

옥외 전기시설물 침수시 누설전류에 의한 인체 영향 실증 시험

이현구, 하태현, 김대경, 배정호 / 한국전기연구원

서론

도시화가 활발히 진행됨에 따라 가로등, 신호등, 입간판 등과 같은 옥외 전기시설물이 급증하고 있으며, 폭우나 홍수에 의해 옥외 전기시설물이 침수되어 누설전류가 유출될 경우 인근의 사람에게 위해를 줄 수 있지만 현재 시설물 중의 일부가 안전조치의 일환으로 누전차단기를 설치하고 있는 실정이다.

옥외 전기시설물이 침수될 경우 전기기기와 인체에 미치는 영향을 분석하기 위해 실제와 유사한 누전경로가 형성되도록 간이 실증시험장을 구축하여 침수시간 경과에 따른 절연저항의 변화, 안정기의 전압·전류 특성, 옥외 전기시설물 제어기기의 동작특성 및 침수깊이와 이격거리에 따른 인체의 영향 등을 측정된 결과를 토대로 옥외 전기시설물에 대한 안전관리대책을 수립하고자 실증시험 방법을 살펴보았다.

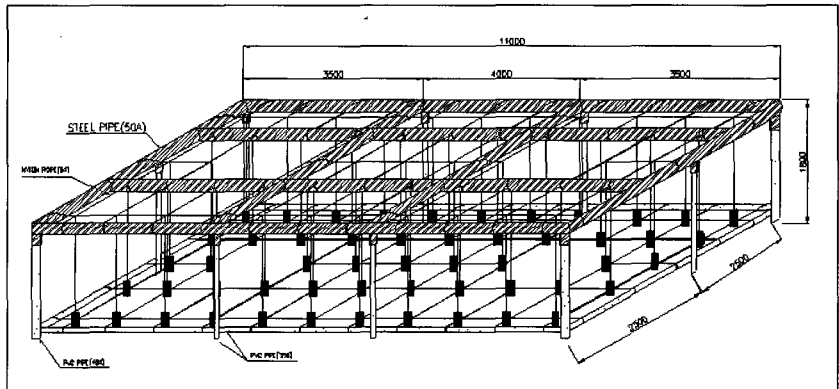


그림 1 전위측정용 전극 설치도

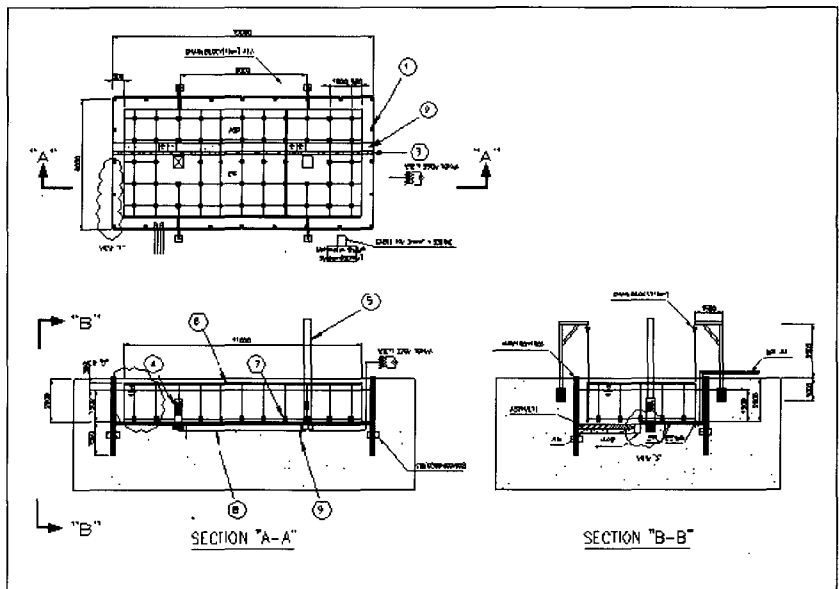
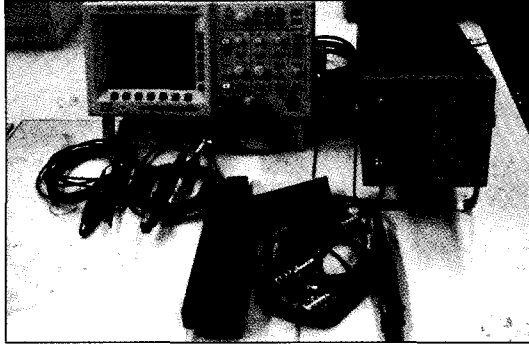
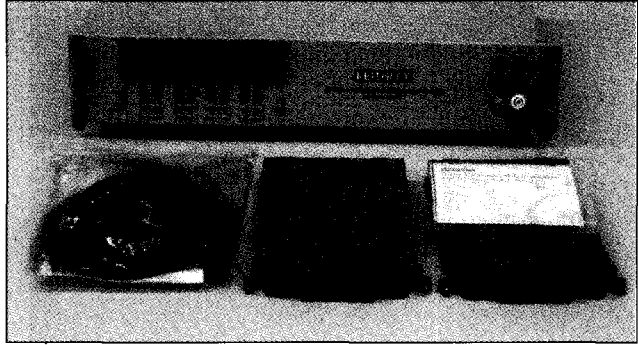


그림 2 옥외 전기시설물 안전관리대책 실증시험장



(a) Oscilloscope



(b) Multimeter Switch System

그림 3 측정용 장비

실증시험장 구축

실증시험장의 크기는 12×6×1.5(가로×세로×높이)[m]이며, 옥외 전기시설물 제어용 분전반과 옥외 전기시설물이 6[m]의 거리를 두고 설치되었다. 누설전류가 인체에 미치는 영향을 모의하기 위해 분전반과 옥외 전기시설물간의 지중 케이블 3개소에 피복을 노출시켰으며, 옥외 전기시설물 안정기와와의 결선은 절연테이프를 이용한 방법과 단자대를 이용한 완전 노출형 두가지를 사용하였다. 그림 1은 전위측정용 전극 설치도이며 그림 2는 옥외 전기시설물 안전관리대책 실증시험장의 개략도이다.

누설전류 및 전위 측정

침수시 누설전류의 크기와 전기시설물의 절연저항은 오실로스코프와 절연저항계를 사용하여 측정하였다. 분전반 배전용차단기, 지중케이블 절연불량 개소 및 안정기접속부에서의 누설전류에 의한 전위분포는 그림 4와 같이 53개의 전극에서 측정된 전위 값을 사용하여 알 수 있다. 그림 3은 측정에 사용된 장비의 사진이다.

주요 실증시험 항목

1) 절연특성 시험과 안정기의 전압·전류 특성 분석

▶ 시험목적

옥외 전기시설물 안정기의 침수시 지중선로의 절연

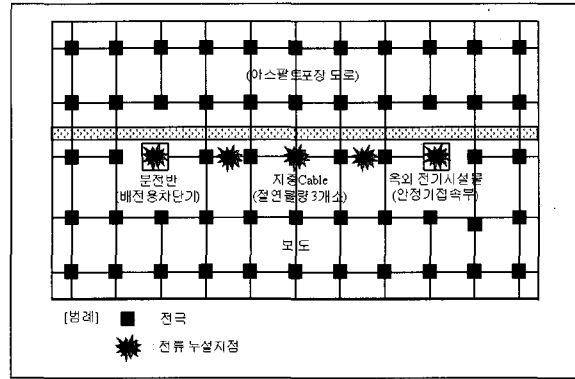


그림 4 전위분포 측정 단면도

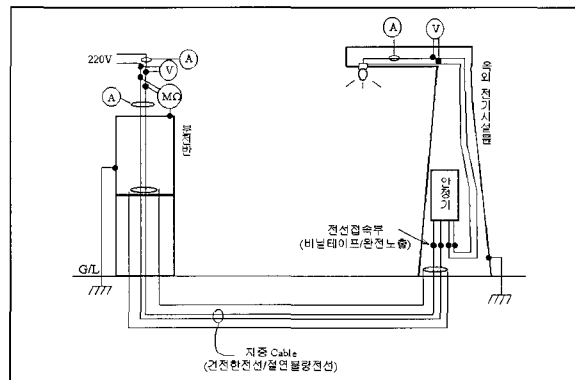


그림 5 절연특성 시험과 안정기의 전압·전류 특성 분석

특성과 안정기의 전압 전류 특성 파악하기 위함

▶ 시험조건

- ① 분전반 : Bypass
- ② 지중 Cable

소특집 ②

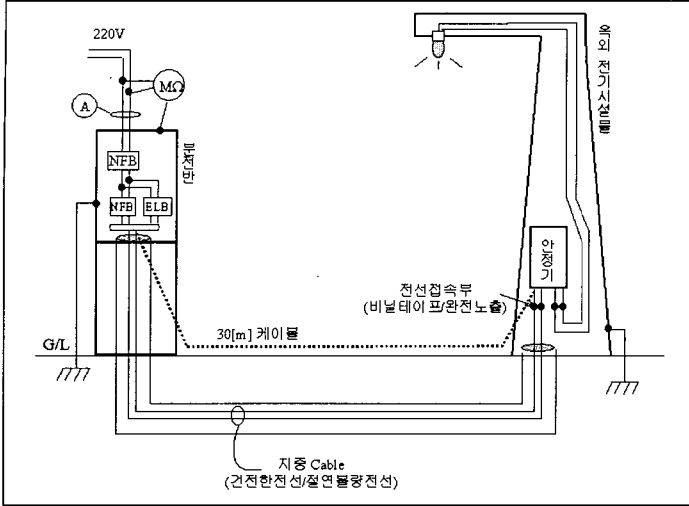


그림 6 옥외 전기시설물 제어기기 동작특성과 절연저항의 변화 분석

- 건전할 때
- 절연 불량일 때(3개소)
- ③ 전선접속부
 - 비닐테이프
 - 완전노출
- ④ 침수수위 : 안정기 침수

▶ 측정항목

- ① 절연저항 : 선-대지간, 선간
- ② 누설전류
- ③ 안정기 입 출력 전압/전류/전력
- ④ 안정기 역률/효율

2) 옥외 전기시설물 제어기기 동작특성과 절연저항의 변화 분석

▶ 시험목적

옥외 전기시설물이 침수될 경우 누설전류의 크기에 따른 분전반 내 제어기기의 동작특성과 절연특성을 파악하기 위함

▶ 시험조건

- ① 분전반 : NFB 사용/ELB 사용
- ② 지중 Cable
 - 건전할 때

- 절연 불량일 때(3개소)
- ③ 전선접속부
 - 비닐테이프
 - 완전노출
- ④ 침수수위별 측정
 - 전선접속부 침수
 - 안정기 침수
 - 분전반 침수
- ⑤ 입력전압 조절을 통해 누설전류 조정

▶ 측정항목

- ① 누설전류
- ② 차단시간
- ③ 절연저항 : 선-대지간, 선간(30[m] 케이블 연결)

3) 옥외 전기시설물과 인체에 대한 감전 등가회로 분석 및 모의시험(1)

▶ 시험목적

옥외 전기시설물 또는 분전함이 누설전류원인 경우(누전경로 1)에 대한 감전 등가회로를 분석하기 위함

▶ 시험조건

- ① 분전반 : Bypass, 1선 접지
- ② 지중 Cable

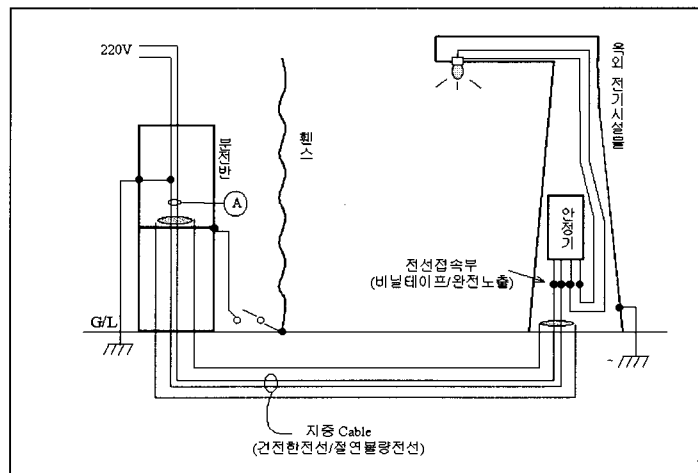


그림 7 옥외 전기시설물과 인체에 대한 감전 등가회로 분석 및 모의시험(1)

- 건전할 때
 - 절연 불량일 때(3개소)
 - ③ 전선접속부
 - 비닐테이프
 - 완전노출
 - ④ 웬스
 - 없을 때
 - 있을 때(접지 연결할 때/접지 연결하지 않을 때)
 - ⑤ 침수수위별 측정
 - 바다
 - 전선접속부 침수
 - 안정기 침수
 - 분전반 침수
 - ⑥ 침수수위에 따른 전극 높이 : 바다→30[cm] → 60[cm] → [cm] → 120[cm] 수면
- ▶ 측정항목
- ① 전위분포(침수수위별)
 - ② 누설전류

4) 옥외 전기시설물과 인체에 대한 감전 등가회로 분석 및 모의시험(2)

▶ 시험목적
 옥외 전기시설물이 누설전류원인 경우(누전경로 2)에 대한 감전 등가회로를 분석하기 위함

- ▶ 시험조건
- ① 분전반 : NFB 사용, 1선 접지
 - ② 지중 Cable
 - 건전할 때
 - 절연 불량일 때(3개소)
 - ③ 전선접속부
 - 비닐테이프
 - 완전노출
 - ④ 침수수위별 측정
 - 바다
 - 전선접속부 침수
 - 안정기 침수
 - 분전반 침수

⑤ 침수수위에 따른 전극 높이 : 바다 → 30[cm] → 60[cm] → 90[cm] → 120[cm] → 수면

- ▶ 측정항목
- ① 전위분포(침수수위별)
 - ② 누설전류

결론

실증시험을 통해 침수시 옥외 전기시설물의 누전경로 분석 및 감전 메커니즘 규명이 가능하게 되었다. 또한 실증시험에서 측정된 누설전류 및 전위분포 등의 자료는 향후 누설전류가 인체에 미치는 영향을 알아보기 위한 컴퓨터 모의 해석에 활용될 예정이다.

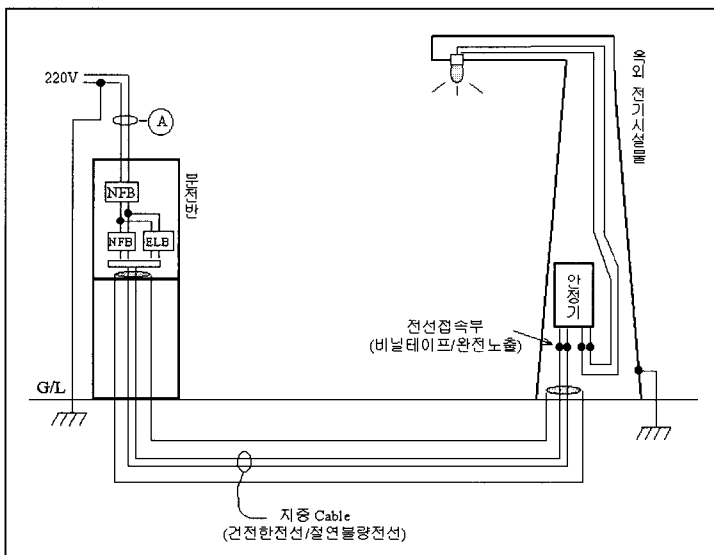


그림 8 옥외 전기시설물과 인체에 대한 감전 등가회로 분석 및 모의시험(2)