

## 콘크리트 전주 구조체의 접지효과 측정 및 분석

(Measurement and Analysis of Structural Grounding Effect of Concrete Pole)

최종기\* · 김동명 · 이형수 · 심건보 · 김경철

(Jong-Keel Choi · Dong-Myoung Kim · Hyung-Soo Lee · Keun-Bo Shim · Kyung-Chul Kim)

### 요 약

콘크리트 전주는 배전선로 지지물로서 널리 사용되고 있다. 전주의 접지저항을 규정치 이내로 유지하기 위하여 동피복 접지봉을 포함한 여러 종류의 접지전극들이 사용되어 왔다. 전주 내부에는 철근이 들어있기 때문에 지중에 매설되는 전주 하단은 어느 정도 구조체접지극으로서 작용을 하게 된다. 본 논문에서는 전주 접지선으로 시험전류를 주입하면서 주입되는 전류와 금속 접지극으로 분류되는 전류를 각각 측정하였다. 이로써 전주 구조체로 분류되는 전류의 간접측정이 가능하였다. 측정결과에 근거하여 금속 접지극의 접지저항과 전주 구조체로 분류되는 전류크기 간의 상관관계를 분석하였다.

### Abstract

Concrete poles(CP) are popular supports for distribution lines. Various types of grounding electrode, such as copper-clad rods, have been used to maintain CP's ground resistance under the required value. The buried part of CP can also have structural grounding effect because of its iron reinforcing rods inside CPs. In this paper, we measured the total ground current injected into CP ground while measuring the ground current splitting to the metal electrode as well as the total injecting current. By this, it was able to measure the ground current splitting to CP structure. Based on the measured results, interrelationship between ground resistance of metal electrodes and current split factor to CP structure was analyzed.

Key Words : Ground Current Split Factor, Ground Resistance, Concrete Pole

### 1. 서 론

철근 콘크리트조 등의 건축물 구조체(콘크리트 등)은 지하에 매설되면 주변의 습기를 빨아들여 그

저항율이 건조시에 비해 상당히 낮아지는 것으로 알려져 있다. IEEE의 접지설계 지침서에 따르면 건조 시 콘크리트의 저항율은  $10^6 \sim 10^9[\Omega m]$ 이며 젖었을 경우에는  $21 \sim 100[\Omega m]$ 으로 낮아진다[1]. 따라서 지하에 매설된 콘크리트 구조물은 접지전류를 내보내는 보조 접지극으로도 활용되며 이같은 접지극을 일반적인 도체를 이용한 접지극과 구별하여 구조체 접지극이라고 말한다.

\* 주저자 : 한전 전력연구원 전력계통연구소 선임연구원  
Tel : 042-865-5854, Fax : 042-865-5844

E-mail : jkchoi@kepri.re.kr  
접수일자 : 2008년 2월 29일  
1차심사 : 2008년 3월 3일  
심사완료 : 2008년 11월 4일

배전선로에 쓰이는 콘크리트 전주는 그 내부에 철근이 들어있기 때문에, 지하에 매설된 전주는 어느 정도 구조체 접지극의 역할을 하게 된다. 그러나 이 같은 전주 구조체의 접지저항은 보통 무시되고 있으며, 실측에 의해 그 효과가 정량적으로 확인된 경우도 드물다.

본 논문에서는 콘크리트 전주의 접지선에 주입하는 전류를 측정함과 동시에 접지선에 연결된 접지극(봉)으로 빠져나가는 전류도 측정함으로써 전주 구조체로 분류되는 전류를 산정하고, 구조체 접지극의 접지효과와 접지극(봉)의 접지저항과의 상관관계를 실측결과를 근거로 분석한 결과를 기술하였다.

## 2. 콘크리트 전주 구조체 분류전류의 측정과 해석

이 장에서는 배전선로 접지선에 시험전류를 주입했을 때 배전전주 구조체로 얼마나 전류가 분류가 되는지 실측한 결과에 대하여 기술하였다. 그림 1은 실험장 현장 및 실험장면을 보인 것이다.

그림 2는 전주 구조체접지로 분류되는 전류측정을 위한 회로를 간략히 보인 그림이다. 우선 실험용 배전전주 1기를 시공하고 그 주변에 네 종류의 서로 다른 재질(ex. 접지동봉, 도선성 콘크리트 봉 등) 및 갯수의 접지극을 시공하였다. 전주로부터 약 100[m] 떨어진 지점에 전류주입용 임시 접지극을 시공하고 그 반대방향 약 60[m] 떨어진 지점에는 전류측정을 위한 기준전극을 시공하였다. 절연변압기를 사용하여 시험전주 접지선과 전류 주입용 임시전극 사이에 60[Hz]의 전원을 인가하여 시험전류를 주입하면서 주입전류( $I_{test}$ ) 및 접지극을 통과하는 접지전류( $I_1$ )를 동시에 측정하였다. 키르히호프 전류법칙에 의해 전주 구조체를 통해 대지로 빠져나가는 접지전류( $I_2$ )와 접지극 전류전류( $I_1$ ) 및 주입전류( $I_{test}$ )의 대수합은 0 이므로 전주 구조체 전류는  $I_{test} - I_1$ 과 같으므로, 전주 구조체의 접지전류는 주입전류와 접지극 전류를 측정함으로써 산정할 수 있다.



(a)



(b)

그림 1. 전주실험장 및 측정현장  
Fig. 1. Test site for ground current distribution measurement

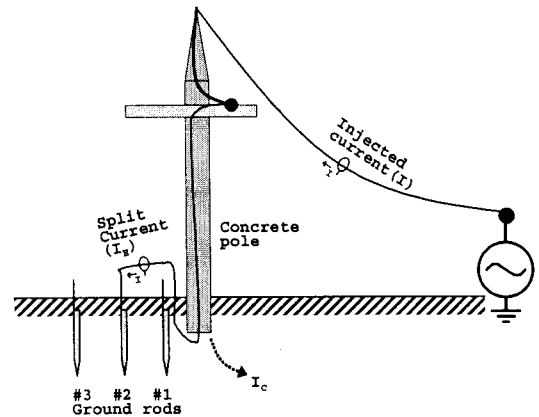


그림 2. 전주 전류주입/측정 시험회로  
Fig. 2. Ground current measurement circuit

콘크리트 전주 구조체의 접지요과 측정 및 분석

표 1은 접지봉 #1~#4 단독일 때의 접지저항측정 값과 접지극 제원을 요약한 것이다.

표 1. 접지극의 접지저항

Table 1. Ground resistance of each electrode

접지극 No.	접지극 접지저항	비 고
#1	42.4[Ω]	콘크리트 봉 x 1개
#2	53.5[Ω]	콘크리트 봉 x 1개
#3	65.5[Ω]	접지동봉(1[m]) x 1개
#4	35.4[Ω]	콘크리트 봉 x 2개

그림 3은 #3 접지극을 전주와 병렬연결하고 접지선을 통해 1[A]의 시험전류를 주입하면서 접지극 및 전주 구조체로 분류되는 접지전류를 실측한 결과이다. 전주 구조체 접지극의 전류( $I_2$ )는 주입전류( $I_{test}$ )에서 접지극 전류( $I_1$ )를 뺀으로써 구했으며, 전주 구조체를 통해서도 대지로 빠져나가고 있음을 확인할 수 있다.

그림 4는 측정한 전류파형(그림 3)의 주파수 스펙트럼을 보인 것이다. 주입한 전류의 주파수 대역(60[Hz])에서 주입전류 실효치가 0.96[A]였고 접지극을 통한 접지전류값은 0.6[A]였다.

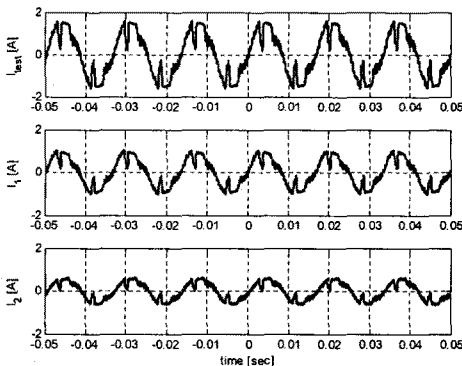


그림 3. 전류파형 측정결과(접지극#3)

( $I_{test}$ : 주입전류,  $I_1$ : 접지봉,  $I_2$ : 전주)

Fig. 3. Measured current waveforms(Electrode #3)

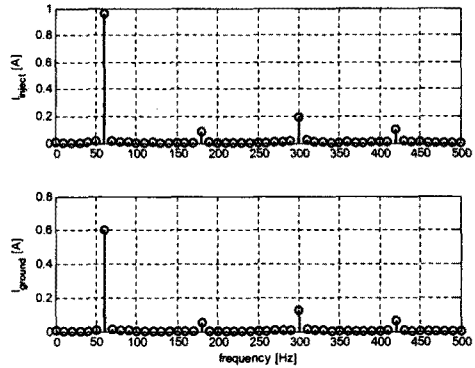


그림 4. 측정전류의 주파수성분 분석(접지극#3)

( $I_{test} = 0.96[A]$  /  $I_1 = 0.60[A]$ )

Fig. 4. Frequency Spectrum(Electrode#3)

그림 5와 그림 6은 접지극 #4를 전주와 병렬연결하고 주입전류와 접지극 및 전주 구조체의 접지전류 측정파형 및 주파수성분 분석결과이다. 접지극 #3을 전주와 병렬연결한 경우에 비해 전주 구조체를 통한 접지전류가 많이 감소되었음을 볼 수 있다.

그림 7은 접지극 #1~#4 단독의 접지저항과 전주 병렬연결시 전주 구조체로의 접지전류 분류율( $I_2/I_{test}$ )을 상관관계를 보인 것이다. 최소자승법에 의해 다항식, 로그함수 등의 함수를 이용하여 접지극의 접지저항과 전주 구조체로의 접지전류 분류율간 관계식을 식별하려고 하였으나 접지극의 접지저항이 작아지면 전주 분류율이 마이너스가 되는 등 현실과 맞지 않아 상관관계의 함수식 식별은 곤란하였다.

그림 7에서 볼 수 있듯이 접지극의 접지저항이 클수록 전주 구조체를 통해 대지로 빠져나가는 접지전류가 증가하며, 이는 접지극에 비해 전주 구조체의 상대적인 접지효과가 더 중요한 역할을 하게 되는 것이다. 그러나 전주나 접지봉의 접지저항은 해당 지역의 토양구조, 대지저항을, 날씨 등 여러 요인에 의해 지배되므로 특정지역/시간의 측정결과를 일반화하는 것은 무리가 있다. 따라서 그림 7은 접지극 저항과 전주 분류율의 일반적 경향을 나타낼 뿐이며 그래프의 분류율/저항값 자체를 일반화할 수는 없다.

그림 8은 Clamp식 계측기를 이용한 다중접지된 배전선로의 전주 접지저항의 일반적인 측정회로를

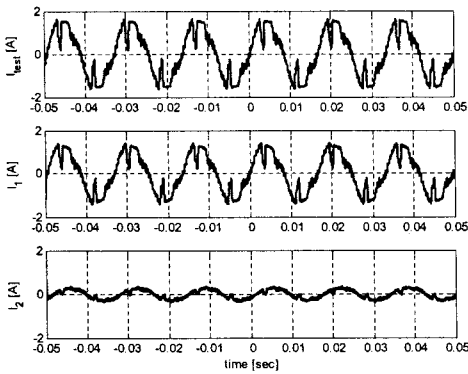


그림 5. 전류파형 측정결과(접지극#4)  
(I<sub>test</sub>:주입전류, I<sub>1</sub>:접지봉, I<sub>2</sub>:전주)  
Fig. 5. Measured current waveforms(Electrode #4)

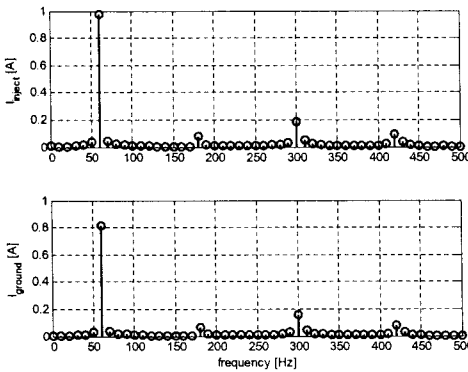


그림 6. 측정전류의 주파수 성분분석(접지극#4)  
(I<sub>inject</sub>=0.977(A) / I<sub>ground</sub>=0.816(A))  
Fig. 6. Frequency Spectrum(Electrode#4)

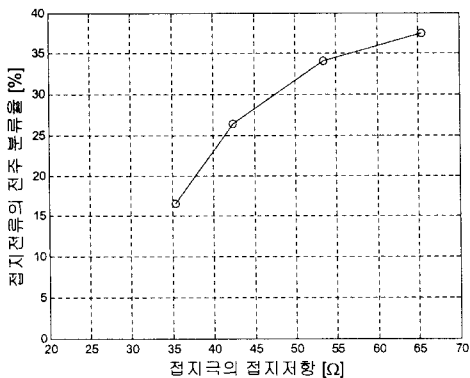


그림 7. 접지봉 접지저항 vs. 전주 분류율  
Fig. 7. Pole resistance vs. Split Factor

보인 것이다. 접지선에 유도전압( $V_e$ )를 발생시키고 이 때 흐르는 전류( $I_1$ )을 측정함으로써 루프저항( $R_e$ )을 측정하는데, 접지저항( $R_1$ )을 제외한 기타 접지극( $R_2 \sim R_n$ )의 병렬저항은  $R_1$ 에 비해 매우 작기 때문에 루프저항( $R_e$ )는 접지봉의 저항( $R_1$ )과 유사한 값이 된다.

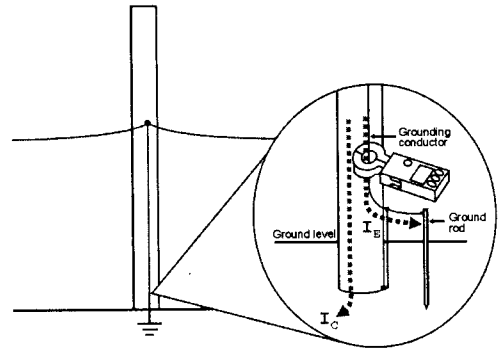


그림 8. 루프저항 측정에 의한 접지저항 산정  
Fig. 8. Estimation of ground resistance by measuring loop impedance

그러나 이같은 측정회로에서는 그림 8에서 보이는 것과 같이 전주 구조체의 접지저항은 반영되지 않게 된다. 이 경우 측정된 접지저항( $R_1$ )은 실제 전주의 접지저항(접지극+전주 구조체)에 비해 항상 큰 값이 될 것이며, 그 오차는 전주 구조체의 접지효과가 좋을수록 더 커질 가능성이 있다.

### 3. 결 론

본 논문에서는 콘크리트 전주의 접지선에 시험전류를 주입하면서 여러 종류의 접지극(봉)으로 빠져나가는 접지전류를 측정함으로써 전주 구조체를 통해 대지로 빠져나가는 접지전류를 산정한 결과를 제시하였다. 측정결과를 분석한 결과, 접지극(봉)의 접지저항 크기에 따라 전주 구조체로 분류되는 전류가 주입전류의 16~37[%] 정도인 것으로 나타났다. 이는 콘크리트 전주 구조체의 접지효과가 상당히 있음을 보여주는 것이며, 이 경우 루프저항 측정을 통해 전주의 접지저항을 산정하는 현행 측정방식의 오차가 커질 수 있다. 향후 본 논문에서는 고려하지 않은

## 콘크리트 전주 구조체의 접지효과 측정 및 분석

전극간 간섭효과의 고려와 콘크리트 전주 구조체의 접지효과까지 고려한 접지저항 측정방식에 관한 연구가 수행될 예정이다.

### References

- [1] M. Bouchard, F. P. Dawalibi, and D. Mukhedkar, "Survey on Ground Resistance and Earth Resistivity Measurements," IEEE Winter Power Meeting, 30 - February 4, 1977.
- [2] F. P. Dawalibi, F. Donoso, "Integrated Analysis Software for Grounding, EMF, and EMI", IEEE Computer Applications in Power, Vol. 6, No. 2, April 1993, pp. 19~24.
- [3] R.J.Heppe, "Computation of potential at surface above an energized grid or other electrode, allowing for nonuniform current distribution", IEEE Trans. on PAS, vol.PAS-98, no.6, pp.1978~1989, Nov. 1979.
- [4] IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System, IEEE Std 81-1983.
- [5] 한국전력공사 전력연구원, 운전중인 변전소의 접지계통 진단기술 개발연구, 2002.4.
- [6] SES, CDEGS Users' Guide, 2000.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 최종기 (崔鍾基)

1969년 2월 1일생. 1992년 동국대학교 전기공학과 졸업. 1995년 홍익대학교 전기제어과 졸업(석사). 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1995년~현재 한전 전력 연구원 전력계통연구소 선임연구원.

#### 김동명 (金東明)

1960년 2월 26일생. 1986년 홍익대 전기공학과 졸업. 1999년 고려대 산업대학원 졸업(석사). 1986년 한국전력 공사 입사. 2005년~현재 한전 전력연구원 배전연구소 책임연구원.

#### 이영수 (李邢守)

1953년 12월 8일생. 1975년 홍익대 공대 전기공학과 졸업. 1982년 연세대 전기공학과 졸업(석사). 1998년 홍익대 졸업(박사). 1999년~현재 한국산업안전공단 책임연구원.

#### 심건보 (沈建輔)

1953년 12월 8일생. 1975년 홍익대 전기공학과 졸업. 1982년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 홍익대 과학기술 연구소 책임연구원.

#### 김경철 (金慶哲)

1954년 1월 20일생. 1977년 홍익대학교 전기공학과 졸업. 1977~1982년 국방과학연구소 연구원. 1982~1984년 NMSU 전기공학과 졸업(석사). 1984~1988년 UTA 전기공학과 졸업(박사). 1988~1991년 한국 전기연구소 선임 연구원. 1991년~현재 홍익대학교 전자전기컴퓨터 공학부 교수.