

전주의 구조체접지효과가 접지저항 측정에 미치는 영향 연구

최종기*, 유희영*, 강문호*, 황갑철*, 심건보**, 이형수***, 김경철**
 한국전력공사*, 홍익대학교**, 산업안전공단***

A Study on the Effect of Concrete Pole Foundation on Ground Resistance Measurement

J.K. Choi*, H.Y.Ryu*, M.H.Kang*, G.C.Hwang*, K.B.Shim**, H.S.Lee***, K.C.Kim**
 Korean Electric Power Corp.*, Hongik University**, Korea Occupational Safety & Health Agency***

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.

1. 서 론

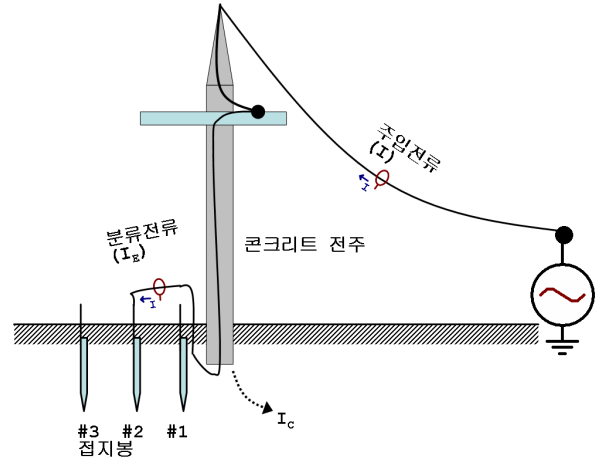
철근 콘크리트조 등의 건축물 구조체(콘크리트 등)는 지하에 매설되면 주변의 습기를 빨아들이는 성질이 있어 그 저항률이 건조시에 비해 상당히 낮아지는 것으로 알려져 있다. IEEE의 접지설계 지침서인 Std.80-2000 에 따르면 건조시 콘크리트의 저항율은 $10^6 \sim 10^9$ [Ωm] 이며 젖었을 경우에는 21 ~ 100 [Ωm] 으로 낮아진다고 한다[1]. 따라서 지하에 매설된 콘크리트 구조물은 접지전류를 내보내는 보조 접지극으로도 활용되며 이같은 접지극을 일반적인 도체를 이용한 접지극과 구별하여 구조체 접지극이라고 말한다.

배전선로에 쓰이는 콘크리트 전주는 그 내부에 철근이 들어있기 때문에, 지하에 매설된 전주는 어느 정도 구조체 접지극의 역할을 하게 된다. 그러나 이같은 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 전류를 측정함으로써 전주 구조체로 분류되는 전류를 산정하였다. 또한 전주 구조체 및 접지극의 접지저항을 측정하였으며, 접지저항 측정치와 전주 구조체 분류계수 측정치를 재현하는 회로모델을 식별하였다. 식별된 회로모델을 이용하여 기존의 접지저항 측정방법, 즉 접지선에 유도전압을 발생시켜 루프저항을 측정하는 방식에서 구조체 접지극을 고려했을 때의 측정오차를 분석하였다.

2. 본 론

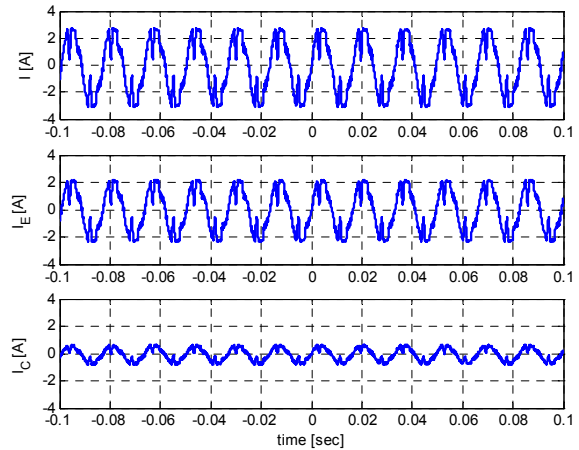
2.1 전주 구조체 분류전류의 측정

이 장에서는 배전선로 접지선에 시험전류를 주입했을 때 배전전주 구조체로 얼마나 전류가 분류가 되는지 실측한 결과에 대하여 기술하였다. 그림 1은 전주 구조체접지로 분류되는 전류측정을 위한 회로를 간략히 보인 그림이다. 우선 실험용 배전전주 1기를 시공하고 그 주변에 세 개의 접지봉을 시공하였다. 전주로부터 약 100 m 떨어진 지점에 전류주입용 임시 접지극을 시공하고 그 반대방향 약 100 m 떨어진 지점에는 전위측정을 위한 기준전극을 시공하였다. 절연변압기를 사용하여 시험전주 접지선과 전류 주입용 임시전극 사이에 60 Hz의 전원을 인가하여 시험전류를 주입하면서 주입전류(I_t) 및 접지극을 통과하는 접지전류(I_g)를 동시에 측정하였다. 키르히호프 전류법칙에 의해 전주구조체를 통해 대지로 빠져나가는 접지전류(I_g)와 접지극 전류전류(I_1) 및 주입전류(I_{test})의 대수합은 0이므로 전주 구조체 전류는 $I_{test} - I_1$ 과 같으므로, 전주 구조체의 접지전류는 주입전류와 접지극 전류를 측정함으로써 산정할 수 있다.



〈그림 1〉 측정회로 개요

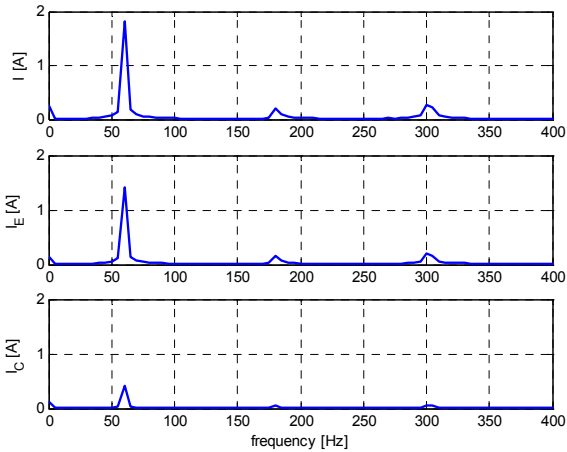
그림 2는 측정회로로부터 실측한 전류파형의 예를 보인 것인데, 전류 I는 주입전류이며, 전류 I_g 는 #3 접지봉으로 분류되는 전류를 나타낸다. 전주구조체를 통해 대지로 누설되는 전류(I_c)의 직접적인 측정은 불가능하지만, 주입전류와 접지봉 분류전류의 측정값 및 키르히호프의 전류법칙을 이용하면 전주로 빠져나가는 전류도 산정할 수 있다.



〈그림 2〉 전류측정 결과

(上:주입전류, 中:접지봉 전류, 下:전주분류전류)

그림 3은 측정된 전류의 주파수 성분을 분석한 결과이다. 여기에서 60 Hz 성분만을 추출하여 각 접지체로 분류되는 분류율을 산정하였다.



〈그림 3〉 측정전류의 주파수성분

이처럼 측정회로 각 부분의 전류를 측정함으로써 전주 구조체로 분류되는 비율을 산정할 수 있다. 표 1은 여러 가지 측정회로를 조합하여 변경하면서 측정한 결과를 요약한 것이다.

〈표 1〉 전주구조체 분류계수 측정값

구분	주입전류 [A]	접지봉전류 [A]	전주 분류율[%]
(1) 전주+#1접지봉	1.702	1.546	9.11
(2) 전주+#2접지봉	1.753	1.457	16.89
(3) 전주+#3접지봉	1.816	1.406	22.55
(4) 전주+#1~#3접지봉	1.734	1.419	18.19

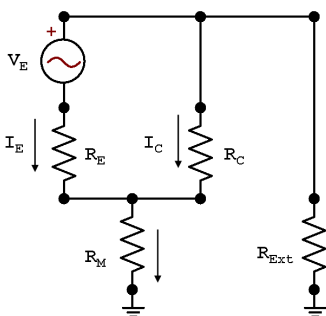
이상의 전주 분류계수 측정치에 부합하는 회로모델을 식별하기 위하여 전주 구조체를 포함한 각각의 접지극에 대하여 접지저항을 측정하였으며 그 결과가 표 2와 같았다. 표 1의 결과와 비교해 보면 접지저항이 큰 접지봉일수록 전주로 분류되는 전류가 커진다는 것을 확인할 수 있다.

〈표 2〉 접지저항 측정값

구분	접지저항 [Ω]	비고
#1접지봉	66.1	접지동봉
#2접지봉	123.0	"
#3접지봉	223.0	"
#1~3접지봉	84.2	접지봉을 모두 병렬연결
전주구조체	375.0	완급에서 측정

2.2 회로모델을 이용한 측정오차 산정

그림 4는 가까이 인접한 접지극 사이의 상호영향을 고려한 회로모델과 일반적인 접지측정회로를 동시에 보인 그림이다. 다중접지된 중성선의 테브난 등가저항을 R_{Ext} 로 표시하였으며, 접지봉의 접지저항은 $R_E + R_M$, 전주구조체의 접지저항은 $R_C + R_M$ 이 된다. R_M 은 접지봉과 전주구조체간 상호저항이다.



〈그림 4〉 접지측정회로의 등가모델

표 2의 접지저항 측정치를 이용하면 그림 4의 등가회로모델의 파라메타들(R_C, R_E, R_M)을 역산할 수 있으며 그 결과를 표 3에 요약하였다.

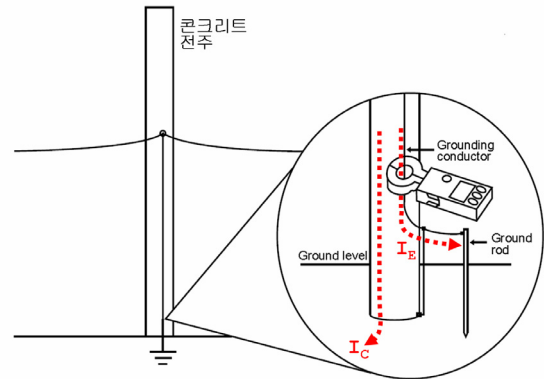
〈표 3〉 회로모델 파라메타

구분	전주저항 (R_C) [Ω]	접지봉저항 (R_E) [Ω]	상호저항 (R_M) [Ω]
(1) 전주+#1접지봉	343.31	34.41	31.69
(2) 전주+#2접지봉	316.27	64.27	58.73
(3) 전주+#3접지봉	214.43	62.43	160.57
(4) 전주+#1~#3접지봉	373.94	83.14	1.06

그림 4의 회로모델과 각 파라메타들이 식별되었으므로 접지선에 유도전압 V_E 를 유기시켰을 때 흐르는 전류 I_E 를 계산할 수 있다. 루프저항은 유도전압(V_E)을 전류(I_E)측정하면 통상의 측정회로에서 나타나는 루프저항(V_E/I)을 계산할 수 있다. 단 간략한 가정을 위하여 중성선에서 외부로부터 테브난등가저항(R_{Ext})은 0 Ω을 가정하였다. 또한 이 회로모델로부터 전주의 접지저항 참값, 즉 전주 구조체와 접지극의 병렬저항도 계산할 수 있으며, 이를 비교한 결과가 표 4이다. 이같은 오차가 발생하는 원인은 그림 5에 보인 바와 같이 통상의 루프저항 측정회로에서 전주 구조체로 분류되는 전류가 무시되기 때문이다.

〈표 4〉 전주구조체 분류계수 측정값

구분	접지저항 계산값 [Ω]	예상 측정값 [Ω]	오차율 [%]
(1) 전주+#1접지봉	63.0	66.1	5.0
(2) 전주+#2접지봉	112.1	123.0	9.7
(3) 전주+#3접지봉	208.9	223.0	6.7
(4) 전주+#1~#3접지봉	69.1	84.2	21.9



〈그림 5〉 접지저항 측정오차의 원인

3. 결 론

본 논문에서는 콘크리트 전주의 접지선에 시험전류를 주입하면서 여러 종류의 접지봉으로 빠져나가는 접지전류를 측정함으로써 전주 구조체를 통한 분류전류를 측정하고 각 접지극의 접지저항 측정치를 이용하여 등가의 회로모델을 식별하였다. 식별된 회로모델을 이용하여 일반적인 접지측정법인 루프저항 측정치와 계산된 접지저항 참값을 비교하였다. 일반적으로 접지저항은 날씨 등 주위환경에 영향을 많이 받기 때문에 매우 정확한 측정이 필요치는 않으나, 경우에 따라서는 전주구조체로 인한 오차가 클 수 있음을 보였다.

[참 고 문 헌]

- [1] B.Thapar, V.Gerez, A.Bal Krishnan, "Foundations in power systems act as grounding elements", Proceedings of the Twenty-First Annual North-American Power Symposium, 9-10 Oct. 1989 Page(s):237 - 243
- [2] B.Thapar, O.Ferrer, D.A.Blank, "Ground resistance of concrete foundations in substation yards", IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 5, Issue 1, Jan. 1990 Page(s):130 - 136
- [3] Understanding Ground Resistance Testing, Workbook Edition 6.0, AEMC Instruments, 1998