

현장실측에 의한 메시(Mesh)접지저항 측정기법 연구

A Study on the Measurement Technique of the Grounding Mesh Resistance by Field Measurements

한기봉*, 김삼수, 정세종, 이상익

Ki-Boong Han*, Sham-Su Kim, Se-Joong Jung, Sang-Ik Lee

한국전기안전공사 전기안전시험연구원

Abstract

In this paper, we have provided the measurement technique of the grounding mesh resistance by field measurements. The standard of measurement is specified in the IEEE Std 81.2-1991 and JEAC 5001-1988, which is the fall-of-potential method by test-current injection, but this method is difficult to apply at field, where is small around a electric power substation of domestic. For the convenient measurement method, space of assistant probe and quantity of test-current injection are changed step for step. As the result, the proposed measurement technique of grounding mesh resistance is that the space of current and potential probes must be fixed at 150m from a grounding mesh, the test-current injection has to keep 5A or more.

Key words(중요용어) : Grounding mesh resistance (메시접지저항), JEAC(일본전기협회규정), Fall-of-potential method by test-current injection (시험전류공급식전위강하법)

1. 서 론

접지는 1753년 미국의 프랭클린이 놀(surge)의 정체가 전기라는 것을 규명하고 건물을 뇌해로부터 보호하기 위한 파뢰침접지를 시초로 전기설비 및 기기의 안전운용 측면에서 접지설비가 중요하게 인식되었다. 접지설비의 유지·관리를 위해서는 주기적인 접지저항 측정으로 항상 안정적인 접지저항을 유지해야 한다.

일반적으로 널리 보급되어 있는 적독식접지저항 계는 소규모 접지설비의 접지저항 측정에 적합하고 메시접지는 IEEE Std 81.2 -1991 및 일본전기협회(JEAC) 발행전 규정에서 시험전류공급식전위강하법에 의한 측정방법이 명시되어 있다. 그러나 이 규정에 의한 메시접지저항(grounding mesh resistance) 측정은 넓은 공간을 요구하므로 현장적용에 어려움이 많다 [1-5].

따라서 본 연구에서는 현장실측을 중심으로 좁은 공간에서도 측정할 수 있는 방법을 고찰하고자 IEEE Std 81.2-1991의 시험전류공급식전위강하법을 적용하여 보조전극의 거리, 저항 및 유입전류 변화에 의한 실측 데이터를 분석하고 협소한 장소에서의 적용여부, 보조전극의 최대접지저항, 최소유입전류 등 최적의 측정기법을 검토하였다.

2. 메시접지저항 측정기준

IEEE의 메시접지저항 측정기준에 의하면 Mesh 접지는 접지저항이 낮아 외부의 유도영향에 의한 오차가 발생하기 쉽기 때문에 20~30A의 시험전류 공급 방식으로 유도영향에 의한 측정값의 오차를 최소화하고 전압·전류보조극의 최소이격거리는 메시대각선의 6.5배 이상, 혹은 대지저항률이 $100\Omega \cdot m$ 인 지질에서는 약 500m, $10,000\Omega \cdot m$ 는 3km를 뛰어넘어야 한다.

도록 하고 있으며, JEAC에서는 전압보조극은 300~600m를 이격하고, 전류보조극은 접지망 장벽의 4~5배를 띄워서 측정하도록 되어있다.

그리고 접지체를 중심으로 C극과 P극 사이의 각도가 90°일 때 상호 유도결합이 존재하지 않지만, 각도가 90°보다 작으면 전류보조전극 리드선에 흐르는 시험전류가 P극 리드선과 상호유도결합에 의한 유도전압이 측정전압에 합성된다. 따라서 전압회로에 유도되는 전압을 저감시키기 위해 전류회로는 전압회로와 90°이상의 교차각을 유지한다. 또한 송배전 선로와 평행이 되지 않도록 주의해야 하며 시험전류공급은 그림1과 같다.

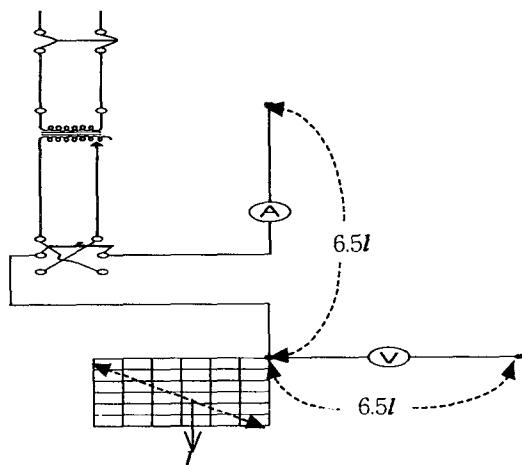


그림 1. 시험전류공급 결선도

Fig. 1 Connection diagram of test-current injection

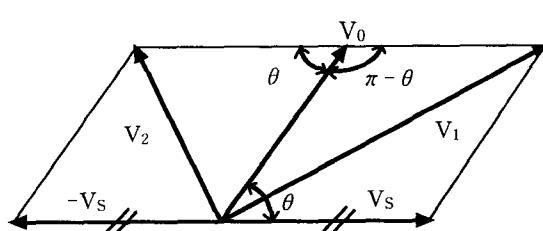


그림 2. 접지저항 벡터도

Fig. 2 Vector diagram of ground resistance

접지저항 측정시의 시험전류는 메시와 전압극사이의 측정전압이 10V 이상이 되도록 허려주고, 메시에 접속하는 전압·전류리드선의 접속점은 서로 가까운 지점으로 하거나 또는 같은 지점으로 하여

접속점간의 저항을 최소화하여야 한다.

접지저항 계산방법은 그림 2와 같이 벡터도에 의해 산출하는데 벡터도에서 V_S 는 정상전압, $-V_S$ 는 역상전압, V_S 의 편측 벡터와 V_0 의 위상차를 θ 라 하면 측정기에 나타나는 전압 V_1 , V_2 는 그림 2와 같다.

$$V_S = \sqrt{\frac{V_1^2 + V_2^2 - 2V_0^2}{2}}$$

메시접지저항값을 구하여 최고치(R_{max})와 최저치(R_{min})를 이용한 편차율(ϵ)은 다음과 같다.

$$\epsilon = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{max}} \times 100$$

3. 현장실측 및 분석

측정시 조건은 표 1과 같이 측정방향, 보조극 거리변화, 보조극의 접지저항 변화, 공급전류 변화, 일반접지저항계 종별 등을 표 2의 3개 장소에서 현장적용하여 실측데이터값을 분석하였다.

표 1. 측정조건

Table 1. Measurement condition

구 분	적 용
보조전극 측정각	90°, 180°
보조전극의 거리	최대 300m를 이격후 거리변화, 보조전극 접지저항 변화
측정장비	시험전류공급식, 접지저항계 4종
보조전극의 저항	C극 : 50Ω, P극 : 저저항, 고저항

표 2. 메시크기

Table 2. Mesh size

구 分	크 기 (가로 × 세로)
Mesh 1	50m × 40m
Mesh 2	113m × 73m
Mesh 3	70m × 54m

3.1 보조극의 거리 및 측정각에 따른 접지저항 변화

그림 3, 4는 표 2의 Mesh 1, 2, 3에서 전압보조극, 전류보조극 중 한 극을 300m에 고정하고 다른 한 극은 50m에서부터 단계적으로 변화하여 측정하였다. 그림 3은 전압극을 고정하였고, 그림 4는 전류극을 고정한 측정결과로 Mesh 1, 2, 3 모두 50m에서 접지저항값이 낮게 나타났다. 이러한 이유는 메시의 저항구역내에 보조전극을 설치한 것이고 저항구역을 벗어난 지점은 150m 이후부터 Mesh 1,

2, 3 모두 안정된 접지저항 값을 유지하였다. 즉 메시 크기에 따라 안정적인 접지저항 측정 거리는 변화가 있었다. Mesh 1은 50m 이후부터 안정적인 값을 유지한 반면 Mesh 2는 150m가 약간 넘었고, Mesh 3은 150m에서 안정된 접지저항값을 유지했다.

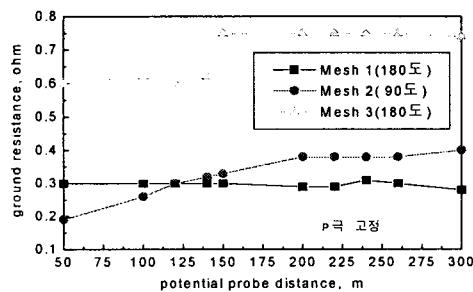


그림 3. 전류보조극 변화(P극 고정)

Fig. 3 Change of a assistant current probe

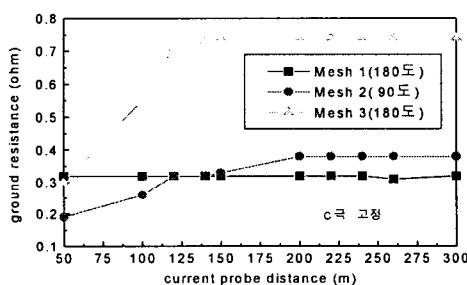


그림 4. 전압보조극 변화(C극 고정)

Fig. 4 Change of a assistant potential probe

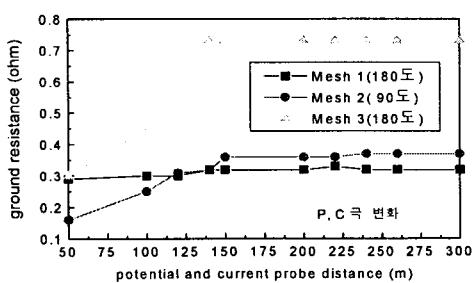


그림 5. 보조극 변화(전류 · 전압극)

Fig. 5 Change of assistant probes

그림 5는 Mesh 1, 2, 3의 장소에서 전류보조극과 전압보조극을 동시에 변화한 측정결과로 그림 3, 4와 유사하였으며 이 결과에서 보조극의 이격거리는 접지체로 부터 150m 이상 이격하여 측정하면 정확한 측정값을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

3.2 보조극의 접지저항 변화

Mesh 1의 장소에서 보조전극(P, C)의 접지저항을 변화하여 측정한 결과 표 3과 같이 접지저항 측정값에는 큰 영향을 미치지 않았다.

대지에 유입된 전류와 전압에 의해 접지저항을 산출하므로 접지저항에는 큰 영향이 없고 단지 전류보조저항에 따라 대지의 유입전류의 크기가 변하였고 전압보조극은 거의 접지저항 측정에 영향이 없었다.

표 3. 보조극의 접지저항 변화

Fig. 3 Ground resistance variation of assistance poles

장 소	보조전극 저항[Ω]		접지저항[Ω]
	P	C	
Mesh1	200	37.2	0.28
	400	-	0.28
	200	64.4	0.29
	400	-	0.29

표 4. 공급전류에 따른 접지저항 변화

Table 4. Ground resistance variation for test-current injection

(단위 : Ω)

장 소 전류[A]	Mesh 1	Mesh 2	Mesh 3
1	0.56	0.29	0.73
3	0.28	0.39	0.75
5	0.28	0.39	0.75
9	0.28	0.39	0.75
12	0.28	0.4	0.76
15	0.28	0.4	0.75
17	0.28	0.4	0.75
19	0.28	0.4	0.75
20	0.28	0.4	0.75

3.3 시험전류공급에 따른 접지저항 변화

대지에 유입전류를 1A부터 20A까지 변화하여 측정한 결과 3A 이하에서는 불안정한 값을 나타났으나, 5A 이상은 접지저항이 안정적이었다. 규정에서는 20A 이상을 요구하지만 실측결과 5A 이상이면

20A 인가한 측정값과 동일하였다. 만일 주변에서 서어지(surge)가 유입되어 미소전류가 흐르면 되면 낮은 전류는 오차의 원인이 될 수 있지만 특수한 경우를 제외하고는 5A 이상이면 측정이 가능하다.

3.4 접지저항계별 측정데이터 비교

접지저항계별 측정테이터와 시험전류 공급방식에 의한 측정값을 비교하였다. 계측기별 유입전류에 따른 값은 UNI LAP GEO X : 230~270mA, YEW3307 : 4.7~5mA, YEW3244 : 380~450mA, MET500 : 1.89~2.1mA로 전류가 다르게 나타났다.

그림 6에서 나타난 바와 같이 보조극의 거리를 300m로 하여 측정한 결과 YEW3307과 MET500 측정데이터는 시험전류공급식 측정값을 기준으로 하였을 때보다 오차가 크게 나타나 현장적용에 적합하지 않지만, UNI LAP GEO X와 YEW3244 측정기의 데이터는 UNI LAP GEO X에서 +20%, YEW3244에서 -12%의 오차가 있었으나 비교적 안정된 값을 유지하고 있었다.

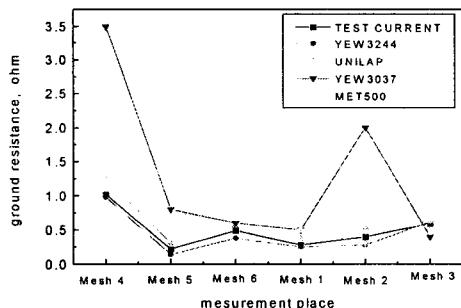


그림 6. 계측기별 접지저항

Fig. 6 Ground Resistance by grounding testers

4. 결 론

수·변전설비의 메시접지저항을 측정하기 위한 IEEE 시험전류공급식전위강하법 기준은 주변이 협소한 장소에서는 보조극 설치와 측정방향 선정에 어려움이 많다. 따라서 편리하고 경제적인 측정기법 연구를 위하여 시험전류공급방식을 적용한 보조접지극의 거리, 저항 및 공급전류 변화와 일반접지저항계에 의한 측정값을 분석한 결과는 다음과 같다.

- 보조전극 P와 C의 상호각이 90° 인 규정은 현장실측 결과 90°, 180° 모두 기준에 의한 측정값과 비슷하여 주변여건상 측정각을 달리 적용할 수 있는 것으로

나타났다. 보조전극의 저항에 따라 접지저항값의 변화는 없었고 단지 전류보조극저항이 클수록 공급 가능 전류가 적었다.

- 보조전극은 메시 전극으로부터 멀리 이격하면 할수록 정확한 측정값을 얻을 수 있으나, 150m 이상에서 측정값과 비슷하였다.
- 공급시험전류는 20~30A의 규정은 현장실측결과 최소 5A 이상에서 규정에 의한 접지저항측정값과 동일하였다.

위의 결과는 현장 여건상 정확한 규정적용이 어려운 장소에서 공간 한계를 극복하고, 편리한 측정기법 검토를 위해 현장실측에 의한 분석결과이므로 메시접지저항 측정시 활용이 가능하다.

참고문헌

- R. Kosztaluk, "Experiment Study of Transient Grounding Impedance", Trans. vol.PAS-100, no.11, 1981.
- IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safe Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems, pp 12-30, 1991.
- A.P. Sakis Meliopoulos, George Cokkinides, Hanna Abdallah, Steven Duong, Shashi Patel, "A PC Based Ground Impedance Measurement Instrument" IEEE Transaction on Power Delivery, vol. 8, no.3, July 1993.
- 日本電氣技術規程(發變電編), JEAC 5001, pp. 278-281, 1988.
- KS C 1310-1977, 접지 저항계 해설, 1995.