

# 자가용 전기설비 안전관리자의 PL인식 조사 및 사고사례 연구

(The Study on Facility Accident Case and PL Recognition of the Safety Manager in Electric Installation for Private Use)

김영석\* · 송길목 · 김선구

(Young-Seok Kim · Kil-Mok Shong · Sun-Gu Kim)

## 요 약

본 논문에서는 자가용 전기설비에서 전기안전관리자의 PL인식과 전기설비의 사고발생에 관한 것을 조사하였다. 설문대상은 자가용 수용가 450호를 선정하였으며, 이중 154호가 설문에 응신하여 35.8[%]를 차지하였다. 전기안전관리자의 58[%]는 PL에 관해 잘 알고 있었으며, 42[%]는 인식하고 있지 않았다. 이들 중 82.4[%]는 전기설비에 PL법이 적용되어야 된다고 하였으며, 5.8[%]만이 PL법의 적용이 필요 없다고 대답하였다. PL적용의 이유로는 전기설비와 제품의 안정성을 위한 것이 64[%], 동일사고의 방지가 19[%]를 차지하였다. 또한 변압기 사고가 가장 많은 부분을 차지하였으며, 케이블 사고가 그 뒤를 따랐다. 설문조사 결과로부터, 전기안전관리자들은 PL내용에 많은 관심이 있었으며, 그들은 전기사고에 관한 PL적용의 필요성을 기대하고 있었다.

## Abstract

In this paper, we investigated electric safety manager's PL recognition and accident occurrence of electric power facilities in electric installation for private use. The target of questionnaire survey is 450 electric installations for private use, 154 responded the questionnaire among these and it occupied 35.8[%]. The questionnaire survey says that 58[%] of electric safety manager knew well about PL contents and 42[%] of them did not recognize its. 82.4[%] of them must applied PL law in electric installation, 5.8[%] of them did not need the PL law. Reason of PL application occupied 64[%] for stability of electrical facility and product, 19[%] for prevention of same accident. The accident of transformer occupied most and the power cable accident were much next. The questionnaire survey results, electric safety managers are interested in PL contents, they expected necessity of PL application about electrical accident strongly.

Key Words : Product Liability, Questionary Survey, Electrical Fault, Power Cable

## 1. 서 론

\* 주저자 : 전기안전연구원 설비안전그룹  
Tel : 031-580-3064, Fax : 031-580-3111  
E-mail : athens9@naver.com  
접수일자 : 2008년 6월 4일  
1차심사 : 2008년 6월 10일  
심사완료 : 2008년 7월 3일

제조물책임(PL)법 시행에 따라 기업들은 제품의 안전체계 구축 및 사용자 보호를 기업의 이념, 경영방침에 반영시키며 구체적인 대책을 추진하고 있다. 특히,

소비자 생활과 밀접한 관계에 있는 가전제품, 의료기기 등에 대해서는 사고발생 시의 기업이미지 손상을 고려하여 전사원의 PL교육 등을 실시하고 있다. 하지만, 소비자 인식 향상과 더불어 제조물 책임소송과 PL보험사고 발생건수가 해마다 증가하고 있는 추세이다.

PL에 관련된 인식조사는 중소기업청에서 중소기업을 대상으로 실시하였지만, 전기설비를 담당하는 전기안전관리자들의 PL인식에 대한 조사는 아직까지 이루어지지 않고 있다[1-2]. 특히, 건물과 공장에서의 전기사고 발생 시에는 고객 불편사항의 우선처리, 공장의 생산 활동 우선에 따라 사고원인 조사 없이 전원을 공급하게 되며, 사고원인규명의 시간적·경제적 비용, 전기기기에의 PL적용 여부의 인식부족 등에 의해 정확한 원인 규명이 되지 않는 것이 현실이다. 또한 사고원인 규명 시에도 쌍방향의에 의한 사건종료가 대부분을 차지하고 있어, 전기사고에 대한 데이터베이스 구축에도 상당한 어려움이 따르고 있다.

2007년 한국전기안전공사의 전기안전관리 대행수용가는 24,429호로서 전체 수용가의 15[%]를 차지하고 있으며, 이들 수용가에서 발생한 전기설비사고는 6,946건으로, 저압설비가 78.7[%], 고압설비가 21.3[%]를 점유하였다[3]. 이들 수용가는 전기설비사고에 대해서는 자체적으로 사고원인에 대한 분석이 이루어지고 있지만, 그 외 85[%]를 차지하는 수용가들은 설비사고에 대한 통계 혹은 원인 분석 등이 체계적으로 관리되고 있지 않다. 따라서 수용가 전기설비에서의 사고는 PL법 적용대상이므로, 정확한 사고원인 규명과 PL분쟁 해결에 필요한 데이터베이스가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 제조물책임법의 시행에 따른 자가용 수용가의 전기안전관리자들을 대상으로 PL법과 사고사례에 대한 의견수렴을 하여 공공차원의 전기설비 사고원인 규명 및 처리기준 마련을 위한 데이터베이스의 자료로 활용하고자 한다.

## 2. 설문조사 방법 및 일반사항

수용가 전기설비에서 PL 인식조사 및 전력케이블, 변압기 등 전기설비의 사고발생 실태조사를 파악하기 위하여 설문조사를 실시하였다. 설문조사기간은

2007년 10월 22일부터 11월 10일까지 3주간 실시하였으며, 설문내용은 전기설비의 일반사항, 제조물책임법의 인식조사, 전기설비의 사고발생실태조사 등 총 23개 문항으로 실시하였다. 설문대상은 지역별, 전기설비용량으로 구분하여 전국단위 무작위로 자가용 전기설비 수용가 450호를 선정하여 실시하였으며, 158호가 설문에 응신 하여 35.8[%]의 응신율을 나타내었다. 그림 1은 설문에 응신한 지역별로 구분한 것을 나타낸다. 지역별로는 경기와 경북지역이 가장 많이 응해 주셨으며, 울산, 제주, 광주지역이 응신율이 낮았다. 자가용 수용가의 수전전압은 22.9 [kV]가 가장 많았으며, 그림 2는 건물업종별로 구분한 것을 나타낸다. 자가용 수용가 중 공장 49호, 공공시설 31호, 다중이용시설 22호 순으로 설문에 많이 응하였다.

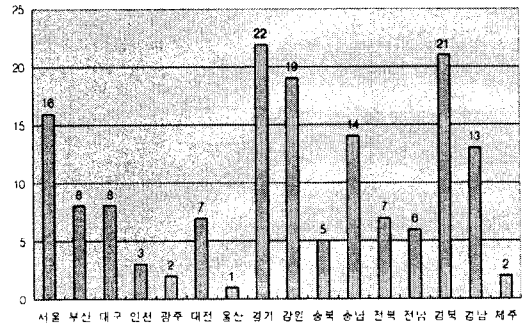


그림 1. 지역별 구분  
Fig. 1. The classification of local area

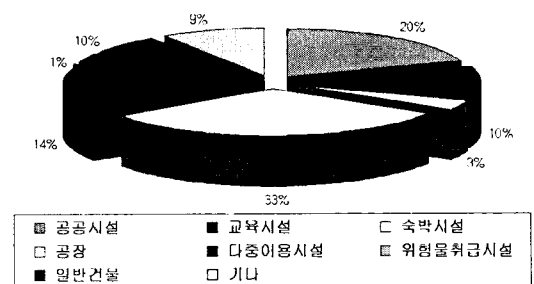


그림 2. 건물업종별 구분  
Fig. 2. The classification of structure and industry

자가용 수용가에 전력을 공급받는 전기설비가 시설된 위치의 분포를 그림 3에 나타낸다. 전기설비는

## 자가용 전기설비 안전관리자의 PL인식 조사 및 사고사례 연구

지하 전기실(64호) 및 옥내 전기실(41호)이 105호를 점유하여, 약 68[%]가 옥내에 설치되어 외부환경에 의한 영향이 적은 것으로 나타났다. 자가용 수용가에 설치된 전기설비의 내용 년수를 살펴보면, 그림 4에 나타난 바와 같이 10년 이상 된 수용가가 전체의 60[%]를, 10년 이하가 40[%]를 차지하였다.

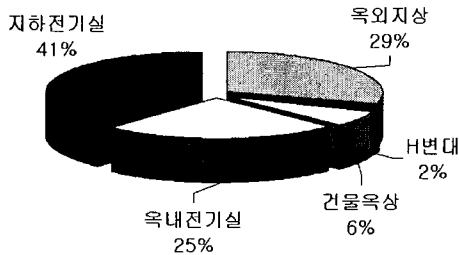


그림 3. 전기설비의 설치위치  
Fig. 3. The establishment place of electric installation

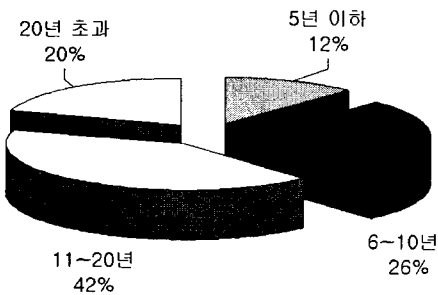


그림 4. 전기설비의 설치 년수  
Fig. 4. The establishment year of electric installation

### 3. 제조물책임법에 관한 인식조사

제조물책임법에 대한 자가용 전기설비 수용가 전기안전관리자들의 인식을 조사하였다. 특히, PL과 관련하여 정보부족과 공개를 하지 않는 주위환경으로 전기안전관리자의 관심이 어느 정도인지 조사할 필요가 있다. 이는 향후, 안전의식향상과 PL정착에 따른 클레임 증가와 보상 등에서 전기산업분야에 확대 적용 될 가능성이 크기 때문이다.

전기안전관리자를 대상으로 PL 내용에 관한 설문 결과를 그림 5에 나타낸다. 자가용 수용가의 전기안전관리자의 58[%]정도가 PL 내용에 관해 잘 숙지하

고 있었으며, 42[%]가 잘 모르거나, 들어본 적이 없는 것으로 조사되었다.

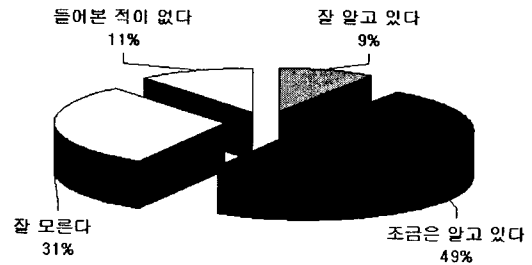


그림 5. 전기안전관리자의 PL인식 조사  
Fig. 5. PL recognition of electric safety managers in electric installations for private use

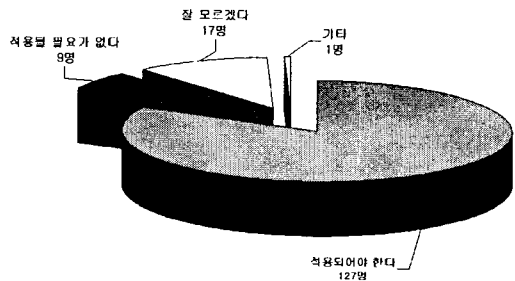


그림 6. 전기설비 사고에 대한 PL적용 여부  
Fig. 6. PL application of electrical facility accidents in electric installations for private use

그림 6은 전기설비 사고에 대한 PL적용 여부에 관한 조사결과를 나타낸다. PL법은 기본적으로 제품의 결함(설계, 제조, 경고 등)으로 인한 사고 발생 시 그 피해를 직접적으로 입은 자에게 제조자가 배상책임을 지도록 하고 있는 것으로, 설문에 응해 준 전기안전관리자들의 82.4[%]가 전기설비 사고에 대해서도 사고 원인의 책임에 대하여 PL을 적용해야 된다고 응답했으며, 5.8[%]정도가 PL이 적용될 필요가 없다고 하였다. PL적용의 이유로서는 그림 7에 나타난 바와 같이 설비 또는 제품의 안정성을 위해서가 64[%]를 차지하였으며, 동일한 사고의 예방을 위해서는 19[%], 경우에 따라서는 수용가의 책임이 없는 경우도 있기 때문이라는 답이 14[%]를 차지하였다. 또한 PL적용이 필요치 않다고 응답한 이유는 전기설비에서 사고가 발생해도 결함입증이 어려운 것을 첫 번째 이유로 들었

으며, 전기설비 사고발생시 정상가동을 위한 복구 우선, 전문분석기관의 부재 등을 이유로 들었다.

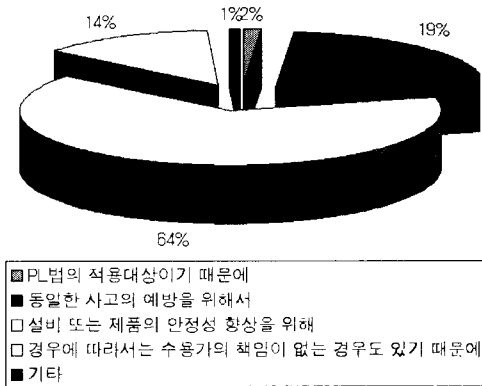


그림 7. PL 적용에 대한 이유  
Fig. 7. Reason of PL application

#### 4. 전기설비 사고발생 실태조사

자가용 수용가의 전기안전관리 중 변압기, 케이블 등의 전기설비 고장 또는 사고에 대한 설문조사를 실시하였다. 그림 8은 자가용 수용가 전기안전관리자들이 경험한 과거 변압기, 케이블 등의 사고 발생 건수에 대한 결과를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이, 1~2번 또는 종종 사고를 경험한 자가용 수용가는 53%정도였으며, 사고가 전혀 없었던 수용가도 약 41%를 차지하였다. 이들 중 사고가 발생한 전기설비로는 그림 9에 나타난 바와 같이 변압기 사고가 46건으로 가장 많았으며, 케이블 사고가 39건, 차

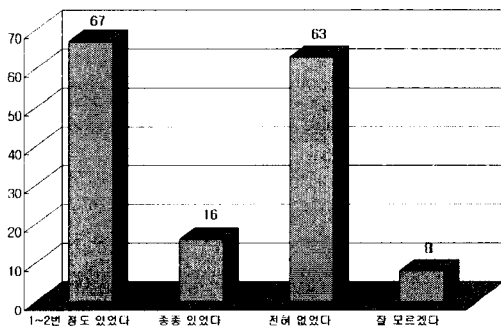


그림 8. 전력기기 사고 발생 건수  
Fig. 8. The number of case in fault electrical facility

단기 사고가 34건 순으로 나타났다. 변압기 사고가 일어난 설비의 전압레벨은 22.9[kV] 수용가가 30호, 6.6/3.3[kV] 수용가가 12호였으며, 대부분 유입변압기 및 몰드변압기에서 발생한 사고였다.

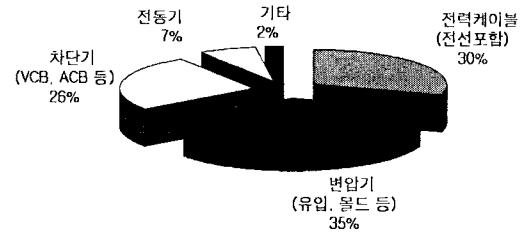


그림 9. 사고발생 전기설비  
Fig. 9. The faulted electrical facility

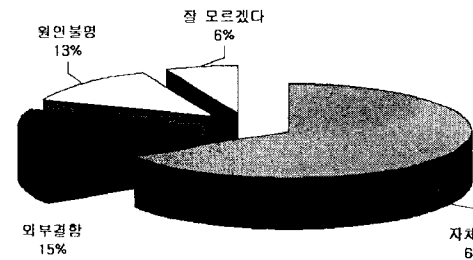


그림 10. 변압기 사고의 소손 원인  
Fig. 10. The fault cause of transformer accident

그림 10에 변압기 사고에 대한 전기안전관리자들의 주관적인 원인에 대한 설문결과를 나타낸다. 자가용 수용가에 설치된 변압기의 66%는 변압기 자체의 결함에 의해 사고로 발생되었으며, 외부결함 원인이 15%, 원인불명이 13%를 차지하였다.

변압기 사고의 정확한 원인규명에 대한 설문 결과를 그림 11에 나타낸다. 변압기 층간, 턴간 단락에 의한 원인이 28%를 차지하였으며, 단자의 접촉 불량 이 14%, 지락사고가 12%, 절연유 순환불량이 10%를 차지하였다. 전력케이블 사고가 일어난 설비의 전압레벨은 22.9[kV] 수용가가 27호, 6.6/3.3 [kV] 수용가가 11호, 저압 수용가가 9호를 차지하였다. 그림 12는 전력케이블 사고발생 부위를 나타낸다. 케이블 사고는 케이블 중단접속재 부분과 케이블 본체부분에서 각각 19건이 발생하였으며, 케이블 직선접속재부분에서는 12건이 발생하였다.

자가용 전기설비 안전관리자의 PL인식 조사 및 사고사례 연구

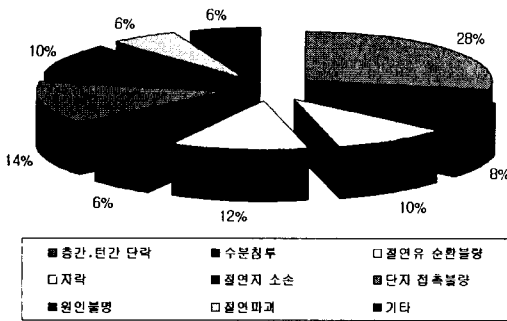


그림 11. 변압기 사고원인 규명  
Fig. 11. The analysis of fault cause in transformer

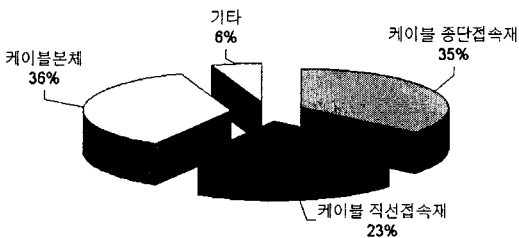


그림 12. 케이블 사고부위  
Fig. 12. Occurrence region of power cable accident

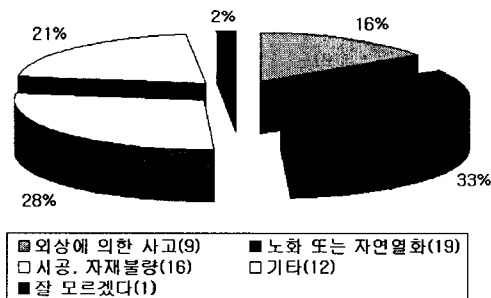


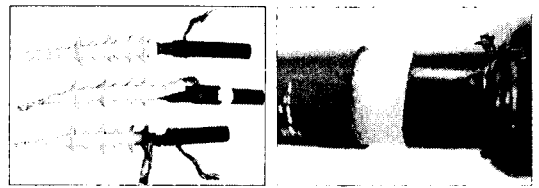
그림 13. 케이블 사고에 대한 원인규명  
Fig. 13. The analysis of fault cause in cable

케이블 사고의 정확한 원인규명에 대한 설문에 대해서는 노화 또는 자연열화에 의한 원인이 33[%]를 차지하였으며, 시공, 자재 불량이 28[%], 외상에 의한 사고가 16[%], 기타의견이 21[%]를 차지하였으며, 그림 13에 나타낸다. 기타 전기안전관리자들의 의견으로는 이들 전력케이블 및 변압기 등의 전기설비에 대한 사고분석 및 원인규명 등이 인터넷으로 DB화 되어 공적인 차원에서 자료로 활용될 때 전기안전관리자들은 많은 도움이 될 것으로 생각하고 있

었다. 또한, 제품결함으로 인한 사고원인 규명 미흡 등에 대해서는 고장 사고 등에 대한 중립적인 기관에서 분석할 수 있도록 제도화하는 의견과 사고원인 규명 이후에는 전기안전관리자들을 위한 교육과 홍보 등의 법정교육시간도 필요하다는 의견을 제시해 주었다.

5. 전기설비 사고사례

그림 14는 자가용 전기설비수용가에서 소손된 케이블 헤드부분을 나타낸다. 본 사고는 책임분계점 COS 2차측과 인입케이블(CNCV 60[mm] 1C×3L) A상 접속점에서 지락사고가 발생된 것으로 케이블 사용기간은 약 1년 정도 운용된 것이다. 건전상은 육안상 발견되는 소손 흔적이 없었으며, 그림 (a)의 소손된 케이블 및 케이블 헤드간 접속 부위에서는 탄화흔 및 케이블 심선의 용융이 확인되었다.



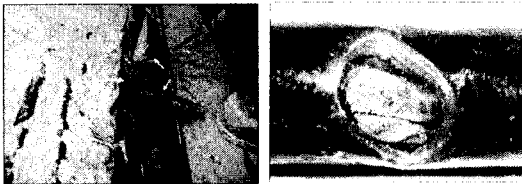
(a) 소손된 케이블 (b) 케이블 헤드 처리 불량

그림 14. 소손된 사고 케이블 사진  
Fig. 14. Photograph of Faulted cable

본 케이블의 사고원인은 고장 발생부위와 케이블 헤드의 제작사가 3M이며, 각사마다 시공(조립)방법 측면에서 약간의 차이가 있다는 점 및 이의 준수여부는 물론, 과학적 열화원인을 감안할 때, 자기수축형 튜브가 외도까지 덮여 있어야 비로소 전계완화 효과를 얻을 수 있다. 그럼에도 불구하고 이 튜브가 절연체 상에서 마감되어 있는 점과 이 마감 부위에서 사고가 발생했다는 점으로부터 시공방법을 준수하지 않아 튜브의 마감부위에 전계가 집중되어 가압 이후 지속적인 부분방전이 발생하여 케이블에 누적된 스트레스로 인해 발생한 사고로 추정할 수 있다. 이는 제조물 결함에 의한 사고로 판단하기 힘들다.

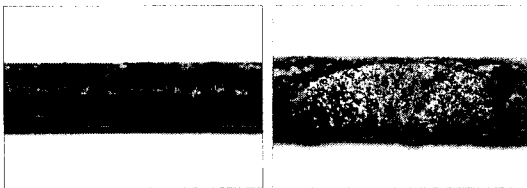
그림 15는 저전압케이블에서 절연파괴가 동시 다

발적으로 발생한 사고로서, 중동의 건설현장에서 일어난 것이다. 소손 된 케이블의 저압케이블로서 외국기업이 제작한 것이며, 케이블 본체에서 사고가 발생하였다.



(a) 사고현장 (b) 소손 케이블

그림 15. 사고현장 및 소손 저압케이블  
Fig. 15. Field and faulted low voltage cable



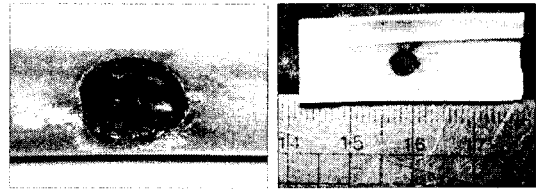
(a) 정상상태 (b) 용융 흔적

그림 16. 아연도금 강철선 외형(mag.×10)  
Fig. 16. Shape of galvanized steel wire(mag.×10)

본 케이블의 사고원인을 규명하기 위해 도전재료 및 절연재료를 분석하였다. 그림 16은 아연도금 철선으로 그림 16 (a)는 정상상태의 것을 나타낸 것이고, 그림 16 (b)는 사고부위의 중심부분으로 용융된 형태를 확인할 수 있다. 구리의 용융점은 1,083[°C]이고, 철이 녹을 수 있는 용융점까지의 온도는 일반적으로 1,539[°C]이며, 아연의 경우는 419.5[°C]이기 때문에 용융된 형태를 비교해 보면 전기에너지에 의해 용융된 부분으로 추정하여 보면 약 1,500[°C]이상의 국부가열이 있었던 것으로 추정할 수 있다. 이러한 용융패턴은 전기에너지에 의해서만 나타날 수 있는 조건으로 아연도금 철선과 전선 사이에서 절연파괴 되었음을 확인할 수 있다.

그림 17은 과전압을 인가하여 케이블의 사고를 재현한 사진이다. 그림 17 (a)에서 소손 된 형태는 그림 15 (b)의 사고케이블과 유사한 형태를 나타내고 있으며, 아크로 인한 비산정도가 사고케이블보다 심

한 것을 확인할 수 있다. 그림 17 (b)는 아연도금 철선과 구리전선 사이에 있는 절연차폐 부분을 확대한 것으로 약 3[mm] 정도의 타원형의 탄화흔적을 확인할 수 있다. 이는 절연이 가장 약한 부분으로 절연파괴가 발생하는 것으로 판단된다.



(a) 재현된 케이블 사고외형 (b) 절연파괴된 PVC

그림 17. 재현된 케이블의 외형  
Fig. 17. Shape of reconstructed cable

저압 케이블의 IEC 규격(IEC 60502-1)[4]을 검토하였으며, 절연피복의 공칭두께는 1[mm]이다. 이에 소손 된 케이블의 절연두께를 측정하기 위해 IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스템재료의 공동 시험 방법-제1부 : 시험방법 총칙-제1절 : 두께 및 완성품 바깥지름 측정-기계적 특성 시험)[5]에 의해 다음 식에서 측정하였다.

$$t_m \geq 0.9t_n - 0.1 \quad (1)$$

여기서,  $t_n$ 은 공칭절연두께이며,  $t_m$ 은 측정된 절연두께를 나타낸다. 따라서 저압케이블은 0.8[mm] 이상의 절연두께를 가져야 한다. 그림 16은 의뢰된 본 케이블의 절연두께를 측정한 것이다. 측정결과 평균 0.48[mm]에서 0.65[mm]의 두께를 가졌다. 이는 절연두께가 IEC 규격에서 정한 최소두께에 일치하지 않았으며, 케이블 절연물의 결합에 의한 절연파괴 사고로 추정할 수 있다. 이들 두 가지 사례를 살펴본 결과 케이블의 정밀분석에 의해 케이블 시공 불량과 제조불량에 의한 것을 추정하는 것이 가능하며 PL적용의 가능성을 확인할 수 있었다.

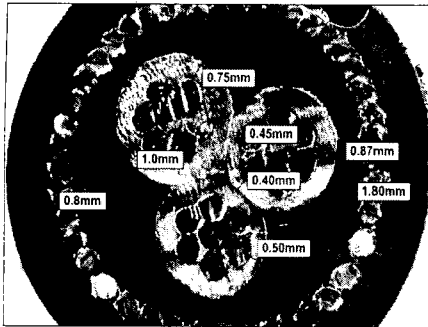


그림 18. 소손 케이블의 절연두께  
Fig. 18. Insulation thickness of faulted cable

## 6. 결 론

현장 전기안전관리자의 PL인식과 전기안전 사고 발생에 따른 실태조사를 실시한 결과, 전기설비 수용가의 전기안전관리자는 58[%]정도가 PL 내용에 관해 잘 숙지하고 있었으며, 42[%]가 잘 모르거나, 들어본 적이 없는 것으로 조사되었다. 또한 설문에 응해 준 전기안전관리자들의 82.4[%]가 전기설비 사고에 대해서도 사고원인의 책임에 대하여 PL을 적용해야 된다고 응답했다. PL적용의 이유로서는 설비 또는 제품의 안정성을 위한 것으로 64[%]를 차지하였으며, 반대로 PL적용이 필요하지 않다고 응답한 이유로는 전기설비에서 사고가 발생해도 결합입증이 어려운 것을 첫 번째 이유로 들었다.

전기설비사고에 대한 응답에서는 1~2번 또는 종종 사고를 경험한 자가용 수용가는 53[%]정도였으며, 변압기 사고가 46건으로 가장 많았으며, 케이블 사고가 39건, 차단기 사고가 34건 순으로 나타났다. 설문에 응해 준 전기안전관리자들은 전력케이블 및 변압기 등의 전기설비에 대한 사고분석 및 원인규명 등이 인터넷으로 DB화 되어 공적인 차원에서 서비스되는 것을 요구하였으며, 제품결함으로 인한 사고 원인 규명 미흡 등에 대해서는 고장 사고 등에 대한 중립적인 기관에서 분석할 수 있도록 제도화하는 의견과 사고원인 규명 이후에는 전기안전관리자들을 위한 교육과 홍보 등의 법정교육시간도 필요하다는 의견을 제시해 주었다.

케이블의 사고사례를 살펴본 결과 케이블의 정밀 분석에 의해 케이블 시공불량과 제조불량에 의한 것

을 추정하는 것이 가능하여 PL적용의 가능성을 확인할 수 있었다.

본 연구는 지식경제부 전력산업기반기금의 지원으로 수행되었습니다.

## References

- [1] 한국피엘협회, “제조물책임(PL) 사고 예방을 위한 기술적 지원방안, 보고서, 2006.
- [2] 중소기업청, “제조물책임(PL) 대응매뉴얼-전기·전자제품분야, 보고서, 2006.
- [3] Korea Electrical Safety Corporation, “A Statistical Analysis on the Electrical Accident”, 14th edition, pp. 7-24, 2007.
- [4] IEC 60502-1(Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 (kV)(Um=1,2 (kV)) up to 30 (kV)(Um= 36 (kV)), Part 1: Cables for rated voltages of 1 (kV)(Um= 1,2 (kV)) and 3 (kV)(Um= 3,6 (kV))), 2005.
- [5] IEC 60811-1-1(전기케이블의 절연체 및 시스재료의 공동 시험 방법-제1부: 시험방법 총칙-제1절: 두께 및 완성품 비갈지름 측정-기계적 특성 시험), 2002.

## ◇ 저자소개 ◇

### 김영석 (金榮錫)

1974년 4월 27일생. 1996년 2월 경상대학교 공대 전기공학과 졸업. 1999년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2004년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2001~2002년 야마구치대학 전기전자공학과 객원연구원. 2003년~현재 전기안전연구원 설비안전연구그룹 연구원.  
Tel : (031)580-3064, Fax : (031)580-3111  
E-mail : athens9@naver.com

### 송길목 (宋佳穆)

1967년 3월 31일생. 1994년 2월 숭실대 공대 전기공학과 졸업. 2003년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 8월 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1996년~현재 전기안전연구원 설비안전연구그룹 선임연구원.  
Tel : (031)580-3065, Fax : (031)580-3111  
E-mail : natasder@kesco.or.kr

### 김선구 (金善九)

1961년 2월 25일생. 1985년 2월 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1991~2002년 한국전기안전공사 재직. 2002년~현재 전기안전연구원 설비안전연구그룹 그룹장(책임연구원).  
Tel : (031)580-3071, Fax : (031)580-3111  
E-mail : ksk@kesco.or.kr