

## 매설지선의 접지임피던스의 주파수의존성에 대한 모사기법

(A Method of Simulating the Frequency-dependent Ground Impedance of Counterpoises)

이복희\* · 신희경 · 성창훈

(Bok-Hee Lee · Hee-Kyung Shin · Chang-Hoon Seong)

### Abstract

A counterpoise is commonly employed in grounding systems installing near the ground surface of low resistivity soils and radial-type counterpoises are used in the limited space. Recently some studies on the evaluation of ground impedance of paralleling ground electrodes have carried out, but the data for providing the frequency-dependent ground impedances considering potential interferences are not yet sufficient. In order to provide the information about the design of grounding systems for surge protection, the simulations of the frequency-dependent ground impedance of various shaped counterpoises are carried out by using the distributed parameter circuit model including the effect of potential interferences. This paper presents the theoretical simulations and actual experiments of the frequency-dependent ground impedance of paralleling and 3 or 4-arms star counterpoises. The accuracy of the simulation methodology is examined by the comparison with the measured results, and the results show a good agreement between the simulation and the experiment.

Key Words : Grounding System, Potential Interference, Counterpoise, Ground Impedance, Distributed Parameter Circuit Model

### 1. 서 론

매설지선은 지표층의 대지저항률이 낮은 경우 또는 송배전선로 철탑의 접지에 많이 사용되며, 방사형 매설지선의 경우 접지공사를 시설하는 공간이 제한되어 있거나 좁은 경우 많이 채용한다[1]. 매설지선을 시공

할 경우 1본의 접지전극으로 구하고자 하는 접지저항을 얻지 못하는 경우 제한된 부지 내에서 접지전극의 길이를 길게 하는 것 보다 접지전극을 병렬로 시공함으로써 경제적이고 설계목표로 하는 접지저항을 용이하게 얻을 수 있다. 그러나 2본 이상의 매설지선을 병렬로 설치하는 경우 매설지선 사이의 간격이 너무 가까우면 인접한 매설지선에 의한 전위상승이 크게 되므로 병렬 설치의 효과는 낮아진다. 즉, 접지전극 사이의 전위간섭으로 접지저항은 개별 접지전극의 이론적으로 합성한 접지저항으로 감소하지 않는다[2-3]. 또한 매설지선 사이의 거리를 너무 멀리 떨어뜨려 설치

\* 주저자 : 인하대학교 IT공대 전기공학부 교수  
Tel : 032-860-7398, Fax : 032-863-5822  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr  
접수일자 : 2012년 1월 25일  
1차심사 : 2012년 1월 27일  
심사완료 : 2012년 3월 15일

하는 것은 공사비가 많이 소요될 뿐만 아니라 장소의 제약이 따르는 경우라면 이러한 방법을 적용하기가 곤란하다[4].

최근 수직 접지전극과 직선형 접지전극의 접지임피던스의 주파수의존성은 분포정수회로모델로 해석이 가능하며, 시뮬레이션결과가 실제 측정결과와 상당히 일치함이 확인되었다[2-3, 5]. 그러나 병렬 시공된 매설지선과 방사형 매설지선의 접지임피던스의 주파수의존성에 관한 시뮬레이션방법은 아직까지 연구가 미흡한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 서지보호용과 같이 고주파수 접지전류가 흐르는 접지전극시스템의 설계에 적용할 수 있는 기술자료 및 시뮬레이션기법의 확보를 목적으로 병행 매설지선의 이격거리에 따른 합성접지임피던스와 방사형 매설지선의 합성접지임피던스의 주파수의존성을 시뮬레이션하는 기법을 제안하였다. 2개의 병행 매설지선 및 3방향 매설지선과 4방향 매설지선의 합성접지임피던스의 주파수의존성을 측정하였다. 또한 매설지선 상호간의 전위간섭과 토양의 저항률 및 비유전율의 주파수의존성을 반영하는 분포정수회로모델을 이용하여 접지임피던스의 주파수의존성을 시뮬레이션하였다. 시뮬레이션결과와 실측결과와의 비교·분석을 통하여 시뮬레이션기법의 타당성과 정확성을 검토하였다.

## 2. 분포정수회로 모델에 의한 매설지선의 합성접지임피던스

매설지선의 접지저항은 Sunde의 식을 이용하여 식 (1)과 같이 접지저항  $R_0[\Omega]$ 를 계산하고, 단위길이당 컨덕턴스  $G_0$ 는 접지저항의 역수로 식 (2)과 같이 산정할 수 있다. 단위길이당의 커패시턴스와 인덕턴스  $C_0$ ,  $L_0$ 은 단위길이당 컨덕턴스  $G_0$ 를 식 (5), (6)에 대입하여 식 (3), (4)과 같이 산정할 수 있다.

방사형 매설지선의 경우 전위간섭을 고려하지 않은 1본의 접지저항  $R_1[\Omega]$ 은 식 (7)과 같이 계산되고, 단위길이당의 컨덕턴스, 커패시턴스, 인덕턴스  $G_1$ ,  $C_1$ ,  $L_1$ 은 각각 식 (8)~(10)과 같이 산정할 수 있다[5-6].

$$R_0 = \frac{\rho}{\pi l} \left[ \ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1 \right] [\Omega] \quad (1)$$

$$G_0 = \frac{1}{R_0} \frac{1}{l} = \frac{\pi}{\rho} \frac{1}{\ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1} [\text{S/m}] \quad (2)$$

$$C_0 = \epsilon_r \epsilon_0 \rho G_0 = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 \pi}{\ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1} [\text{F/m}] \quad (3)$$

$$L_0 = \frac{\mu_0 \epsilon_r \epsilon_0}{C_0} = \frac{\mu_0}{\pi} \left[ \ln\left(\frac{2l}{\sqrt{2rh}}\right) - 1 \right] [\text{H/m}] \quad (4)$$

$$C/G = \epsilon_r \epsilon_0 \rho \quad (5)$$

$$LC = \mu_0 \epsilon_r \epsilon_0 \quad (6)$$

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi l} (\ln \frac{2l}{r} - 1) [\Omega] \quad (7)$$

$$G_1 = \frac{1}{R_1} \frac{1}{l} = \frac{\pi}{\rho} \frac{1}{\ln\left(\frac{2l}{r}\right) - 1} [\text{S/m}] \quad (8)$$

$$C_1 = \epsilon_r \epsilon_0 \rho G_1 = \frac{\epsilon_r \epsilon_0 \pi}{\ln\left(\frac{2l}{r}\right) - 1} [\text{F/m}] \quad (9)$$

$$L_1 = \frac{\mu_0 \epsilon_r \epsilon_0}{C_1} = \frac{\mu_0}{\pi} \left[ \ln\left(\frac{2l}{r}\right) - 1 \right] [\text{H/m}] \quad (10)$$

여기서  $l$ [m]은 매설지선 1본의 길이,  $h$ [m]는 매설깊이,  $r$ [m]은 매설지선의 반경,  $\rho[\Omega \cdot \text{m}]$ 는 대지저항률,  $\epsilon_r$ 은 토양의 비유전율,  $\epsilon_0$ [F/m]은 진공의 유전율,  $\mu_0$ [H/m]는 진공의 투자율이다. 식 (2)~(4)의 매설지선의 분포회로정수와 전송선로의 전파방정식을 이용하여 매설지선의 접지전류의 인가점에서 본 임피던스를 식 (11)과 같이 산출하였다.  $\dot{\alpha}$ 와  $\dot{Z}[\Omega]$ 는 각각 전파정수와 특성임피던스로 분포회로정수와 관계는 식 (12), (13)과 같으며, 매설지선 끝단은 개방된 것으로 가정하였다[5].

$$\dot{Z} = \frac{\dot{E}_s}{\dot{I}_s} = \frac{e^{2\dot{\alpha}l} + 1}{e^{2\dot{\alpha}l} - 1} \dot{Z}_c \quad (11)$$

$$\dot{\alpha} = \sqrt{j\omega L(G + j\omega C)} \quad (12)$$

$$\dot{Z}_s = \sqrt{\frac{j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (13)$$

토양의 저항률과 비유전율의 주파수의존성을 반영하기 위해 실험부지 토양의 표본을 채취하여 전극간 거리 150[mm], 전극면적 19,600[mm<sup>2</sup>]인 140[mm] × 140[mm] × 150[mm]의 6면체 투명아크릴용기에 넣어 주파수에 따른 비유전율과 대지저항률을 측정하였다[7]. 주파수에 따른 비유전율의 측정결과[2]를 주파수 별로 식 (3)과 식 (9)에 반영하였다. 대지저항률의 주파수의존성의 값을 비율로써 산출한 후 100[Hz]에서의 접지전극의 대지저항률의 값과 곱하여 시뮬레이션에 반영하였다. 또한 방사형 매설지선의 경우도 식 (11)~식 (13)을 이용하여 접지임피던스를 산출할 수 있으며, 비유전율과 대지저항률의 주파수의존성을 시뮬레이션에 반영하였다.

매설지선을 병렬로 시공하였을 때 전위간섭의 영향에 의한 접지임피던스의 증가분  $Z_{AB}, Z_{BA}$ [Ω]는 식 (14)와 (15)과 같이 나타낼 수 있다.  $Z_{BA}$ 는 매설지선 B의 전류에 의해 매설지선 A에 나타나는 전위간섭의 영향으로 대지표면전위를 기반으로 산출하였다.  $Z_{AB}$ [Ω]는 매설지선 A에 흐른 전류에 의한 매설지선 B의 전위간섭에 의한 접지임피던스의 증가분이다[1].

$$Z_{BA} = \frac{\rho_B I_B}{2\pi l_B I_A} \ln \frac{\frac{l_B}{2} + \sqrt{(\frac{l_B}{2})^2 + h_B^2 + S^2}}{\sqrt{h_B^2 + S^2}} \quad (14)$$

$$Z_{AB} = \frac{\rho_A I_A}{2\pi l_A I_B} \ln \frac{\frac{l_A}{2} + \sqrt{(\frac{l_A}{2})^2 + h_A^2 + S^2}}{\sqrt{h_A^2 + S^2}} \quad (15)$$

개별 매설지선의 접지임피던스  $Z_A$ [Ω]와  $Z_B$ [Ω]에 전위간섭에 의한 접지임피던스의 증가분을 더하여 각각 식 (16)~식 (18)으로 병렬 시공된 매설지선의 합성접지임피던스  $Z_2$ [Ω]가 산출된다.

$$Z'_A = Z_A + Z_{BA}[\Omega] \quad (16)$$

$$Z'_B = Z_B + Z_{AB}[\Omega] \quad (17)$$

$$Z_2 = \frac{Z'_A \times Z'_B}{Z'_A + Z'_B}[\Omega] \quad (18)$$

$n$ 본을 등간격의 방사형으로 설치한 매설지선의 전위간섭의 의한 접지임피던스의 증가분  $\Delta Z$ 는 식 (19)과 같으며, 전위간섭의 영향을 고려한 방사형 매설지선의 합성접지임피던스  $Z_n$ [Ω]는 식 (20)과 같이 계산된다. 여기서  $n$ 은 등간격으로 설치한 방사형 매설지선의 도체 수이다.

$$\Delta Z = \frac{\rho}{n\pi l} \sum_{m=1}^{n-1} \ln \frac{1 + \sin(\frac{m\pi}{n})}{\sin(\frac{m\pi}{n})} [\Omega] \quad (19)$$

$$Z_n = \frac{Z_1}{n} + \Delta Z[\Omega] \quad (20)$$

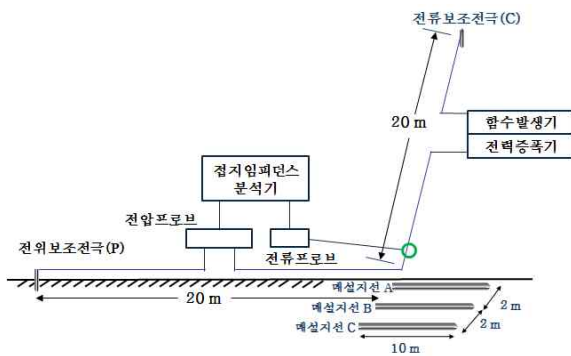
여기서,  $Z_1$ [Ω]은 전위간섭의 영향을 고려하지 않은 방사형 매설지선 1본의 접지임피던스이다.

### 3. 실험계 및 방법

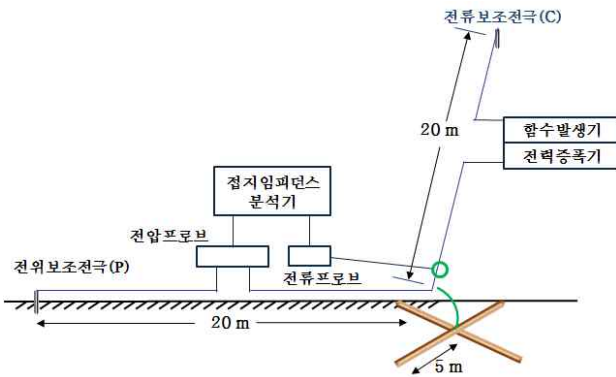
2본의 병행 매설지선과 방사형 매설지선의 접지전류의 주파수에 따른 합성접지임피던스를 측정하기 위한 그림 1과 같이 측정계를 구성하였다. 매설지선으로는 단면적 50[mm<sup>2</sup>]의 나동선을 사용하였으며, 지표면에서 0.5[m]의 깊이에 매설하였다. 병행 매설지선은 길이 10[m], 간격 2[m]와 4[m]로 설치하였으며, 방사형 매설지선은 길이 5[m]이며, 120[°]의 3방향과 90[°]의 4방향으로 매설하였다. 접지임피던스의 측정에는 전자유도에 의한 오차를 줄이기 위해 IEEE Std. 81.2-1991에서 제시된 전류보조전극과 전위보조전극을 직각으로 배치하는 수정된 전위강하법을 사용하였다[8]. 도전유도에 의한 오차가 5[%] 이내가 되도록 전위보조전극과 전류보조전극은 측정대상 접지전극에서 20[m] 이격시켜 설치하였다[9].

정현파 교류 80[MHz]까지 발생시킬 수 있는 합수발생기와 DC-250[MHz]의 주파수대역을 갖는 전력증폭

기를 이용하여 측정대상 접지전극에 시험전류를 인가하였다. 전위보조전극과 측정대상 접지전극 사이에서 측정된 전위차를 기반으로 접지임피던스를 산출하고 접지임피던스의 주파수의존성을 분석하였다. 접지전류는 10[MHz]의 측정주파수 대역을 갖는 전류프로브로 그리고 전위차는 100[MHz]의 주파수대역을 갖는 능동형 차동전압프로브로 측정하였다.



(a) 병행 매설지선의 실험회로



(b) 방사형 매설지선의 실험회로

그림 1. 실험회로  
Fig. 1. Experimental circuits

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 병행 매설지선

병행으로 설치된 매설지선의 설치조건에 따른 합성 접지임피던스를 분석하기 위해서는 접지임피던스의 주파수의존성을 파악할 필요가 있다. 병행으로 시공된 접지전극의 합성접지임피던스를 측정하기 전에 측

정대상 매설지선 각각의 접지임피던스를 측정하였다. 접지전류의 주파수에 따른 접지임피던스의 특성은 컴퓨터 기반형 접지임피던스분석기로 측정하였다. 측정대상 매설지선의 접지임피던스를 인가전류의 주파수 100[Hz]에서 1[MHz]까지 변화시키며, 측정된 결과를 그림 2에 나타내었다.

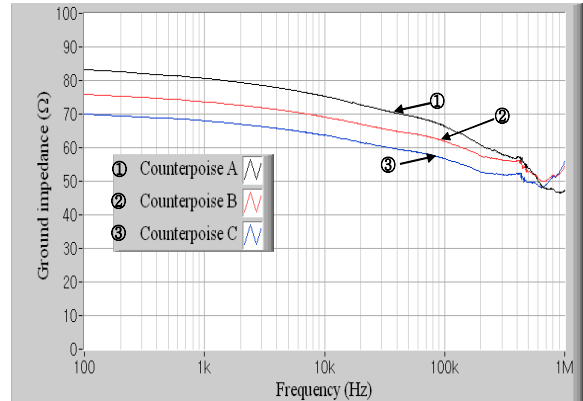


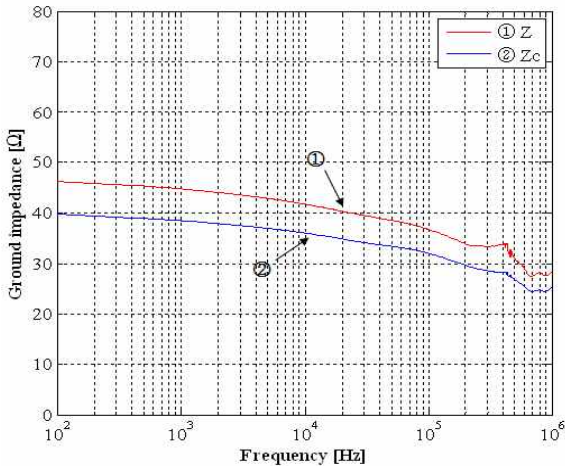
그림 2. 병행 매설지선 각각의 접지임피던스의 주파수의존성  
Fig. 2. Frequency-dependent ground impedance of each counterpoise in parallel

병행으로 시공한 매설지선 각각의 접지임피던스는 측정주파수의 증가에 따라 감소하는 용량성으로 나타났다. 접지임피던스는 매설지선 C가 가장 낮고, 매설지선 A가 가장 크게 나타났다. 매설지선간 접지임피던스의 차이는 약 13[Ω]정도의 접지임피던스차이가 낮다. 이러한 이유로는 접지전극이 설치된 국부토양의 저항률이 균일하지 않기 때문인 것으로 보인다.

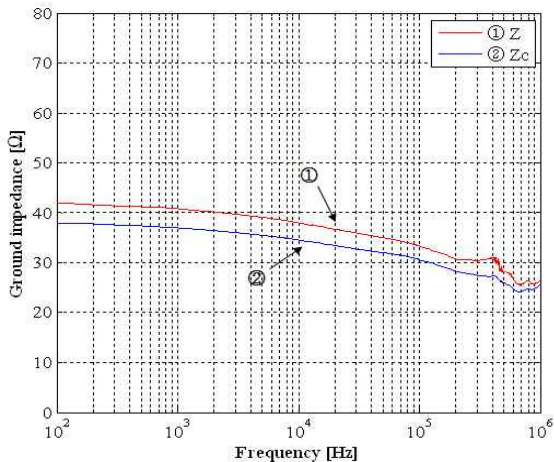
2본의 매설지선을 병렬로 접속한 경우 합성접지임피던스의 주파수의존성을 분석하기 위해 매설지선 A를 기준으로 하여 그림 1(a)의 이격거리의 조건에 따라 매설지선을 2개씩 병렬로 조합하여 접지임피던스를 측정된 결과를 그림 3에 나타내었다.

매설지선 A와 B를 병렬로 접속한 경우 주파수 100[Hz]에서 측정된 접지임피던스  $Z_g$ 는 약 46[Ω]이며, 이론적으로 산출한 접지임피던스  $Z_g$ 는 40[Ω]으로 산출되었으며, 전위간섭으로 15[%]의 접지임피던스가 증가하였다. 매설지선 A와 C를 병렬로 접속한 경우 이격거리는 4[m]이며, 주파수 100[Hz]에서 측정된 접

지임피던스  $Z$ 는 약  $42[\Omega]$ 이며, 이론적으로 산출한 접지임피던스  $Z_c$ 는  $38[\Omega]$ 으로 전위간섭에 의한 접지임피던스의 증가율은 약  $10.5[\%]$ 이다.



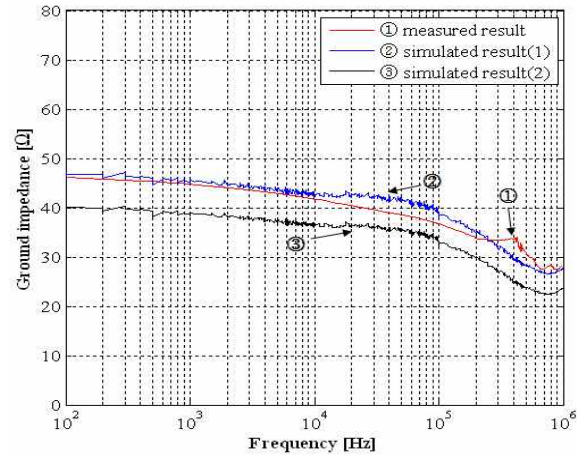
(a) 2(m) 이격된 병행 매설지선(매설지선 A와 B의 병렬 접속)



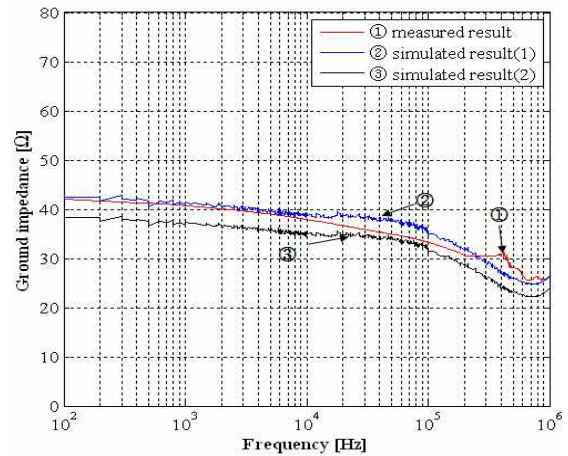
(b) 4(m) 이격된 병렬 매설지선(매설지선 A와 C의 병렬 접속)

그림 3. 병행 매설지선의 합성접지임피던스  
Fig. 3. Resultant ground impedance of paralleling counterpoises

주파수에 따른 대지저항률을 기초로 분포정수회로 모델에 적용하여 파라미터  $G_0, C_0, L_0$ 을 식 (2)~식 (4)을 통해 산출하였다. 이 분포회로정수를 식 (11)~식 (13)에 대입하여 주파수에 대한 각 매설지선의 접지임피던스를 시뮬레이션으로 산출하였다.



(a) 2(m) 이격된 병행 매설지선



(b) 4(m) 이격된 병행 매설지선

그림 4. 병행 매설지선의 실측 및 시뮬레이션한 합성접지임피던스의 비교  
Fig. 4. Comparison between the measured and simulated resultant ground impedances of paralleling counterpoises

전위간섭의 영향을 고려하기 위해 식 (14)과 식 (15)에 주어진 조건을 대입한 전위간섭의 영향을 고려한 후 최종적으로 식 (16)~식 (18)에 의해 매설지선의 합성접지임피던스를 산출하였다. 그림 4에서 ①의 그래프는 실측값이며, ②의 그래프는 전위간섭의 영향이 고려하여 시뮬레이션한 합성접지임피던스이다. ③의 그래프는 전위간섭의 영향을 고려하지 않은 이론적 합성접지임피던스에 대한 시뮬레이션결과이다.

시뮬레이션결과와 실측결과를 비교한 그래프의 추

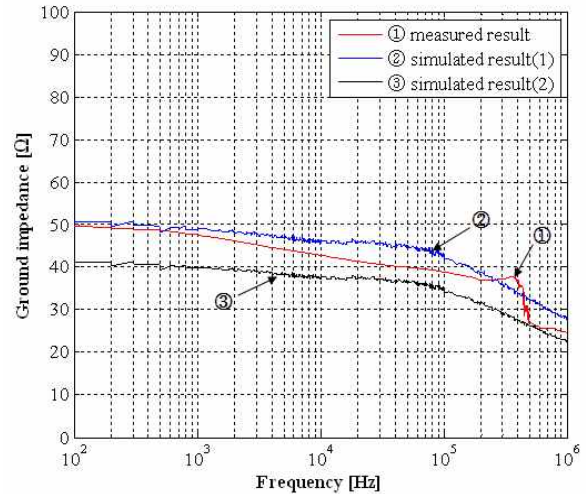


세가 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 또한 시물레이션에 반영한 대지저항률과 비유전율의 주파수의존성의 값이 실제 매설지선이 시공된 토양의 값과 유사한 값을 갖기 때문에 실측값과 모의해석이 거의 일치하는 값이 도출되었다고 판단된다. 그러나 10[kHz]~약 200[kHz]의 주파수범위에서 시물레이션한 결과가 실측값보다 크게 도출되었다. 이러한 원인으로는 시물레이션에 반영한 주파수에 따른 대지저항률 값이 매설지선이 시공된 토양의 저항률의 주파수의존성과 약간의 차이가 있기 때문이라 판단된다.

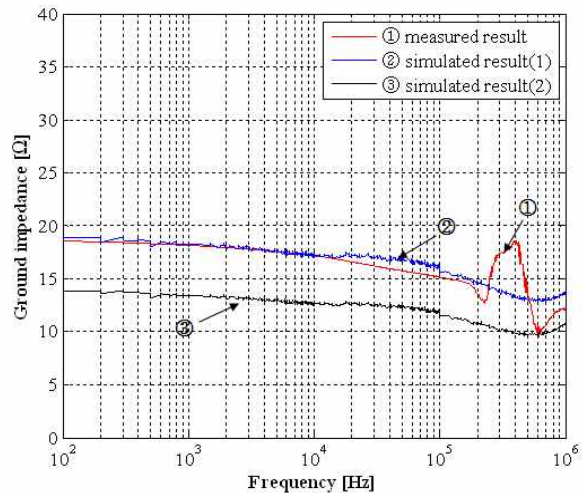
### 4.2 방사형 매설지선

방사형 매설지선의 접지임피던스의 주파수의존성을 시물레이션하는 기법의 타당성을 검토하기 위해 그림 1(b)의 실험회로를 이용하여 접지임피던스를 측정하였다. 방사형 매설지선의 접지임피던스의 시물레이션에도 병행 매설지선과 마찬가지로 비유전율과 대지저항률의 주파수의존성을 반영하였다. 이 결과를 분포정수회로모델에 적용할 회로정수  $G_1, C_1, L_1$ 을 식 (8)~식 (10)으로 산출하였다. 이 분포회로정수를 식 (11)~식 (13)에 대입하여 전위간섭의 영향을 고려하지 않은 접지임피던스를 시물레이션하였다. 또한 전위간섭의 영향을 고려하기 위해 식 (19)에 시물레이션조건을 대입하여 전위간섭의 영향을 산출한 후 식 (20)을 통해 합성접지임피던스를 산출하였으며, 이의 결과를 그림 5에 나타내었다. 방사형 매설지선의 접지임피던스의 실측값인 ①의 그래프를 보면 주파수 약 200[kHz] 이상에서 진동하는 양상을 나타냈으며, 이는 매설지선이 설치된 장소의 토양이 균질이지 않기 때문이며, 이러한 토양의 불균질성이 시물레이션에는 반영될 수 없으므로 편차가 발생하게 된다.

3방향 또는 4방향의 방사형 매설지선의 접지임피던스의 실측값인 ①의 그래프와 시물레이션결과인 ②의 그래프 모두 유사한 추세를 나타내었다. ①의 그래프와 전위간섭의 영향을 고려하지 않은 ③의 그래프를 비교하면 주파수 100[Hz]에서 3방향 매설지선의 경우 약 22[%]의 차이가 발생하고, 4방향 매설지선의 경우



(a) 3방향 매설지선



(b) 4방향 매설지선

그림 5. 방사형 매설지선의 실측 및 시물레이션한 합성접지임피던스의 비교

Fig. 5. Comparison between the measured and simulated resultant ground impedances of radial counterpoises

약 36[%]의 차이를 발생하였다. 따라서 방사형 매설지선의 경우 분기도체의 수가 많아질수록 전위간섭의 영향을 고려하지 않고 계산한 접지임피던스는 실측값과 큰 편차로 나타났다. 접지임피던스의 주파수의존성에서 3방향 매설지선의 경우 시물레이션에 반영한 토양의 저항률의 주파수의존성이 실측된 매설지선의

토양의 저항률의 주파수의존성보다 크기 때문에 1[kHz]의 주파수에서부터 차이가 발생된 것으로 판단되지만 3방향 매설지선과 4방향 매설지선 모두 실측값과 시뮬레이션결과가 거의 유사한 추세의 주파수의존성을 보인다. 따라서 제안된 방사형 매설지선의 접지임피던스의 주파수의존성에 대한 시뮬레이션기법의 타당성과 정확성이 양호한 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

병행 매설지선과 방사형 매설지선의 접지임피던스의 주파수의존성에 대한 실측값과 시뮬레이션결과를 비교·검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 병행 매설지선의 경우 전위간섭에 의해 접지임피던스의 증가가 매설지선 상호간의 이격거리에 따른 의존성을 가지므로 접지설계를 할 때 반드시 고려하여야 할 요소임이 확인되었다.
- (2) 방사형 매설지선의 경우 전위간섭에 의한 접지임피던스의 증가가 더욱 현저하였으며, 분기도체가 많을수록 전위간섭의 영향이 큰 것으로 나타났다.
- (3) 토양의 저항률과 비유전율의 주파수의존성 및 전위간섭의 영향을 고려하여 매설지선의 합성 접지임피던스를 시뮬레이션한 결과와 실측값이 거의 일치하였으며, 본 논문에서 적용한 접지임피던스의 시뮬레이션기법의 정확성과 타당성이 확인되었다.

## References

- [1] 이복희, 이승철, “접지의 핵심 기초 기술”, 도서출판 의제, pp.73-76, 1999.
- [2] 이복희, 성장훈, 양순만, “전위간섭을 기초로 한 병렬 접지봉의 합성접지임피던스의 분석”, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.25, No.12, pp.107-112, 2011.
- [3] 이복희, 조성철, 성장훈, “병렬로 시공한 수직 접지전극의 합성접지임피던스의 주파수의존성 분석”, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.26, No.2, pp.99-105, 2012.

- [4] 정종욱 역, “접지·등전위본딩 설계실무지식”, 도서출판 성안당, pp.124-128, 2004.
- [5] 이복희, 김종호, 최종혁 “분포정수회로모델을 이용한 수직 접지전극의 접지임피던스의 분석”, 전기학회논문지 Vol.59, No 6, pp1103-1108, 2010.
- [6] IEEE, Guide for Transmission Line Grounding A Roadmap for Design, Testing, and Remediation : Part 1-Theory book, A5-1~A5-8.
- [7] 최종혁, 차응석, 이복희, “수분함유량에 따른 토양의 저항률 및 비유전율의 주파수 의존성”, 조명·전기설비학회 논문지, Vol.24, No.1, pp.98-104, 2010.
- [8] IEEE Std. 81.2-1991, “IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems”, pp.12~.17, 1991.
- [9] 이복희 외, “과도접지임피던스 및 EMI를 고려한 최적화 접지시스템 기술 개발”, 지식경제부, pp.57-62, 2011.

## ◆ 저자소개 ◆



**이복희 (李福熙)**

1954년 6월 29일생. 1980년 인하대 공대 전기공학과 졸업 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 동경대학 생상기술연구소 객원연구원. 1995년 호주 Queensland대학 방문교수. 1999년 Cincinnati대학 방문교수. 현재 인하대 IT공대 전기공학부 교수. 본 학회 명예회장.  
Tel : (032)860-7398  
Fax : (032)863-5822  
E-mail : bhlee@inha.ac.kr



**신희경 (申惠璟)**

1973년 12월 11일생. 1999년 동국대학교 안전공학과 졸업, 2004년 한양 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 인하대학원 전기공학과 (박사과정). 주식회사 엘피에스 코리아 대표이사.  
Tel : (02)2639-8872  
E-mail : realmac1@hanafos.com



**성장훈 (成昶勳)**

1983년 5월 1일생. 2010년 2월 인천대학교 전기공학과 졸업. 2012년 2월 인하대 대학원 전기공학과 졸업.  
Tel : (032)860-7398  
Fax : (032)863-5822  
E-mail : chslove0501@nate.com