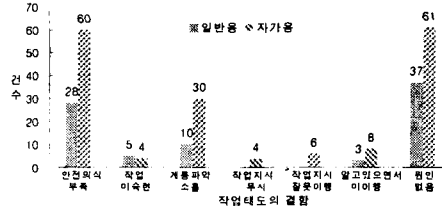
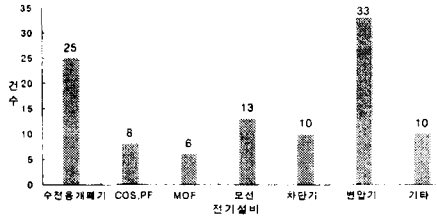
### (2) 고압 및 특별고압 전기설비

자가용에만 해당되는 고압 및 특고압의 전기설비별 발생분포를 <그림 9>에 나타내었다. 가장 많은 사고는 변압기로서 31.4%(33건)이 발생하였고 그 원인을 보면 고압측을 저압으로 착각하여 전압·전류를 측정하려다 멈춘 경우, 각종 점검작업(누설전류, 2차측 전압·전류 측정 및 절연유 채취)시 고압측 단자에 접촉될 뻔한 사례였다.

다음은 수전용개폐기가 23.8%(25건)로서 개방조작을 하였으나 완전히 개방되지 않아 개폐기 2차측이 충전 또는 1차전압이 유도된 상태에서 검전 및 육안확인을 하지 않고 절연저항 측정하려다, 개방 조작하는 순간 지지애자 파손 또는 조작 로우프가 단선되어 충전부가 지락되는 사고가 많았다.

고압퓨즈인 COS, PF에서는 조작봉으로 개방하는 순간 지지애자의 파손으로 지락되거나 활선상태에서 손으로 투입하려다 멈춘 경우였고, 모선에서는 케이블 절연내력시험을 할 때 검전절차나 잔류전하의 방전조치를 생략하여 감전될 뻔한 경우였다.

차단기에서는 작업 완료후 2차측 미확인 상태에서 투입하다 지락·감전될 뻔한 사례, 개방후 차단기의 진공도 저하로 2차측에 전압이 유도된 상태에서 검전 확인을 하지 않고 절연저항 측정을 하다가 감전될 뻔한 경우였고 MOF에서는 작업 완료후 송전된 상태에서 MOF 외함에 놓인 공구를 집으려다 감전될 뻔한 경우였다.



<그림 9> 고압, 특고압 전기설비 사고발생 분포 <그림 10> 작업태도의 결함분포

### 2.9 작업태도의 결함분포

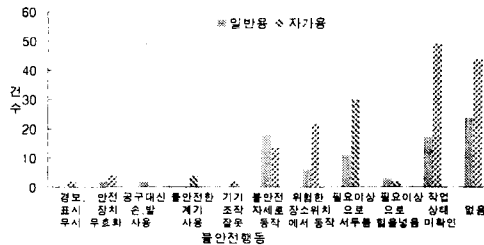
작업태도의 결함분포를 <그림 10>에 나타내었다. 작업자 스스로가 안전의식이 부족했음을 가장 큰 결함요인으로 꼽았으며 다음으로는 설비의 계통파악 소홀이었다. 작업지시 무시와 작업지시 잘못이행은 2인 이상의 공동작업 또는 제3자의 불안전행동에 의한 경우가 많았다.

작업자가 안전의식을 갖고 계통파악을 한 후 작업책임자의 지시에 따라 작업에 임하게 되면 작업태도의 결함에 따른 아차사고의 대부분을 미연에 방지할 수 있을 것으로 보인다.

### 2.10 불안전 행동(위험한 동작)의 결함 분포

불안전행동이란 대단히 넓은 개념이며 결함요인이 매우 다양하게 나타나고 있음을 <그림 11>에 의하여 알 수 있다. 주요 특징만을 보면 작업상태의 미확인은 전기설비의 이상상태와 주위환경을 작업전에 파악하지 않고 작업을 하려다 아크에 의한 화상 또는 충전부에 감전 될 뻔한 경우였고, 필요이상으로 서두름은 정전시간을 단축하기 위해 작업을 서두르다 감전 될 뻔한 사례였다.

불안전자세로 동작은 안전작업을 위한 주위 여건이 확보하지 않은 상태에서 무리하게 작업을 진행시키는 사례이며, 위험한 장소(위치)에서 동작은 활선상태인 전기설비 주위에서 안전장구를 착용하지 않고 작업(계측, 육안점검, 개·보수)을 하다 지락, 단락, 감전될 뻔한 것으로 분석되었다.



<그림 11> 불안전행동의 결함 분포

### 2.11 불안전행동 배후요인 분포

불안전행동의 배후요인 분포를 <그림 12>에 나타내었다.

불안전 행동의 직접적인 원인으로서는 지식, 기능, 태도(의욕), 인적실수가 있고 또 이들의 배후요인은 매우 다양할 뿐만 아니라 원인을 명확히 구분하기란 쉽지 않다.

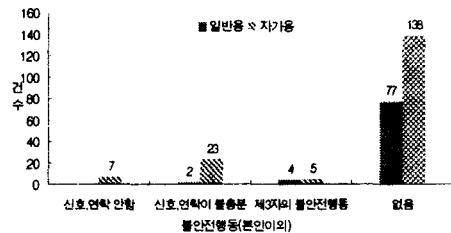
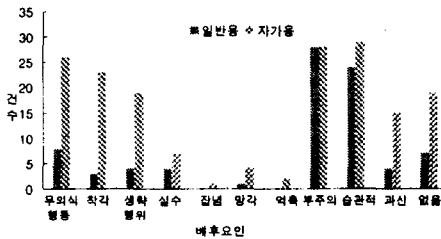
주요특징을 분석해 보면 부주의는 절연저항 측정시 계기의 측정값을 읽는 순간 리드에 의한 충전부 단락, 혹은 메타 측정시 리드선에 의한 상간단락 등이며, 습관에 의한 것은 개폐기를 개방한 후 2차측 충전여부를 확인하지 않고 절연저항측정을 하다 지락, 감전될 뻔한 사례이며, 무의식행동은 문제점을 설명하면서 충전부를 손 또는 공구 등으로 가리키다 감전될 뻔한 경우였다.

착각은 변압기 점검시 고압측을 저압측으로 생각하고 계측기 리드를 고압측 단자에 접촉할 뻔한 사례이며, 생략행위는 전원 개폐기를 개방한 후 2차측의 충전유무를 검전 확인하지 않고 생략하는 사례였으며 과신은 활선상태에서 개·보수작업을 실시하다 발생한 것으로 분석되었다.

### 2.12 불안전행동(본인 이외)

본인 이외의 불안전행동에 의한 발생분포를 <그림 13>에 나타내었다. 본인 이외란 공동작업자 또는 작업과 직접 관련이 없는 제3자를 포함하며 일반용전기설비의 작업자는 주로 단독작업을 수행하므로 본인 이외의 불안전행동의 결함은 작업현장 주위의 제3자가 무의식적으로 작업구역 내에 접근하여 안전작업에 지장을 초래하는 경우였다.

자가용전기설비에서는 단독작업이 대부분인 일상점검보다는 정밀점검 등과 같이 2인 이상인 공동작업을 할 때 동료작업자나 현장에 입회한 제3자에 의하여 사고가 발생하는 경우로 나타났다.



<그림 12> 불안전행동의 배후요인 <그림 13> 불안전행동(본인이외) 결함분포

## 3. 결론

일반용전기설비와 자가용전기설비에서 발생한 아차사고사례를 조사·분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

월별과 요일별 발생분포에 있어서 각각 하절기 및 주초와 주중에 유의해야 하고, 시간대별로는 오전에는 충분한 작업시간을 확보하고 정오 이후에는 긴장을 늦추지 않아야 하며, 근속년수에 있어서는 5년 이하인 작업자는 작업의 숙련도를 높이고 6년 이상된 작업자는 자만심을 경계해야 한다. 그리고, 작업환경별 결함의 경우 조도에 따라 약간의 영향을 받지만 거의 영향이 적으며 소음으로 인한 의사소통의 불일치로 사고가 발생할 수 있으므로 수신호 등의 의사전달이 필요하다. 또한, 물적결함의 사고를 방지하기 위해서는 설비자체의 결함과 주변여건을 작업전에 확실히 파악해야 하며, 작업형태별로는 고소작업시 발판의 확인, 충전부와의 이격거리 등 안전한 작업공간을 확보해야 한다.

한편, 전기설비별 발생분포를 보면 저압의 경우는 높게 시설된 분전반 작업시 추락·전도에 유의해야 하며 배선기구는 전원 개방후 작업해야 하고 고압 이상의 전기설비에 있어서는 변압기는 활선작업시 안전, 개폐기구는 개방 후에도 반드시 육안확인, 케이블은 방전조치를 해야 한다. 불안전행동의 예방을 위해서는 서두르지 않는 시간적 여유와 안전한 자세로 작업에 임해야 하며, 불안전행동의 배후요인은 매우 다양하게 나타나므로 작업에 얼마나 집중력을 갖는가에 따라 나타난 것으로 보인다. 본인 이외의 불안전행동을 볼 때 공동작업간의 정확한 의사소통을 요하며 제3자에 대해서는 작업구역내 출입과 개폐기구의 임의조작을 보다 철저히 통제할 필요가 있다.

이상의 결과를 토대로 과거에 경험하였던 사고사례의 원인을 분석하고 대책을 마련하여 작업자가 동일한 사고를 되풀이하지 않도록 함으로써 인적·물적결함에 의한 전기재해를 미연에 예방할 수 있을 것으로 분석되고, 향후 전기재해를 예방하는데 기초자료로 활용될 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- [1] 임창환, “감전사고 방지를 위한 안전기준의 개선방향에 대한 연구”, 논문집, 한양대학교 산업대학원, pp. 1~2, 1990. 6
- [2] 전기재해 통계분석, 한국전기안전공사, pp. 39~44, 1999. 10
- [3] 유재환, 정재희, 김윤선, 장성록, 이원근, 김종배, “안전관리”, 동화기술, pp. 405~452
- [4] “OSHA ELECTRICAL WORK RULES”, EC&M, July, 1995
- [5] “NFPA 70E Standard for Electrical Safety Requirements for Employee Workplaces 2000 Edition”, National Fire Protection Association, Feb, 2000