

국내·외 저압지중함 감전사고사례 및 점검결과의 분석

(Analysis of Electric Shock Accidents and Check Results in Domestic and Foreign Low-Voltage Handhole)

김종민* · 한운기 · 방선배 · 김한상 · 심건보

(Chong-Min Kim · Woon-Ki Han · Sun-Bae Bang · Han-Sang Kim · Keon-Bo Shim)

요 약

최근 도심지의 미관을 중요시 함에 따라 전력설비의 지중화가 활발히 추진되고 있다. 지중선로의 분기나 접속을 위한 저압 지중함은 주로 사람의 통행이 빈번한 보도나 이면도로에 설치되어 있으며, 지중함 내 누전이 발생할 경우 행인이 감전될 위험이 있다. 더욱이 최근 기상이변으로 인한 폭우로 도로 침수가 자주 발생하고 있으며, 이러한 경우 인체는 물에 젖은 상태이므로 감전에 치명적일 수 있다. 본 논문에서는 저압 지중함에서 발생한 국내·외 감전사고사례의 원인과 점검결과를 분석하였으며, 분석결과 국내·외 감전사고의 사고원인은 동일하나 저압 지중함의 환경조건은 다른 것으로 나타났다. 향후 분석 자료는 저압 지중함에서의 감전사고를 방지하는데 활용될 수 있으며, 저압 지중함의 설치개선을 위한 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

Abstract

Recently underground electrical power distribution is increased because people attach importance to aesthetics of the downtown areas. Low-voltage handhole of underground distribution line for joint and branch point is mainly installed at the sidewalk. So, pedestrian can get a electric shock if fault is occurred in the low-voltage handhole. Furthermore the street was flooded by recently an unusual change in the weather. Fault is occurred in the low-voltage handhole that may create a shock hazard for the human body because a person's body resistance lower due to effect of water. This paper analyses causes of electric shock accidents and check results at the low-voltage handhole. At a result of analysis, the causes of electric shock accidents in domestic and foreign low-voltage handhole are same but environmental conditions of low-voltage handhole are different. In the future, the analytical data can be applied to prevent the electric shock at the low-voltage handhole, and can be used to basic data for the improving installment of low-voltage handhole.

Key Words : Low-Voltage Handhole, Electric Shock, Underground Line

* 주저자 : 한국전기안전공사 전기안전연구원
Tel : 031-580-3077, Fax : 031-580-3070

E-mail : cmkim@kesco.or.kr

접수일자 : 2007년 9월 21일

1차심사 : 2007년 10월 2일

심사완료 : 2007년 10월 19일

1. 서 론

수용가에 전력을 공급하기 위해 복잡하게 설치되어 있는 전주와 가공전선은 최근 도심지를 중심으로

기관을 중요시함에 따라 지중으로 매설하는 추세이다. 특히 지방자치체가 시행된 이후에는 경쟁적으로 전력설비 지중화사업이 활발히 추진되고 있으나 그림 1과 같이 선진외국에 비해 지중화율은 낮은 편이다. 저압수용가에 전기를 공급하는 지중배전선로에는 저압 지중함이 설치되며 지중함의 내부에는 그림 2와 같이 지중전선의 접속 및 분기를 위한 전선 접속부가 있다[1-2]. 지중함의 뚜껑은 금속체로 되어 있으며 사람의 통행이 빈번한 인도나 보도 상에 설치되므로 지중함 내부의 전기설비 결함에 의한 누전이 발생할 경우 불특정 다수에 대한 감전사고의 위험이 있다[3].

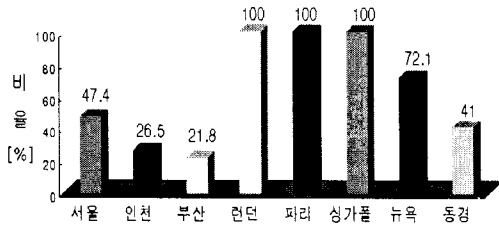


그림 1. 국내·외 도시의 지중화율
Fig. 1. Rate of underground line at the domestic and foreign city

본 논문에서는 도로나 인도에 설치된 저압 지중함에 대하여 국내와 미국에서 발생한 감전사고 이후 실시한 점검결과를 분석하여 문제점을 도출시키고 저압 지중함에서의 안전사고 예방대책을 위한 자료를 제시하고자 한다.

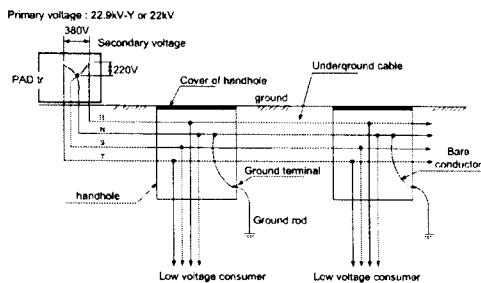


그림 2. 국내 저압지중함의 계통도
Fig. 2. Domestic low-voltage handhole system

2. 저압지중함의 감전사고사례

2.1 국 내

지난 2005년 6월에 집중호우시 지중 저압 지중함의 뚜껑을 밟고 지나던 행인이 감전되는 사고가 부산과 인천지역에서 발생하였으며 인명피해는 사망자 2명, 부상자 2명이었다.

2.1.1 부산지역 감전사고

부산의 경우 피해자는 당일 내린 비로 침수된 ○○구 ○○동 ○○앞 노상을 지나던 중 쓰러졌으며, 차를 타고 가던 목격자가 일으켜 세우려고 팔을 붙잡았으나 전기가 통하여 119에 신고를 하여 ○○구 ○○동 소재 ○○병원 응급실로 후송하였으나 사망한 사고이다.

① 사고당시환경조건

부산의 경우 사고당일 많은 양의 비가 내렸으며, 사고지점은 인도 폭이 160[cm]로 매우 좁은 상태에서 배수구, 지중 전선로 접속함(지중함), 가로등이 밀집되어 있으며, 비가 올 경우 우수가 골목길을 따라 흘러 내려 사고지점 주변이 일시 침수되는 상태였다.

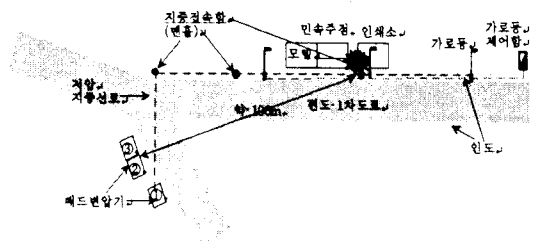


그림 3. 현장주변 평면도
Fig. 3. Plan figure of accident site

사고지점 주변은 그림 3과 같이 건축물로는 ○○인쇄소와 △△주점, 모텔이 좌우로 있으며, 도로 양쪽으로 상가 등이 밀집되어 있으며 사고지점 부근의 전기시설물로는 저압 지중함(가로 62[cm]×세로 72[cm]×깊이 36[cm])과 가로등이 사고지점에 있으며, 이들 저압 지중함과 가로등의 전원을 공급하는 설비

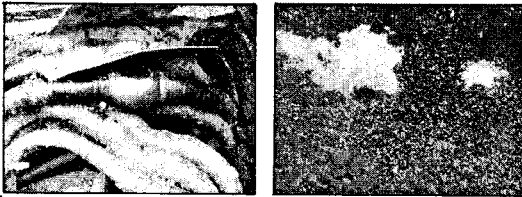
국내·외 저압지중암 감전사고사례 및 점검결과 분석

는 북쪽방향 약 40[m]거리에 가로등 제어함이 남쪽 방향 약 100[m] 거리에 패드마운트변압기가 있었다.

그림 3의 ①번 패드변압기(3 ϕ 300[kVA])는 '94년 12월에 ○○공사업체에서 ②번과 ③번 패드변압기(3[ϕ] 200[kVA], 3[ϕ] 300[kVA])는 '98년 8월에 △△공사업체 시공한 것으로 사고 접속점으로부터 분기된 간선(CV 1C 200[mm] × 3 Line, CV 1C 100[mm] × 1 Line)의 제작년도가 '94년임을 감안하면 사고현장을 지나는 저압지중선로는 ①번 패드변압기에서 검정색 점선으로 이어진 것으로 사료된다.

② 분석결과

사고 발생 직후 저압 지중함 내 전선의 절연불량 개소는 그림 4의 (a)와 같이 고무테이프 및 비닐절연 테이프로 테이핑이 처리되었으며, 그림 4의 (b)에 나타난 검은 부분은 접속함 뚜껑에 사고당시 지락된 점으로 추정된다.



(a) 사고직후 테이핑처리 (b) 접속함 뚜껑의 지락흔

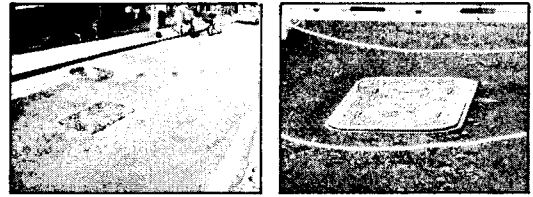
그림 4. 사고발생 저압지중함
Fig. 4. Faulted low-voltage handhole

결론적으로 전선의 경년변화(분기전선 '94년 제작), 절연열화 등에 따른 절연파괴로 지중 전선로 접속함 내에서 누전된 상태에서 빗물에 의한 침수로 지락점 주변에 전위차가 발생되었으며, 이곳을 지나던 행인의 양발을 통하여 보폭전압이 인가되어 사망에 이르게 된 것으로 추정되나 정확한 누설전류의 크기와 누설경로는 확인되지 않았다.

2.1.2 인천 감전사고

① 사고당시 환경조건

인천지역의 감전사고는 2005년 6월 26일에 폭우가 내리는 경사진 이면도로에서 발생하였으며 설치된 지중함의 뚜껑 위를 밟던 행인이 감전되어 사망한 사고이다.

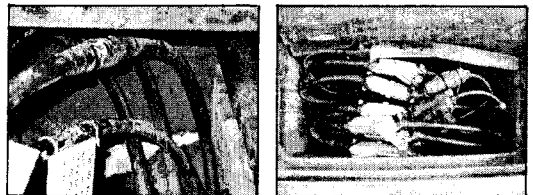


(a) 사고발생장소 (b) 사고발생 지중함

그림 5. 사고장소 및 지중함
Fig. 5. Accident site and faulted handhole

② 사고분석 결과

사고는 지중함 내 지중전선의 테이핑 접속부 전선피복손상으로 인해 충전부가 노출되었으며, 또한 노출된 충전부분은 금속제의 지중함 뚜껑 밑면에 접촉된 상태에서 일시적인 폭우에 의한 침수상태에서 보폭전압에 의해 감전된 것으로 분석된다. 그림 6의 (a)는 사고당시의 테이핑접속부이며, 그림 6의 (b)는 사고 이후 보완된 전선접속부분을 나타낸 것이다.



(a) 사고당시 테이핑접속 (b) 보완된 전선접속부

그림 6. 사고 전후의 전선접속부
Fig. 6. Joint point of the cable before and after accident

2.2 국 외

미국에서는 1999년에 동물(말)의 감전사고, 2004년에는 뉴욕, 라스베이거스, 보스턴에서 감전에 의한 인명피해사고, 2005년에는 보스턴에서 동물(개)의 감전사고가 발생함으로써 국내보다 더 많은 감전사고사례가 있었다.

2.2.1 뉴 욕

① 동물 감전사고사례

1999년 1월, 뉴욕 59번가에서 누전으로 인해 지중

함의 뚜껑이 110[V]로 충전된 상태에서 지나가던 말이 접촉하여 보폭전압에 의해 즉사한 사고가 발생하였다. 말과 같이 앞발과 뒷발의 폭이 큰 동물의 경우 양발 간에 걸리는 전위차는 인체일 때보다 훨씬 클 수 있으며, 또한 양발 간에는 항상 심실세동전류와 밀접한 관련이 있는 심장을 통하여 누설전류가 흐르게 되는 특징이 있다.

2005년도에는 보스톤에서 3마리의 개가 누전되는 지중함의 뚜껑에 접촉되어 죽는 사고가 있었다. 보스톤 지역은 노후된 지중설비가 많았으며, 사고 직후 보스톤에서는 지중함에 대한 점검을 실시한 결과 66개소에서 누전이 되는 것을 발견하였으며, 즉시 수리를 하고 추가적인 안전조치로 금속의 지중함뚜껑을 FRP(Fiber glass Reinforced Plastic)로 된 재질로 교체를 하였다.

② 인명피해사례

사고는 2004년 2월 6일에 뉴욕의 맨허턴가에서 애완용 개를 데리고 산보를 하던 여성이 도로에서 맨홀 뚜껑을 밟는 순간 감전되어 사망한 사고이다. 사고 직후 New York Times가 자체적으로 뉴욕 시내 맨홀 110개소에 대해서 대지전압을 측정하고 그 결과를 홈페이지에 공개를 하였다. 그림 7은 측정결과 나타난 대지전압의 분포로서 25[V] 이상은 55.4[%]이었으며, 100[V] 이상인 경우도 9[%]로 나타났다.

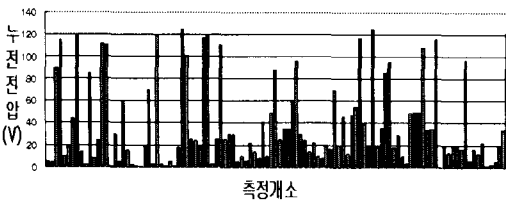


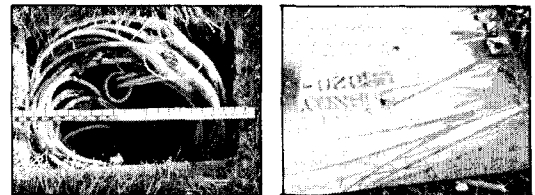
그림 7. 측정개소별 대지전압의 분포
Fig. 7. Distribution of ground potential classified by measurement site

사고당시 맨허턴지역은 많은 눈이 도로에 쌓인 상태였으며 제설작업용 염화칼슘이 맨홀 위에도 뿌려져 있었다. 물보다 도전율이 훨씬 높은 염화칼슘이 지중함의 뚜껑에 뿌려진 환경조건에 누전에 의한 감전위험성이 높아진 것으로 분석된다.

2.2.2 보스톤

2003년 7월 17일 오후 8시경 오하이오주의 갈리오시 PEPSCO II 야구장에서 8세의 어린아이가 지중함의 뚜껑에 감전되어 사망하는 사고가 발생하였으며, 사고 직후 고장분석협회가 조사를 실시하였으며 다음과 같은 원인으로 감전사고가 난 것으로 분석하였다.

- 지중전선의 접속부의 절연이 파괴되어 277[V]가 지중함의 금속뚜껑에 인가됨.
- 전류의 경로는 인접한 금속울타리를 통하여 흐름.
- 지중함의 뚜껑은 접지나 본딩되어 있지 않았으며, 보호장치가 트립되지 않았고, 금속의 뚜껑이 충전된 상태였음.
- 피해자의 전류통과 경로는 오른발에서 왼손이며, 그 증거로 오른발의 명백한 화상, 왼손의 손등에 나타난 화상흔적, 접속부가 지중함의 뚜껑에 접촉된 것이다.



(a) 충전부가 노출된 접속부 (b) 뚜껑에 나타난 아크흔적

그림 8. 사고장소 및 지중함
Fig. 8. Accident site and faulted handhole

2.3 감전사고사례의 비교분석

국내·외 지중함의 감전사고분석결과 다양한 환경조건에서 발생하였다. 즉 계절별로는 여름철뿐만 아니라 동절기에도 발생하였으며, 기후조건으로는 하절기는 물론 적설상태에서도 발생하였으며, 감전경로의 경우 보폭전압(발-발) 및 접촉전압(손-발)에 의해서도 감전사고가 발생하였음을 알 수 있었다. 이를 요약하면 표 1과 같다.

국내·외 저압지중함 감전사고사례 및 점검결과의 분석

표 1. 국내·외 감전사고사례의 비교

Table 1. Comparison of internal and external accidental electrocutions

구분	국 내	국 외
감전경로	보폭전압	보폭전압, 손-발
환경조건	하절기 도로침수	동절기적설 (염화칼슘)
인체저항	인체의 일부가 침수(최악)	습기, 물기상태
지중함	금속재질인 뚜껑	금속재질인 뚜껑
사고원인	지중전선의 노출충전부가 지중함의 뚜껑에 접촉	지중 전선의 노출충전부가 지중함의 뚜껑에 접촉

3. 저압지중함의 점검결과

지중함의 감전사고 이후 지중함을 관할하는 국내의 기관에서는 설비의 결함을 파악하고 문제점을 개선하기 위해 지중함의 점검을 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

3.1 국 내

국내의 경우 2005년 발생한 감전사고 이후 저압지중함 점검의 신뢰성과 객관성을 확보하기 위해 검사기관에서 전국의 저압지중함에 대해 점검을 실시하였다.

점검시의 항목은 저압지중함에 대해서는 내부 침수 여부, 케이블 오물부착 여부, 접속함 파손 여부, 절연고무판 설치 유무를 점검하며, 지중함 내의 저압케이블에 대해서는 케이블과 대지간 전압과 접속개소 누설 전류를 측정하였다.

3.1.1 점검현황

지중함의 파손이나 침수여부 등과 같은 육안에 의한 상태를 확인하는 것 이외에 지중함의 누전여부를 확인하기 위하여 케이블의 접속부와 지중함의 금속함체간의 대지전압과 누설전류를 측정하였다. 대지전압은 25[V]를 측정값의 기준으로 하고 있는데 이

는 저압전로지락보호지침에서의 제2종접촉상태의 기준값을 근거로 하고 있으며, 인체가 젖어 있는 상태 또는 금속체의 전기기계장치나 구조물에 인체의 일부가 상시 접촉하고 있는 상태를 의미한다. 그림 9는 점검에 활용된 계측기와 실제 측정사례이다.



그림 9. 실제 대지전압 및 전류측정 사례
Fig. 9. Actual measurement of ground potential and current

3.1.2 점검결과

전국에 설치된 약 15천개소의 저압 지중함 중 29.5%인 4,598개소에서 표 2와 같은 유형별 점검결과가 파악되었으며, 유형별 분포는 그림 10과 같다.

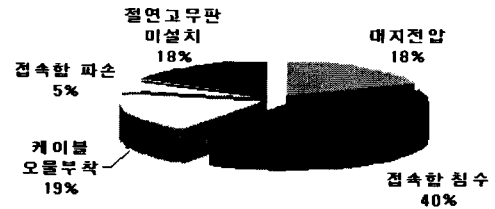


그림 10. 점검결과 유형별 분포
Fig. 10. Distribution of check result classified by check point

표 2. 저압 지중함의 점검결과

Table 2. Check result of low-voltage handhole

계	대지전압	접속함 침수	케이블 오물부착	접속함 파손	절연고무판 미설치
4,598	845	1,882	853	213	805

3.2 미 국

미국은 전기사업자가 하나인 국내와 달리 전력시장이 자유화되어 주, 카운티, 시별로 수많은 전력회사가 별도로 운영이 된다. 2004년 뉴욕의 감전사고를 계기로 뉴욕주의 전기사업자를 감독하는 기관인 뉴욕주공익위원회(New York State Public Service

Commission)에서는 전기사업자로 하여금 지중전기 설비를 포함한 전기사업자설비의 대지전압 점검결과를 보고토록 지시를 하였으며, 뉴욕에 있는 전력회사는 2005년도에 지중배전설비에 대한 대지전압을 측정하였다.

3.2.1 대지전압의 측정

지중함의 대지전압을 측정하기 위하여 전력회사는 다양한 계측기를 활용하였다.

① 검전기



그림 11. 누전검출용 검전기
Fig. 11. Detector for electric leakage

저압검전기는 검전기의 끝에서 발생하는 전압으로 동작하며 미리 설정된 전압과 동등 이상으로 검전기의 끝에서 전압이 감지되면 검전기는 시각적인 표시를 나타낸다. 검전기의 적절한 동작을 위하여 기준시험장치를 먼저 사용하여야 하며, 기준검증시험장치는 검전기의 설정전압보다 약간 높은 시험전압을 발생시켜 충전된 표면에 검전기를 접촉하여 정상동작여부를 확인한다.

② 분로저항을 적용한 전압계

검전기로 1차 측정시 전압이 검출되면, 분로저항과 조합된 전압계로 측정하며 분로저항의 내부저항은 인체가 최악의 상태를 가정한 500[Ω]이다.

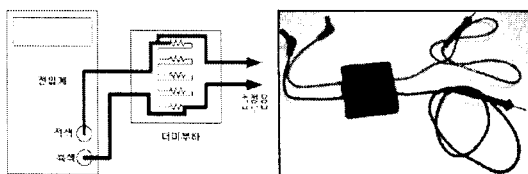


그림 12. 누전측정용 분로저항
Fig. 12. Shunt resistor for measuring electric leakage

③ 이동식 대지전압 감지장치

대지전압에서 발생하는 전자기장을 감지하는 시스템이다. 장착된 차량이 시속 24[km] 이하의 속도로 지중함의 뚜껑 위를 통과하게 되며, 만약에 누전이 감지될 경우는 경보가 울리고 컴퓨터의 화면에 누전된 물체를 표시한다.

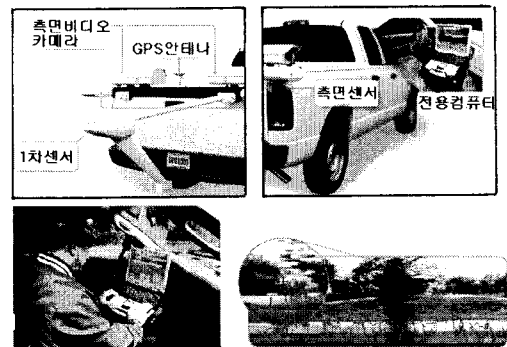


그림 13. 이동식 누전 감시시스템
Fig. 13. Portable monitoring system for electric leakage

3.2.2 점검결과

① 내셔널그리드 전력회사

내셔널그리드사가 관할하는 지중설비는 패드마운트변압기, 맨홀, 핸드홀을 포함해서 109,783개로 구성되어있다.

2005년도에 109,783개소에 대한 대지전압점검을 실시한 결과 0.017[%]인 19개소에서 대지전압이 측정되었으며 그 결과는 표 3과 같다[4].

표 3. 지중설비의 대지전압별 분포
Table 3. Distribution of underground installations classified by ground potential

계	1.0~4.4[V]	4.5~7.9[V]	8.0~24.9[V]	25~99[V]	100[V] 이상
19	17	0	1	1	0
0.017[%]	0.015[%]	0	0.0009[%]	0.0009[%]	0

그 중 핸드홀에서 측정된 누전전압개소는 3개소이며, 표 4와 같다.

표 4. 핸드홀의 대지전압별 분포

Table 4. Distribution of handhole classified by ground potential

계	1.0~4.4[V]	4.5~7.9[V]	8.0~24.9[V]	25~99[V]	100[V] 이상
3	1	0	1	1	0

② 콘에디슨 전력회사

콘에디슨 전력회사가 관할하는 273,980개의 지중 배전설비에 대한 대지전압 측정결과 1.16[%]인 32개소에서 대지전압이 측정되었으며, 대지전압별 분포는 표 5와 같다. 다만 지중배전설비별로는 분류되어 있지 않아 누전되는 핸드홀의 개수는 파악할 수 없다[5].

표 5. 지중배전설비의 대지전압별 분포

Table 5. Distribution of underground power installations classified by ground potential

계	0~8[V]	9~20[V]	21~50[V]	51[V] 이상
32	20	8	2	2

③ 허드슨 전력회사

허드슨 전력회사는 뉴욕주 북부지방인 중부허드슨밸리지역에 전기를 공급하고 있으며 지역 내는 아직도 20만개가 넘는 목주에 의한 가공배전방식으로 전력을 공급하고 있다. 지역 내의 지중배전용 맨홀과 핸드홀은 1,317개소이며, 4.5[V]를 넘는 대지전압이 발생한 사례는 없는 것으로 파악되었다[6].

④ 로체스터 전력회사

로체스터 전력회사는 뉴욕주의 북부지방에 약 30만호의 수용가에 전기를 공급하고 있다. 2005년도에 44,473개의 지중배전설비에 대해 누전전압을 측정된 결과 0.002[%]인 2개소에서 누전전압이 발생하였으며, 레벨등급에 의한 누전개소의 분포는 표 6과 같다[7].

레벨은 3등급으로 분류되며 등급에 따른 대지전압의 범위는 표 7과 같다. Level I는 8[V] 이상으로 대지전압이 측정되면 심각한 것으로 간주한다. 만약에 이러한 8[V] 이상으로 측정되는 설비가 사람이 접촉할 우려가 있는 경우에는 방호조치를 하여야 하며, 누전발생장소를 안전하게 조치를 취하고 45일 이내

에 수리를 한다. Level II의 범위로 측정되면 신속한 조치가 필요하다. 만약에 이러한 전압범위로 측정되면 감독자는 수리를 직접 할 것인지 방호조치가 필요한지 아닌지를 결정하여야 하며, Level III는 특별한 조치를 필요로 하지 않는다.

표 6. 레벨등급별 대지전압 분포

Table 6. Distribution of ground potential classified by level

등급	누전개소	감지율[%]
Level I	2	0.002
Level II	0	0
Level III	81	0.18
감지되지 않음	43,058	96.82
접근할 수 없음	1,332	3

표 7. 레벨등급에 따른 요구사항

Table 7. Requirement by level

전압등급	전압[V]	요구사항
Level I	$8.0 \leq x$	중대
Level II	$4.5 \leq x < 8$	신속
Level III	$0.0 \leq x < 4.5$	필요 없음

3.3 점검현황의 분석

감전사고 이후 시행된 국내·외 저압지중합의 점검결과 점검대상에 있어서 국내는 저압지중합만을 대상으로 하여 다양한 전기적 결함요인을 모두 점검하였다. 미국은 저압지중합뿐만 아니라 옥외의 전반적인 공공전기시설을 포함하였으나 점검항목의 경우 대지전압만을 측정하였다. 특히 대지전압측정에 있어서 국내는 인체가 대부분 젖은 상태에서 인체저항을 1,000[Ω]으로 가정한 25[V]를 점검기준으로 하였으나 미국은 대지전압측정범위를 4[V], 8[V], 25[V] 등 여러 단계로 구분하였는데 내부저항이 500[Ω]인 분로장치를 이용한 점으로 비추어 인체가 최악인 상태를 가정하여 누전점검을 한 것으로 분석된다. 결론적으로 국내의 25[V]와 미국의 8[V]는 각각 누설전류가 25[mA], 16[mA]로서 약간의 차이는 있으나 불수전류의 범위에 해당한다.

4. 결 론

감전사고는 대부분 사고당시의 환경조건이 그대로 유지되기 어렵기 때문에 사고의 원인을 분석하는데 중요한 요소인 누설전류나 전압의 크기를 알 수 없어 부득이 추정할 수밖에 없는 경우가 많다.

본 논문에서는 도로나 인도에 설치된 저압 지중함에 대하여 국내와 미국에서 발생한 감전사고사례를 살펴보고 감전사고 이후 설비결함을 파악하고 안전성을 확보하기 위해 실시한 점검결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다

- (1) 국내의 경우 지중함의 감전사고는 지중전선의 접속부의 절연파괴로 누전된 상태에서 하절기에 도로가 침수되어 지나던 행인이 감전되어 발생한 것으로 나타났다.
- (2) 미국에서 발생한 감전사고는 전선 접속부의 절연파괴의 원인은 동일하나 감전사고시의 환경조건의 경우 침수시가 아닌 건전상태, 동절기의 빙설상태에서 발생한 것으로 나타났다.

향후 본 논문에서의 사고사례분석 및 점검결과를 활용하여 저압 지중함의 침수시 누전상태를 모의한 실험을 실시할 예정이며, 인체에 미치는 전격재해의 영향을 평가하기 위한 연구를 지속적으로 추진할 예정이다.

이 논문은 전력산업 연구개발 사업비의 지원에 의해 수행된 연구결과입니다.

References

- [1] 심건보, “시뮬레이션에 의한 저압 지중함의 안전성 평가”, 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, p373~376, 2006.
- [2] 정종만, “지압 저압접속함의 침수조건에 따른 전위 분석”, 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, p284~287, 2006.
- [3] 하태현 외 3명, “육외 전기시설물 침수시 누설전류에 의한 인체영향”, 대한전기학회 논문지, 제52B권, 제12호, pp.602-607, 2003.
- [4] National grid, 2005 annual report.
- [5] Con Edison, 2005 Stray voltage detection and electric facility inspection report.
- [6] Central Hudson Gas and Electric Corporation, Report on

the stray voltage tests and inspections for the 12-month period ending on November 30, 2005.

- (7) Rochester Gas and Electric Coporation, Report on the stray voltage tests and inspections for the 12-month period ending on November 30, 2005.

◇ 저자소개 ◇

김종민 (金鍾旻)

1972년 7월 18일생. 1998년 전북대학교 전기공학과 졸업. 2001년 전북대학교 전기공학과 대학원 졸업(석사). 2001년~현재 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 근무.

한운기 (韓雲基)

1973년 6월 20일생. 1997년 2월 목포대 공대 전기공학과 졸업. 2001년 성균관대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년~한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 근무.

방선배 (方善培)

1968년 5월 18일생. 1994년 명지대학교 전기공학과 졸업. 2002년 강원대학교 산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 1997~2003년 한국전기안전공사. 2003년~현재 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원.

김한상 (金翰相)

1966년 2월 14일생. 1994년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 2004년 강원대학교 산업대학원 전기공학과(석사). 1989~1996년 한국전기안전공사. 1996년~현재 한국전기안전공사 부설 전기안전연구원 근무.

심건보 (沈建輔)

1957년 2월 1일생. 1980년 2월 홍익대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1982년 2월 홍익대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 2월 홍익대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사).

관심분야 : 전력계통해석 및 운용, 접지시스템.