

## 접지환경 조건에 따른 지중함의 전위분포 해석

김종민, 방선배, 한운기, 김한상, 심건보\*  
한국전기안전공사 부설 전기안전연구원, 홍익대학교\*

### Analysis of Electric Potential Distribution due to Condition of Grounding Environment

Chong-Min Kim, Sun-Bae Bang, Woon-Ki Han, Han-Sang Kim, \*Keon-Bo Shim  
Electrical Safety Research Institute KESCO, \*Hongik University

**Abstract** - 본 연구에서는 침수된 저압 지중함에서 발생할 수 있는 누전 사고시 지중함내의 접지조건이 주변의 대지전위분포에 미치는 영향을 고찰하였다. 저압 지중함 실증실험장을 설계 구축하였으며 3가지 접지조건에 대해 대지전위 측정 실험을 실시하였다. case 1과 case 2와 같은 실증실험을 통해 저압 지중함에 설치되어 있는 접지선은 저압 지중함에서 대지전위 분포에 거의 영향이 없음을 확인하였으며, case 3과 같은 실증실험을 통해 저압 지중함 철재물에 접지단자를 분당할 경우 저압 지중함 주변의 대지전위 상승이 거의 발생되지 않음을 확인하였다. 따라서 저압 지중함 철재물에 접지단자를 분당할 경우 후시 발생할 수 있는 지중함의 누전에 의한 감전사고를 매우 효과적으로 방지할 수 있을 것이다.

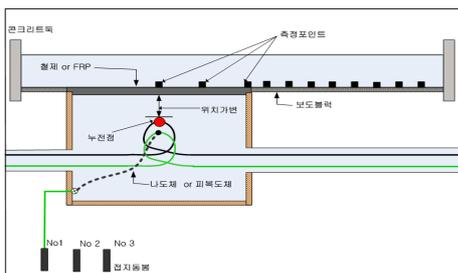
#### 1. 서 론

저압 지중함은 저압케이블의 굵기가 긴 경우 지중케이블을 상호 연결하는데 필요한 전기설비로서 배전선로의 지중화에 따라 설치장소는 계속해서 늘어나는 추세이다. 저압 지중함 내에는 케이블 접속점이 설치되어 있으며 경년변화에 따른 절연열화, 외피손상 등으로 인하여 설비사고의 가능성은 항상 존재하며 더욱이 내부에서 누전에 의한 지락이 발생할 경우 급속의 재질인 저압 지중함의 뚜껑에 전압이 유기될 우려가 있다. 또한, 최근에는 기상이변에 의한 국지성 호우로 인해 도심지에서의 침수피해가 빈번히 발생하고 있기 때문에 도로나 보도에 시설된 저압 지중함에서 누전될 경우에는 불특정다수에 대한 위험이 항상 도사리고 있다[1]. 본 연구에서는 저압 지중함에서 발생할 수 있는 사고에 대한 위험성을 평가하기 위하여 저압 지중함 실증실험장을 구축하였으며, 지중함 내 3가지 경우의 접지 조건에 따라 저압 지중함 주변에서의 전위 분포를 측정하고 정량적으로 위험성을 평가하고자 한다.

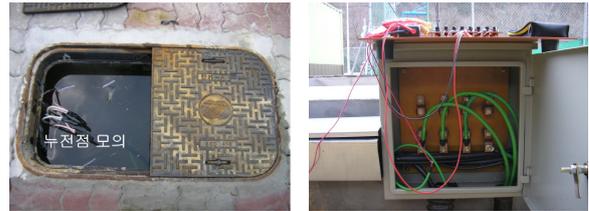
#### 2. 본 론

##### 2.1 실험환경 및 방법

모의실험설비는 도심의 보도블록 위에 시설된 저압 지중함의 설치환경과 유사한 조건을 구축하기 위하여 저압 지중함(500×1,100×1,100[mm])을 매설하고 저압 지중함 주변에 보도블록을 설치하였으며 건조 및 침수상태, 설비의 접지 및 현장 설치조건에 따른 실험이 가능하도록 하였다. 또한, 설비의 고장상태를 모의하기 위하여 지중배선의 절연열화, 피복손상 등에 의해 충전부가 노출된 누설전압의 발생이 가능하도록 하며, 측정시스템(DAQ)은 저압 지중함으로부터의 모든 지점에서 다채널로 동시측정이 가능하도록 그림 1과 같이 구성 하였다. 접지단자의 저항값은 그림 2의 단자함을 통해 다양한 저항값을 갖도록 구현하였으며 38mm×1C의 굵기로 된 접지용전선을 이용하여 시공하였다. 측정을 위한 기준접지극은 실증실험장에서 50m 이격된 지점에 시설하였으며, 접지저항값은 47[Ω]이다. 실험장의 대지저항률은 보도블록을 시공하여 측정할 수 없었으며, 측정시의 온도는 15.7[°C]이었으며 사용된 물은 지하수로 전도도는 도전율계(CC-411)로 측정하였으며 35.7[Ω·m]를 나타내었다.



〈그림 1〉 저압지중함의 전위측정 구성도



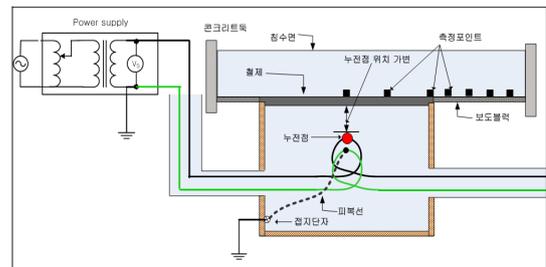
〈그림 2〉 누전점 모의 및 접지단자함

##### 2.2 실험결과 및 고찰

###### 2.2.1 case 1

전국에 걸친 실태조사결과[2] 국내의 저압 지중함 내부는 일반적으로 그림 2와 같이 철재뚜껑이 시설되어 있으며 크기는 (가로:500×세로:1,100×깊이:1,100[mm])이고, 3상4선의 배전방식 중 다중접지방식을 채택하여 지중함 내의 접지단자에 중성선을 접지시킨 형태가 가장 많아 그림 2와 같은 형태의 실증실험세트를 구성하여 저압 지중함 내의 다양한 환경을 변화시켜가면서 실험을 진행하였다.

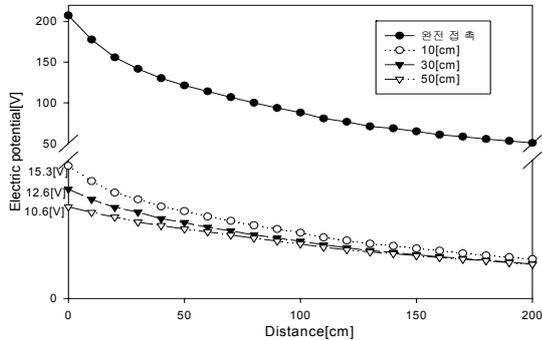
첫 번째로 3상의 케이블접속개소 중 1개상의 접속점에 대한 절연을 손상시켜 누전을 모의하였다. 그리고 접속함 내부에서 누전점의 위치를 변경하면서 누설전류 및 대지전위를 측정하였다. 이번 실험에서는 중성선에 접지단자를 접지시켰으며 접지선은 피복선을 이용하였으며 누전점의 위치를 지중함 철재뚜껑에서의 완전접촉, 10[cm], 30[cm], 50[cm]의 거리의 변화를 주면서 지중함 주변의 대지전위와 누설전류를 측정하였다.



〈그림 3〉 case 1의 구성도

지중함에 있는 접지단자의 저항값은 7.1[Ω]으로 측정되었으며 지중함의 침수깊이는 0.3[m]이고, 실험시 주변 온도는 15.7[°C]이었다. 실험시 인가전압은 217[V]이었으며 누전점이 철재뚜껑에 완전접촉되었을 경우 누설전류값은 5.1[A]이었으며, 10[cm]일때는 0.49[A], 30[cm]일때는 0.49[A], 50[cm]일때는 0.49[A]로 측정되었다. 누전점이 저압 지중함의 뚜껑에 완전접촉시 뚜껑에는 207[V]의 전압이 측정되었으며 지중함과 2[m] 이상 떨어진 곳에서도 50.7[V]의 전압이 측정됨을 확인하였으며 전위분포가 선행 연구[3]에 비해 완만한 경사를 띄는 것은 보도블록에 의해 대지로의 전류경로 형성이 잘되지 않기 때문이다. 전격위험에 대한 허용전압을 언급할 때는 접촉전압 보폭전압을 말하며 보폭전압의 허용값은 인체 각부의 대지접촉조건, 지표면 부근의 대지저항률 등에 의해 복잡하게 변화한다. 지락이 생긴 경우의 접촉전압은 사람이 접촉하는 상태에 따라서 인체저항이 변화하고 통전전류도 변화하므로 접촉상태에 따라 접촉전압을 제한할 필요가 있다. 인체의 접촉상태에 따른 허용접촉전압을 우리나라에서는 규정하고 있지는 않지만 인체가 현저하게 젖어 있는 상태를 제2종 상태라 하여 25[V] 등으로 하였을 경우 저압 지중함의 뚜껑에 누전점이 완전접촉되었을 경우 저압지중함 2[m] 반경 모두는 위험한 상태라 할 수 있다. 지중함 뚜껑의 하부에 누전이 발생된 경우 최대 인체전류(인체저항 500[Ω])는 대지전위 상승이 IEC 61936-1 접촉

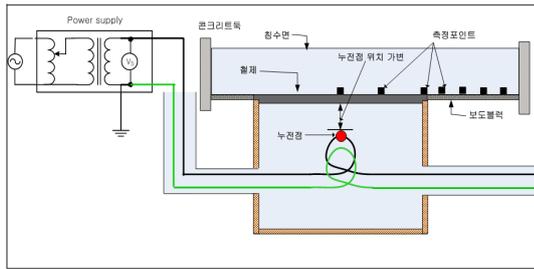
전압의 안전한계곡선을 기준으로 하였을 경우 안전한계 전압 이내인 것으로 나타났다. 또한 이번 실험에서는 접지 저항값을 가변하여 실험을 하였으나 접지 저항값 변화에 따른 지중함 주변의 대지전위 분포에 주는 영향은 거의 없음을 확인하였다. 이는 접지단자의 노출 표면적이 작아 접지단자와 누전점과의 저항이 증가되어 저압 지중함 주변의 전위분포에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.



〈그림 4〉 case 1의 전위분포

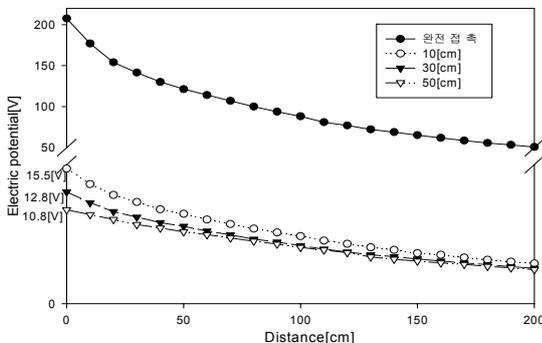
### 2.2.2 case 2

case 2에서는 case 1과 동일한 환경하에서 지중함 내부에 접지선이 없는 경우를 동일한 방법으로 실시하였다. 실험은 3상의 케이블 접속개소 중 1개상의 접속점에 대해 절연을 손상시켜 누전을 모의하였다. 그리고 접속함 내부에서 누전점의 위치를 변경하면서 누설전류 및 대지전위를 측정하였다.



〈그림 5〉 case 2의 구성도

실험시 인가전압은 217[V]이었으며 누전점이 철재뚜껑에 완전접촉되었을 경우 누설전류값은 4.94[A]이었으며, 이격거리 10[cm]일때는 0.48[A], 30[cm]일때는 0.42[A], 50[cm]일때는 0.48[A]로 측정되었다. 이번 실험에서는 중성선의 접지선이 없는 경우를 case 1과 같은 방식으로 실시하였으나 그 결과는 case 1과 거의 동일한 값이 발생되므로 지중함 내 접지단자의 영향은 지중함내의 고장으로 발생된 사고시 지중함 주변의 대지전위값에 영향을 주지 못함을 확인하였다. case 1의 경우 접지단자의 면적이 작아 누전점과 접지단자와 저항이 매우 커 접지선의 영향이 없음과 동일한 결과가 측정됨을 확인한 경우이다.

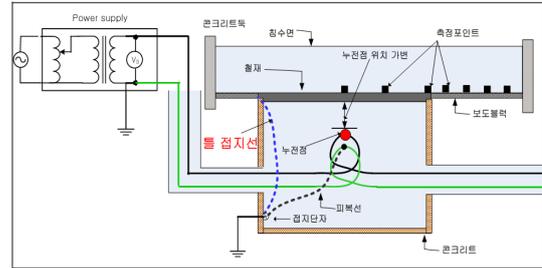


〈그림 6〉 case 2의 전위분포

### 2.2.3 case 3

이번 실험은 접지단자와 저압 지중함의 틀을 접지선을 통해 분당처리하였을 경우 지중함에서의 케이블 접속부분에 사고가 발생된 경우를 모의한 실험이며 접지저항값에 따른 저압지중함 주변의 전위분포를 측정하였다. 먼저 첫 번째로 3상의 케이블 접속개소 중 1개상의 접속점에 대

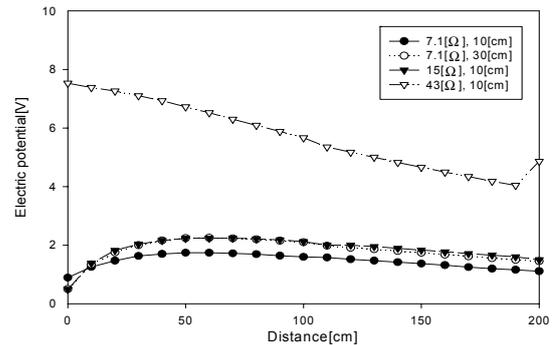
한 절연을 손상시켜 누전을 모의하였다. 그리고 접속함 내부에서 누전점은 철재 뚜껑의 표면에 완전접촉시켰을 경우 지락사고가 되므로 누전점은 철재 뚜껑에 완전 접촉시키지 않고 하부에서 약 10[cm]정도 이격시킨 상태로 실험을 실시하였다.



〈그림 7〉 case 3의 구성도

접지저항 7.1[Ω]인 경우는 누전점과 뚜껑과의 거리를 10[cm], 30[cm] 이격시킨 상태로 저압 지중함의 주변의 대지전위를 측정하였으며, 접지 저항 15[Ω]와 43[Ω]인 경우는 누전점의 거리를 10[cm] 이격 시킨 상태로 저압 지중함의 주변의 대지전위를 측정하였다. 침수시 사용된 물의 전도도는 35.7[Ω·m]이었으며 지중함의 침수깊이는 보도블럭 위로 0.3[m]이었으며, 실험시 주변의 온도는 15.7[°C]이었다. 실험시 인가전압은 217[V]이었으며 누설전류의 값은 0.7[A]로 측정되었다.

이번 실험에서는 또 접지단자의 저항값을 가변하여 실험을 하였으며 접지단자의 저항값이 43[Ω]인 경우 뚜껑에서의 대지전위는 7.5[V]로 측정되었으며 기타의 경우는 대지전위 값은 모두 2.5[V] 이하로 측정되었다. case 3의 경우는 접지단자의 저항값에 따라 대지 전위값에 영향이 있음을 확인하였지만 이처럼 금속재질의 뚜껑을 이용하는 저압 지중함의 경우 철재 뚜껑의 틀에 접지를 확실하게 할 경우 대지전위의 상승이 거의 일어나지 않았다.



〈그림 8〉 case 3의 전위분포

## 3. 결 론

도심에 설치되어 있는 저압 지중함이 침수되었을 경우 지중접속함의 함 내에는 발생될 수 있는 누전사고시 대지전위분포가 지중함 내의 접지조건에 따라 어떻게 변화하는가에 대해 고찰하였다.

case 1의 경우 저압 지중함 내 접지선이 있는 경우라 하더라도 접지단자의 노출 면적이 작아 누설전류의 귀로에 영향을 크게 미치지 못함을 확인하였으며 누전점이 철재뚜껑에 완전 접촉되었을 경우 지중함 주변 2[m]내에서 매우 위험함을 실험을 통해 확인하였다.

case 2의 경우는 case 1의 실험값과 거의 동일한 결과를 실험을 통해 확인함으로써 case 1의 접지단자의 영향이 없음을 간접적으로 확인할 수 있었다.

case 3의 경우 저압 지중함의 틀에 접지단자를 분당할 경우 저압 지중함의 주변에 대지전위 상승이 거의 일어나지 않음을 확인하였다. 따라서 저압 지중함 철재틀에 접지단자를 분당할 경우 혹시 발생할 수 있는 지중함의 누전사고에 의한 감전사고를 매우 효과적으로 방지할 수 있을 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 심건보, “시뮬레이션에 의한 저압 지중함의 안전성 평가”, 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, p373~376, 2006
- [2] 김한상, “국내의 저압지중함의 감전사고 및 점검결과 분석”, 대한전기학회 전기설비전문위원회 춘계학술대회 논문집, p91~94, 2007
- [3] 정종만, “지압 저압접속함의 침수조건에 따른 전위 분석”, 한국조명·전기설비학회 춘계학술대회 논문집, p284~287, 2006