

3점 전위강하법과 2극 측정법에 대한 접지저항 측정 결과 분석

최문환* · 이상무* · 조평동*

*한국전자통신연구원

Analysis on the Induction Effects by Separation Distance between the Power Feeding Station and the Telecommunication Cables

Mun-hwan Choi* · Snag-mu Lee* · Pyung-dong Cho*

*ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute)

E-mail : mhchoi@etri.re.kr

요 약

국립전파연구원 고시인 전기통신설비의 기술기준에 관한 표준시험방법에서는 통신 설비에 대한 접지 저항 측정 방법으로 현재 2개의 보조극을 설치하여 측정하는 3점전위강하법을 사용할 것을 권고하고 있다. 하지만 이 방법은 보조극을 설치하기 위한 공간의 확보가 어려운 지역이나 험준한 산악 지역, 암반 지역 등에서는 적용이 불가능하여 현장에서의 어려움이 예상되고 있다

이에 IEEE와 ITU-T에서 기준이 되는 접지저항값의 만족 여부 확인만을 위하여 제시하고 있는 2극 측정법을 알아보고 테스트베드를 이용한 시험 측정을 통하여 3점전위강하법과 2극 측정법에 의해 측정된 접지저항을 비교 분석하였다.

ABSTRACT

RRA Notification No.2010-36 suggests the 3-point method(fall-of-Potential) using 2 auxiliary poles only as a test method of earth resistance. However this method needs to much space to install auxiliary poles so it is very difficult to measure the earth resistance in spots such as a mountain district, rocky district.

So, we have analyzed the methods of 2-point method and loop resistance method in IEEE std. 81 and ITU- handbook(Earthing and Bonding) and applied these methods in test bed with 3-point method. In this paper we have compared and analyzed the earth resistance value using these 3 methods.

키워드

접지저항, 3점전위강하법, 2극 측정법, 폐회로측정법

I. 서 론

국립전파연구원 고시 제2010-36호 '전기통신설비의 기술기준에 관한 표준시험방법1]에서 접지 저항의 측정을 위해 제시하고 있는 3점 전위강하법은 측정을 위한 보조 전극의 추가 설치를 위한 충분한 이격거리 공간이 필요하나 도심과 같이 보조 전극 설치를 위한 공간 확보가 어려운 지역에서는 접지 저항의 측정이 어려움이 있다

이러한 3점 전위강하법의 단점을 보완하기 위하여, 측정 현장 주변에 기 설치된 금속재의 접지 시설물(가로등, 수도관, 보호난간 등)을 보조 전극으로 활용하여 접지 저항을 측정할 수 있는 2극 측정법 및 2극 측정법과 유사한 원리를 갖는 폐

회로 측정법의 도입을 위한 검토가 필요한 실정이다.

이에 본 논문에서는 3점 전위강하법과 2극 측정법 그리고 폐회로 측정법을 이용하여 폐교 운동장을 이용하여 테스트베드를 구축하고 다양한 환경 조건 하에서 접지 저항 측정 결과를 분석하고 이를 토대로 하여 접지 저항 표준 시험방법에 대한 개정안을 제안하여 국립전파연구원 고시 제 2012-17호 '방송통신설비의 기술기준에 관한 표준 시험방법에 반영되었다.

II. 접지 저항 측정 기술

접지는 특정 구조물이나 설비 및 시설 등에서 발생할 수 있는 위해 성분으로부터의 전하의 이동이나 도전성 재료를 타고 흐르는 전류를 대지로 방출시키도록 하는 물리적인 구성체를 말한다. 이러한 접지 시설에 대한 접지 저항 측정에 관한 기술적인 요소는 측정 특성에 영향을 미치는 토양의 구성 등 현장의 대지 특성에 대한 환경 변수와 접지 전극에 상당하는 접지체의 시설 유형 등 다양한 조건 변수에 의해 형성되며 접지 저항을 측정하는 방법에는 3점 전위강하법, 2전극 합성 저항 추정법, 기지저항 비교법, 3전극 연립방정식법 등 다양한 방법이 존재한다. 하지만 이 중에서 3점 전위강하법은 기본적으로 다른 측정 방법에 대한 기술적인 근간을 이루는 가장 정확한 방법으로 대부분의 현장에서 이 방법을 사용하고 있다[2].

1. 3점 전위강하법

접지 저항의 정의가 당해 접지체에 유입되는 전류와 그에 의하여 상승되는 지전위와의 비이므로 그림 1과 같은 측정 회로가 구성되도록 하여 접지 저항을 측정하고자 하는 접지 전극(E)과 보조 전극 C(이를 전류 전극이라고 한다) 사이에 알고 선상의 전류(I)를 통하게 하고 이들을 연이은 전상에 또 다른 보조 전극 P(이를 전위 전극이라고 한다)를 두어 접지 전극에 의한 전압강하를 측정한다. 측정된 전압값을 이용하여 옴의 법칙에 의한 전압 대 전류의 비(V/I)로써 접지 저항을 구하는 방법이다[2].

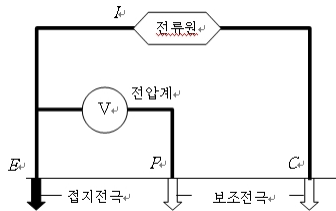


그림 1. 3점 전위강하법의 설치 모델

2. 2극 측정법

그림 2[3]는 2극 측정법(Two-Point Method, Ammeter-Volt-meter Method)을 위한 설치 모델을 보인다.

2극 측정법은 측정대상 접지 전극과 보조 전극의 합성 저항을 측정하는 것으로 이 경우 보조 전극의 접지 저항과 비교하여 무시할 수 있는 만큼 충분히 작은 값으로 간주한다. 2극 측정법은 절연된 접속체가 없는 금속 파이프로 구성된 수도관 또는 가스관 등과 같은 단일 접지 시스템을 보조 전극으로 하여 접지 저항을 측정하는 것으로 측정하고자 하는 접지 시설이 요구되는 기준 접지

저항을 만족하는지 정도를 판별하는 용도로 사용되는 방법이다[4].

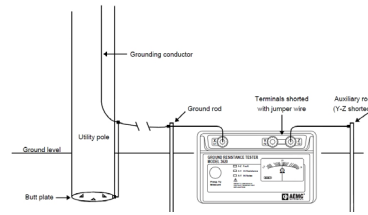


그림 2. 2극 측정법의 설치 모델

3. 폐회로 측정법

그림 3과 그림 4는 폐회로 측정법의 설치 모델을 보이는 것으로 폐회로 측정법은 일반적으로 2극 측정법과 유사한 원리를 이용하는 방법으로 접지 저항의 측정을 위해 시설된 접지 전극을 절체하지 않아도 되는 장점이 있다[3].

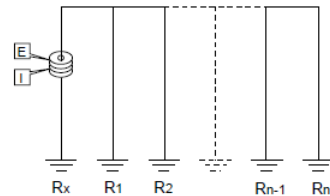


그림 3. 폐회로 측정법의 설치 모델

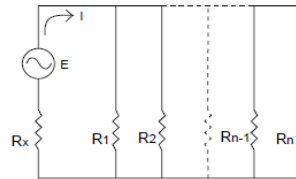


그림 4. 폐회로 측정 모델의 등가회로

그림 3과 같이 단순한 구성을 갖는 대상 접지 시설을 그림 4와 같은 등가 회로로 변환할 수 있다. 이 때, 측정하고자 하는 대상 접지 전극(Rx)에 특수한 변압기를 이용하여 전압 E를 인가하면 회로에 전류 I가 흐르게 되고 따라서 다음 식이 성립된다.

$$E/I = R_x + \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}} \quad \text{식 1}$$

여기서, $R_x \gg \frac{1}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}}$ 가 되므로 $E/I = R_x$ 가 된

다. 이 때 일정한 전압 E가 인가될 때의 전류 I가 검출되면 접지 전극의 접지 저항을 측정할 수 있다. 폐회로 측정법 역시 2극 측정법과 마찬가지로 대상 접지 전극의 정확한 접지 저항값을 측정하기에는 무리가 있다. 대상 접지 전극외의 폐회로를 구성하는 보조 전극의 합성 저항이 충분히 낮을 경우 요구되는 기준 접지 저항의 만족 여부를 판별할 수 있다[5].

Ⅲ. 접지 저항 테스트베드 측정

3점 전위강하법, 2극 측정법 그리고 폐회로 측정법의 비교 시험을 위해 충남 당진의 폐교 운동장을 이용하여 접지 저항 측정을 위한 테스트베드를 구축하고 다양한 조건 하에서 세 가지 측정 방법에 대한 비교 시험 수행하였다



그림 5. 테스트베드 현장 측정 환경

1. 3점 전위강하법

그림 6과 같이 주극(E_0)과 보조극 9개($E_1 \sim E_9$)를 10m 간격으로 시설한 후 각 접지극에 대해 수직으로 6m, 10m 지점에 각각 P극과 C극을 설치하고 3점 전위 강하법을 이용하여 접지저항 측정하였으며 측정 결과는 표 1과 같다. 3점 전위강하법을 위한 측정기로는 Megger DET2/2를 사용하였다.

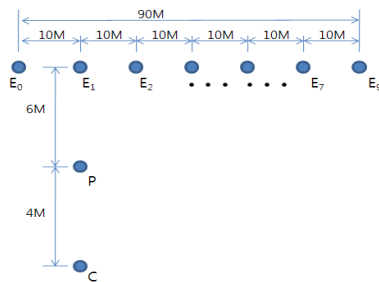


그림 6. 3점 전위 강하법을 위한 측정 구성도
표 1. 3점 전위 강하법에 의한 접지저항 측정값

접지극	E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9
접지저항 (Ω)	25.6	25.4	30.4	26.4	35.1	18.6	17.8	38.7	37.3	51.3

2. 2극 측정법

그림 7은 2극 측정법을 위한 구성도로서 E_0 를 측정기의 E 단자에 연결하고 E_1 , ($E_1 + E_2$), ($E_1 + E_2 + E_3$), ($E_1 + E_2 + E_3 + E_4$), \dots ($E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9$) 등 연결한 전극을 추가하면서 측정기의 P+C 단자에 연결하여 접지저항을 측정하였으며 측정 결과는 표 2 및 그림 8과 같

다. 2극 측정법을 위한 측정기로는 Megger DET2/2를 사용하였다. 표 2와 그림 8에서 알 수 있듯이 연결된 보조극의 개수가 증가할수록 즉 보조극의 합성 접지저항값이 작아질수록 주극의 접지저항 역시 작아짐을 알 수 있다.

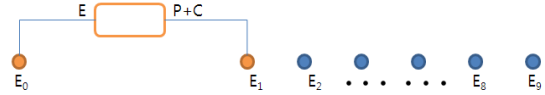


그림 7. 2극 측정법을 위한 측정 구성도

표 2. 2극 측정법에 의한 접지저항 측정값

연접 보조극	접지저항(Ω)
E_1	49.8
$E_1 \sim E_2$	38.5
$E_1 \sim E_3$	33.9
$E_1 \sim E_4$	32.0
$E_1 \sim E_5$	30.0
$E_1 \sim E_6$	28.9
$E_1 \sim E_7$	28.5
$E_1 \sim E_8$	28.2
$E_1 \sim E_9$	28.0

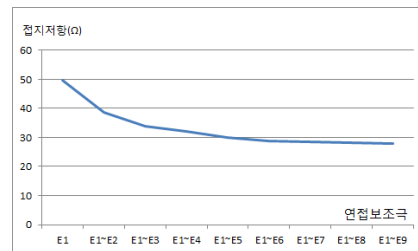


그림 8. 연접 보조극 증가에 따른 접지저항 변화(2극 측정법)

3. 폐회로 측정법

그림 9는 폐회로 측정을 위한 구성도로서 E_0 를 E_1 , ($E_1 + E_2$), ($E_1 + E_2 + E_3$), ($E_1 + E_2 + E_3 + E_4$), \dots , ($E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 + E_7 + E_8 + E_9$) 등 연결한 전극을 추가하면서 E_0 와 E_1 사이에 측정기를 연결한 후 접지저항을 측정한다. 폐회로 측정법을 위한 측정기로는 Fluke 1630을 사용하였으며 측정 결과는 표 3 및 그림 10과 같다.

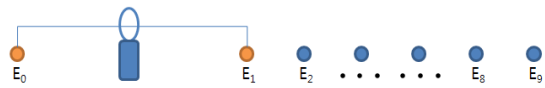


그림 9. 폐회로 측정법을 위한 측정 구성도

표 3과 그림 10에서 알 수 있듯이 폐회로 측정법 역시 2극 측정법과 마찬가지로 연결된 보조극의 개수가 증가할수록 즉, 보조극의 합성 접지저항값이 작아질수록 주극의 접지저항이 작게 나타나고 있음을 알 수 있다.

표 3. 폐회로 측정법에 의한 접지저항 측정값

연접 보조극	접지저항(Ω)
E ₁	48.6
E ₁ ~E ₂	38.9
E ₁ ~E ₃	32.4
E ₁ ~E ₄	30.9
E ₁ ~E ₅	28.9
E ₁ ~E ₆	27.8
E ₁ ~E ₇	27.5
E ₁ ~E ₈	27.2
E ₁ ~E ₉	27.1

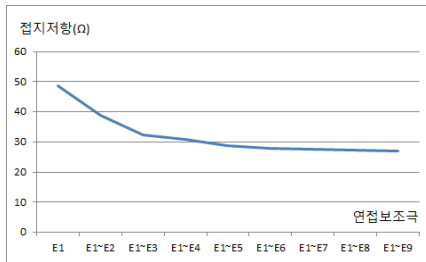


그림 10. 연접 보조극 증가에 따른 접지저항 변화(폐회로 측정법)

표 4와 그림 11에서와 같이 연접되는 보조극의 개수가 증가할수록 즉, 보조극의 합성저항이 작아질수록 2전극법과 폐회로 측정법에 의해 측정된 접지저항의 크기는 감소하게 되며 어느 레벨에 도달하게 되면 3점 전위 강하법에 의해 측정된 접지저항값에 수렴하게 된다. 이는 충분히 작은 접지저항값을 갖는 보조극을 이용하면 2극 측정법 또는 폐회로 측정법에 의한 접지저항 측정 가능하다는 것을 의미하며 또한 3점 전위 강하법에 의해 측정된 주극의 접지저항과 보조극들의 합성저항값의 합에 근사하고 있음을 알 수 있다

따라서 3점 전위 강하법을 사용하여 접지저항을 측정하기가 어려운 개소에서 2전극법이나 폐회로 측정법을 대안으로 사용할 수 있으나 보조극으로서 최대한 낮은 저항값을 갖는 접지체를 사용할 필요가 있으며 2전극법이나 폐회로 측정법에 의한 접지저항은 보조극의 저항성분이 포함되어 3점 전위 강하법에 의한 접지저항보다 높게 측정되기 때문에 앞의 두 방법을 사용하여 기술기준에 만족하는 접지저항값을 얻게 되는 경우 3점 전위 강하법에 의한 접지저항 기준을 만족하는 것으로 간주할 수 있다.

IV. 측정 결과 분석

표 4와 그림 11은 3점 전위강하법과 2극 측정법 그리고 폐회로를 이용한 측정법에 대한 접지저항 측정결과를 보인다.

표 4. 세 가지 측정 방법에 의한 접지저항 측정값

구분	접지극	합성 접지저항(Ω)	접지저항(Ω)		
			3점전위 강하법	2극 측정법	폐회로 측정법
주극	E ₀	25.6	25.6	-	-
보조극	E ₁	25.4	-	49.8	48.6
	E ₁ ~E ₂	14.4	-	38.5	38.9
	E ₁ ~E ₃	9.7	-	33.9	32.4
	E ₁ ~E ₄	7.9	-	32.0	30.9
	E ₁ ~E ₅	5.9	-	30.0	28.9
	E ₁ ~E ₆	4.9	-	28.9	27.8
	E ₁ ~E ₇	4.5	-	28.5	27.5
	E ₁ ~E ₈	4.2	-	28.2	27.2
	E ₁ ~E ₉	4.0	-	28.0	27.1

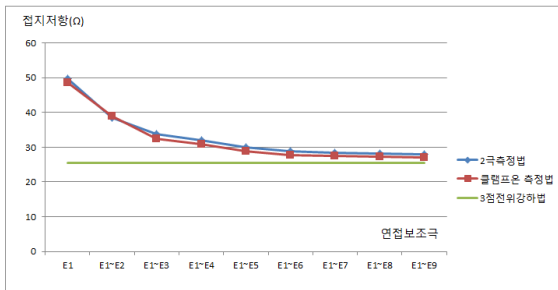


그림 11. 세 가지 측정 방법에 의한 접지저항 변화 추이

Acknowledgement

"본 연구는 방송통신위원회의 지원을 받는 방송통신표준기술력향상사업의 연구결과로 수행되었음"

참고문헌

- [1] 국립전파연구원 고시 제2010-36호 '전기통신설비의 기술기준에 관한 표준시험방법 2010.11.1.
- [2] 접지저항 측정 기술(TTAS.KO-04.0026/R1), 한국정보통신기술협회, 2011.12.22.
- [3] Understanding Ground Resistance Testing, AEMC instrument Workbook Edition 6.0
- [4] ANSI/IEEE Std 81-1983, IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System. 1983.
- [5] ITU-T Handbook, Earthing and Bonding, 2003.