기술정보 접지 저항의 측정 기술

접지 저항 측정에 관한 문제점(하)

역/김대홍(해광방뢰 대표이사)

목 차

1. 머리말
2. 측정기의 문제
2.1 접지 저항 직독계
2.2 기타 측정기 및 측정법
3. 보조극 위치 및 보조 배선의 문제
3.1 전류 보조극
3.2 전위 보조극
3.3 보조극의 위치 및 보조 배선
3.4 AIEE(현 IEEE의 전신)의 보조 접지극 설정법
4. 노이즈의 문제
4.1 전위 강하법의 계산에 따른 대지 전압의 제거
4.2 전위 강하법에 의한 측정 전류치의 문제
4.3 이주파(異周波)에 의한 측정
4.4 실드의 문제
5. 기 타
6. 맺음말

3. 보조극 위치 및 보조 배선의 문제

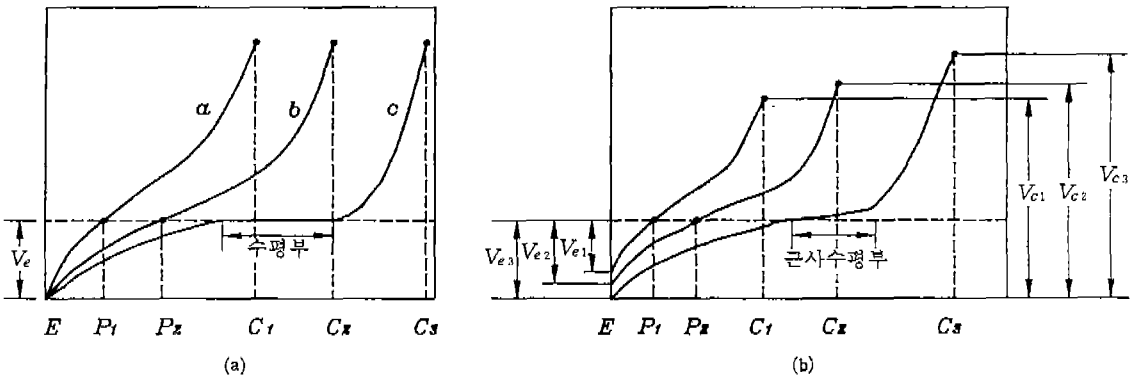
앞 항의 측정기에 대해서는 실내에 두어도 오차와 주위의 환경의 영향에 관한 관리는 가능하다. 그러나 현지에 있어서 실제로 대지를 상대로 한 접지 저항 측정의 어려움은 거의가 본 항 안에 포함되어 있다고 해도 과언은 아니며, 또 현재 FIELD와의 관련도 포함하여 명확한 해답을 나타낸 문헌도 발표되어 있지 않다고 생각된다. 이하도 모든 문헌에 발표된 측정 실적, 필자의 경험 등으로부터의 추론이며, 결코 교과서가 아니라 참고 자료로서 참조해 주기 바란다.

보조극은 요컨대 측정 대상 접지극에 전위 상승을 일으키기 위한 전류를 주입하는 「전류보조극」과 그 전위 상승치의 기준점을 결정하는 영전위-가상 원점을 만드는 「전위보조극」 두 가지인데, 먼저 전류 보조극에 대하여 서술한다.

3.1 전류 보조극

접지 저항 측정의 교과서에는, 전위 분포 곡선 즉 그림 14 또는 유사한 그림이 그려져 있다. 그러나 이 그림에 대하여는 중요한 포인트가 생략되어 오해를 불러일으킬지도 모른다. 이 때문에 필자는 그림 14(b)를 사용하도록 하고 있다. 그림 14(a)와 차가 없는 듯하지만, 그림 중의 a곡선, b, c곡선의 E, C극에 걸친 전위가 서로 다르다.

전위 분포 곡선은 주지하고 있으리라 생각되지만, 그림 15와 같이 측정 대상 접지극 E극과 전류 보조극 C극과의 사이에 일정한 전류를 흘려 EC 직선 사이의 지표에 전위 보조극 P_1, P_2, … 를 박아 넣으면서 EP_i간의 전위를 플롯한 것이다. 그림 14(a)의 E극의 전위 V_e가 a, b, c곡선과도 같다고 하는 것은 각각의 곡선을 측정했을 때의 전류치도



〈그림 14〉 전위분포곡선

같은 값이 되는 것이다(R_e 동일).

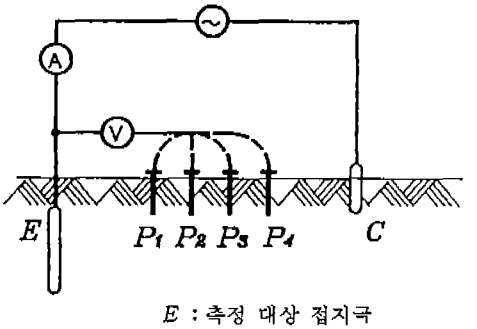
결국 이들 곡선이 수평부와 교차하는 점 P를 어떠한 방법으로 구하는 것이 가능하다면(그 방법에 대해서는 3.2의 해석법 참조), a, b, c 어떠한 곡선이라도 동일한 E극의 저항치 R_e가 구해진다. 그러나 실제로는 a, b, c 곡선으로 V_e가 균일해지는 경우에는 제각기 전류치는 서로 다른 것이다. 그림 14(b)는 전류치를 동일하게, (a)와 같은 레벨의 수평선을 기준선으로 하여 분포 곡선을 그리는 것이므로 실제로는 이렇게 되는 것이다. 만약 E점을 기준으로 하여 분포 곡선을 그린다면, 수평부는 일치하지 않으며 아래로 미끄러져 가게 된다.

따라서, 이번은 정확한 분포 곡선을 얻을 수 있는 수평 직선과 교차하는 P점이 구하여진다면 논리적으로는 실수가 없는 저항치가 산출되게 되지만, a, b곡선에서 얻어진 접지 저항치는 올바른 값은 아닌 것이다.

상기에서 분포 곡선의 작성, 즉 접지 저항의 측정은 곡선 중에 수평부가 가능한 위치에 전류 보조극을 설정하는 일이 정확한 접지 저항 측정의 제1조건이라고 말할 수 있다. 그러나 많은 분이 경험하셨으리라 생각되지만, 그림 14(a)와 같이 P극을 이동하더라도 같은 전위가 되도록 절대적인 수평부를 얻는 일은 곤란한 경우가 많으며 아주 약간이라도 오차가 나타난다.

필자는 임시로 근사수평부로 부르고 있지만, 예를 들어 조금이라도 경사가 있는 이상 P극을 어디에 박으면 좋을까, 이것도 하나의 문제이다. 이 문제에 관해서는 다음 항 「전위 보조극」에서, 또 전위 곡선의 이론치에 대해서도 별항에서 언급한다. 다음으로, 전류 보조극의 접지 저항인데 이것도 현장에서 자주 당면하는 문제이다. 50Cm 정도의 보조 전극봉을 1/2까지라든가 3/4까지 박아 넣으라고 말하는 경우가 있지만, 이것은 별다른 근거가 없는 것으로 요는 측정 전류치를 지시 계기(검류계 또는 전압계)의 편차를 명확히 식별할 수 있을 정도의 크기로 설정할 수 있다면 좋겠다는 것이다.

JIS에 따라 5000Ω까지는 허용 오차가 보증되어 있는 것이지만, 필자의 경험으로는 약 10kΩ정도까지는 가능하리라 생각된다. 지금 임시로 직경 2㎝, 길이 50㎝의 전극봉을 박아 넣을 때, 5000Ω이 되는 대지 저항률은 역산하면 표 7과 같이된다. 40



E : 측정 대상 접지극
C : 전류보조극
P_1, P_2 : 전위보조극

〈그림 15〉 전위분포측정

〈표 7〉 보조극 접지 저항과 역산 ρ

전극 굵기 : 0.02m, 저항치 5000Ω

타입깊이(m)	0.15	0.2	0.3	0.4
역산 ρ(Ωm)	1523	1857	2488	3083

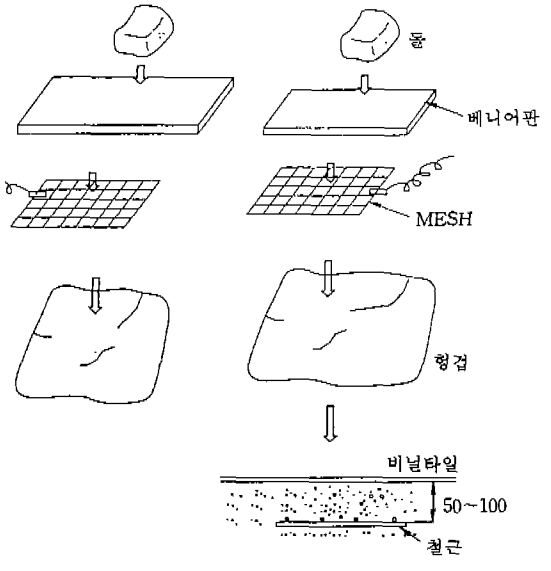
주. 역산식은 Dwight의 식

$$\rho = \frac{2\pi L}{\ln\frac{4L}{\gamma}-1} \times 5000\text{을 사용}$$

㎝ 박아 넣을 때의 대지 표면 부근의 저항률이 3000Ωm라고 하면 상당히 높은 편이므로, 우선 대지의 토질이라도 측정은 가능하리라 생각된다. 10kΩ까지 좋다고 한다면, 표의 2배라도 좋을 것이다.

다음으로 요즘은 도시뿐만 아니라 주변 마을까지 도로가 포장되어 전극봉을 박아 넣을 수 없다고 하는 문제가 있다. 이에 대한 대책으로써 MESH를 수평으로 펴서 물을 주입하는 방법이 권유되고 있다(아스팔트는 불가). 대지에 놓아둔 것만으로 5kΩ의 저항이 얻어지는 경우도 있다는 것은 많은 경우 측정 가능하다고 생각된다. 야외에서 정량적으로 측정한 데이터는 아니지만, 철근, 콘크리트 빌딩의 상면에서 측정한 값이 있기에 소개한다.

그림 16과 같이 철근 콘크리트의 마루에 비닐



〈그림 16〉 평판전극의 정전용량 측정실험

타일을 깐 면 위에 MESH 및 0.2㎜ 두께의 동판을 놓고 두께 10㎜의 베니어판을 덮고 그 위에 무거운 중량의 것을 얹어, 두개의 시료 사이에 AC 50Hz 전압을 인가하고 전류를 측정하여 극판 두개의 합성 저항을 산출한다. 그 결과는 표 8과 같이 되었다.

어려운 실험이지만, 전류의 거의 대부분은 정전용량에 따른 것이라 생각된다. 시험으로 정전 용량을 산출하면 표와 같이된다. 또 물에 흠뻑 젖은 헝겊을 도체로 밀착시키면 전류가 크게 증가한다. 헝겊을 쓰지 않을 때의 정전 용량은 2장으로 0.1μF 약해지지만, 물에 젖은 헝겊을 끼울 때는 10배 가까이 된다. 이것은 물의 비유전율이 약 80이므로 수긍되는 값이다.

MESH인 때는 헝겊을 위에, 망과 판 사이에 놓더라도 물의 효과는 있지만, 동판인 때는 헝겊을 위에 덮는 것으로는 효과는 거의 없다(표의 값이 변하고 있는 것은 배어 나온 헝겊의 수분이라고 생각된다).

이것을 현장에 적용시키면, MESH 또는 동판을 수평으로 놓고 전극으로 하는 것은 (장소에 따라서는) 상당한 효과가 기대된다. 그때 크고 결이 고운 두꺼운(물을 잘 흡수한다) 헝겊을 아래에(대지에 직접) 물을 흠뻑 머금게 하여 깔고 그 위에 극판을 올려, 그 위에 평판(베니어 합판 10mm 두께 정도가 좋음)을 올리고, 그 위에 중량물(돌도 좋다)을 올리면 좋으리라 생각한다.

또 사전에 전극을 두는 대지에 충분히 물을 뿌리는 것도 효과가 있으리라 생각된다.

현지에 있어서 전류치가 얻어지지 않을 때에 보조 전극봉의 주위에 물을 살포하는 것은 앞서 언급한 실험과는 다소 의미가 다르지만, 실행할 가치가 있는 것이라 생각된다.

이것은 전극의 외관크기를 늘리면 동시에 정전용량분도 늘리라 생각되기 때문이다. 염수가 있다면 보다 좋지만, 효과를 그 정도 향상시키지 못하지만 보통의 물로도 충분하다. 전극 주위에 충분히 물을 살포한 후에 되도록이면 광범위하게 뿌리면 좋다.

이 항의 마지막으로 「측정대상극, 소위 접지계가 거대하게 된 경우에 어떻게 할까」의 문제가 남

〈표 8〉 평판전극의 정전용량 측정결과

전극 종류	전극의 상태	전 극 중심거리 (m)	전 압 (V)	전 류 (A)	전극 2매의 직렬 임피던스 (kΩ)*1	DC 저항 (메가) (kΩ)	편측 C (μF) 계산치
[illegible]	그대로 마루에 놓기	3.8	356	0.01	35.6	180	0.044
		2.2	363		36.3	180	0.043
	상부에 두꺼운 헝겊 2장을 겹쳐 물을 적신다	3.8	48.6		4.86	85	0.33
[illegible]	그대로	3.8	355	0.01	35.5	200	0.044
	물을 적신 헝겊을 위에		222		22.2	160	0.071
	물을 적신 헝겊을 아래에		30.9		3.09	60	0.51

주 : *1－판측은 이 값의 1/2로 계산했다.

지만, 이것은 다음 「보조배선」의 항에서 언급한다.

3.2 전위보조극

전항에서 근사 수평부에 대한 설명을 하였다. 그러면, 대책으로서 어떤 점에 P극을 박으면 좋을까? 이 답도 특별히 결정되어 있지는 않지만 (이론적으로 정확하다고 생각되는 방법은 있다. 후에 기술한다), 현장에서는 적당히(오차의 범위 정도에) 받아들여지고 있는 듯하다. 지금 예를 들어 E극, C극간을 20m로 잡는다면 보통 P극은 그 중간 10m로 잡는다. 필자는 이 중간점의 거리(이 경우 10m)의 10%, 이 경우라면 1m P점을 전후로 이동시킨다. 결국 E극에서 잰 9m와 11m의 점으로 각각 P′, P″극을 박아 측정한다. 각각의 값이 P극(10m)의 값에 대하여 접지 저항치로 표 1(JIS의 허용 오차)의 값 이하라면 중간 값을 잡도록 하고 있다. 허용치의 값을 넘는다면 어떻게 할까? 앞에서 기록한 전류 보조극을 현위치보다 1.5배~2배 정도 멀리한다. 중간 값에 대한 차이므로 근사 수평부에 이르는 위치가 반드시 발견된다.

측정 대상 접지극이 거대해지며, 보조 배선이 길어지면 먼저 말한 P′, P″도 10m, 20m로 간격이 넓어져 그 중간점을 과연 가상 무한 원점(영전위점)이라 하여 좋을까 하는 의문점도 생길 수 있다.

보다 정확히 가상 영전위점을 구하기 위해서는 다음과 같이하면 좋다. 먼저 상기와 같이 P′, P″가 조건을 확실히 만족시킨다면 E, C극간의 거리를 5~7등분하고, 분할점에 각각의 P_1, P_2, … P_5(7등분의 경우) 전위극을 박아 E극과의 사이에(가상 원점은 아니다) 전위를 재어 기록하고, V_1, V_2, … V_6이라 한다. 참고를 위해 E, C극간의 모든 전압도 재어두면 좋다(V_E는 0이다).

이것을 직각 좌표 상에 등분 눈금으로 플롯하면 전위 분포 곡선이 얻어진다(이 경우 C극의 전위가 극단으로 커지면 생략해도 좋다). 이 곡선은 E극에 가까운 쪽은 E극점을 정상부로 하는 고차 곡선, C극에 가까운 쪽도 마찬가지이다.

따라서, 근사 수평부에 있어서는 곡선이 위쪽으로 凹에서 凸로 바뀌는(혹은 반대로 된다)점이 나온다. 이 점이 그림 상에서 구해지면 좋겠지만, 정확히 이 곡선의 방정식을 구하여 근사 수평부에 해당하는 몇 점의 미분치를 구하여, 가장 0에 가까운 점(최소치)이 구하여진다면 좋겠다. 이것에는 전위 분포 곡선의 방정식을 사용하지 않으면 안되지만, 컴퓨터에 의하지 않으면, 조금 시간이 걸리는 작업이 된다.

먼저, V_1, V_2, … V_6를 잰 P_1극의 E극에서의 거리를 x_1, x_2, … x_6(m)라고 하면,

$$V_1=a_0+a_1x_1+a_2x_1^2+a_3x_1^3+a_4x_1^4+a_5x_1^5+a_6x_1^6$$
$$V_2=a_0+a_1x_2+a_2x_2^2+a_3x_2^3+a_4x_2^4+a_5x_2^5+a_6x_2^6$$
$$\vdots \qquad \vdots \qquad \vdots$$
$$V_6=a_0+a_1x_6+a_2x_6^2+a_3x_6^3+a_4x_6^4+a_5x_6^5+a_6x_6^6$$

가 되는 연립 1차 방정식이 된다.

x_i=0인 때는 V도 0(E기준점)이므로, a_0=0에 따라 이 6원 1차 방정식을 「소출법」에 따라 풀면, a_1, a_2, … a_6의 계수가 구해진다. 따라서,

$$V=a_1x+a_2x^2+a_3x^3+a_4x^4+a_5x^5+a_6x^6 \cdots\cdots (6)$$

이 되는 6차 방정식이 얻어진다.

이 식을 미분하면,

$$V'=\frac{dV}{dx}$$

$$=a_1+2a_2x+3a_3x^2+4a_4x^3+5a_5x^4+6a_6x^5 \cdots (7)$$

(7)식에 근사 수평부의 x를 몇 개 대입하여 V′의 값의 최소가 되는 점을 발견하면 좋겠다.

다음으로 전위보조극의 접지 저항치도 다소 문제가 있다. 전위 보조극에서 유입 상승하는 전위에 따라 전류는, 전위차계식에서는 최종적으로는 0이 되므로 저항치에는 관계없다고 말할 수 있겠지만, 전류가 적으면 계기 지침의 움직임이 극단으로 둔해지며, 평형을 잡기 어렵게 된다(전위차계식의 검류계는 앞서 언급한 듯이 1예로서 50μA이다). 또 전압 강하식에 있어서도 고임피던스의 계기이며 전위 보조극의 접지 저항치와 직렬이 되므로 문제는 없다고도 말할 수 있지만, 전자식 전압계가 아닌 경우는 상기와 같다.

전위 보조극의 접지 저항치도 전류 보조극과 동등하지 않다고 해도 가능한 한 낮게 하도록 염두해 두는 편이 좋으리라 생각된다.

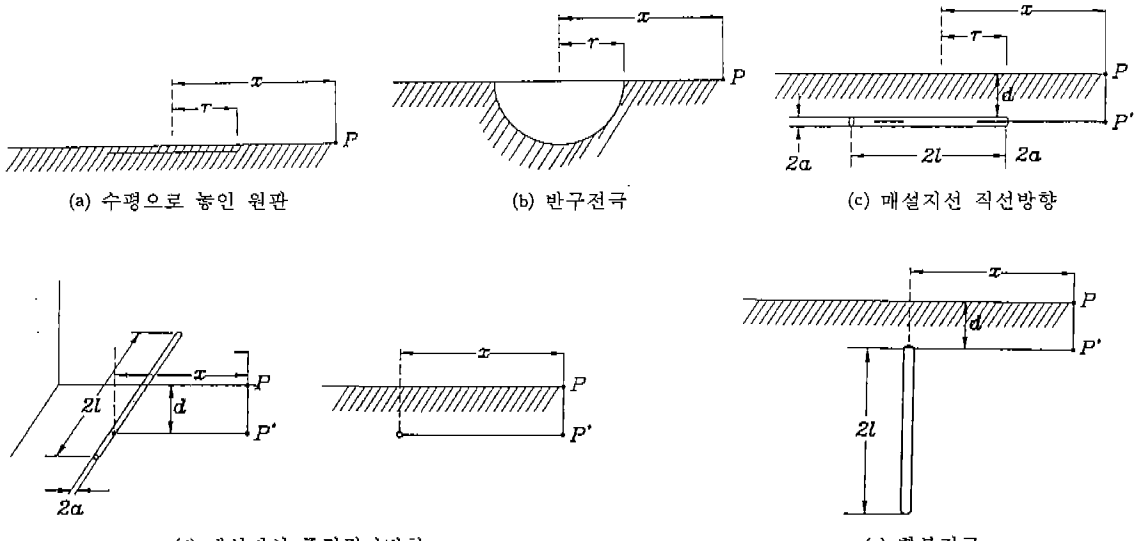
3.3 보조극의 위치 및 보조 배선

전류, 전위 보조극의 위치에 대하여 기본적인 것은 전항에서 언급했지만, 그러면 예를 들어 측정 대상 접지극의 크기, 접지계의 넓이에 대하여 구체적으로 어느 정도로 거리를 잡으면 좋을까라고 하는 것도 측정상 많이 생기는 문제이다.

문헌에 따르면, 전류 보조극은 측정 대상 접지계의 최대 길이의 2배라든가, 3배, 5배, 10배 등 다양하며(조건이 있는 경우도 있지만), 전위 보조극은 접지계에 대하여 전류 보조극의 반대측으로, 전류 보조극보다 큰 거리를 잡으므로 상당히 차이가 있는 값이 나타내어진다. 또 이들 문헌에서는 이론적인 근거는 기술되어 있지 않은 경우가 많다.

여기에 전위 강하 곡선과 대비하여 검토된 문헌이 있으므로 소개한다.

단, 접지 전극은 복잡한 형은 아니며, (a) 수평에 놓여진 원판형 전극, (b) 반구형 전극, (c) 매설 지



〈그림 17〉 각 전극형태와 치수

〈표 9〉 원판 도체의 전위강하율

이격거리(m)	0	0(56.4)	56.4	112.8	226	339	564	790	1128	1805
(환산)직경의 배수	도체전위	도체끝	0.5	1	2	3	5	7	10	16
%	100	100	52.3	34.0	20.1	14.3	9.1	6.7	4.8	3.0

주 : 1. 100m×100m의 정방형판을 원판으로 환산 · 환산 직경 112.8(m)
2. 이격거리, 배수 모두 도체 끝부터. 따라서 X=x+56.4로 계산

〈표 10〉 반구 도체의 전위강하율

이격거리(m)	0	0(45.7)	45.7	91.4	183	274	457	640	914	1462
(환산)직경의 배수	도체전위	도체끝	0.5	1	2	3	5	7	10	16
%	100	100	50	33.3	20	14.3	9.1	6.7	4.8	3.0

주 : 1. 100m×100m×20m의 지하 구조체를 반구로 환산 · 환산 직경 91.4(m)
2. 이격거리, 배수 모두 도체 끝부터, 따라서 계산은 (거리+45.7)
3. 반구 반경 γ이 100%, 거리 γ_1의 점 전위는 100×γ/γ_1

〈표 11〉 매설 지선, 심타환봉 전극의 전위강하율

이격거리(m)			0	0	50	100	150	200	300	400	500
도체길이의 배수			도체전위	지표면전위	0.5	1	1.5	2	3	4	5
전위%	매설지선	직선방향*1	100	56.5	10.4	6.5	4.8	3.8	2.7	2.1	1.7
		중점직각 방향*2	100	53.5	8.9	4.9	3.3	2.5	1.7	1.3	1.0
	환봉전극*3		100	60.9	16.5	10.1	7.2	5.5	3.8	2.8	2.3

주 : *1 : 도체 길이 100(m)(=2l), 직경 0.01(m), 매설 깊이 0.5(m), 이격거리는 매설지선의 끝부터.
따라서 식(3)의 x는 끝에서의 거리 +50(m)이다.
*2 : 도체길이, 굵기, 매설깊이 *1과 같음. 이격거리는 중점부터. 따라서 식(d)의 x와 같음.
*3 : 심타봉 길이 100m(=2l), 직경 0.066(m), 전극봉 상부 매설 깊이 0.5(m), 이격거리는 전극봉의 윗부분부터.
따라서 식(e)의 x와 같음.

선-매설 방향의 연장상, (d) 매설 지선-중점에서 직각 방향, (e) 심타(매설-보링(Boring))전극의 5가지이다. 그림 17에 설명도를 나타낸다. 각각의 전위의 계산식을 나타내면 다음과 같다.

$$\text{(a) } V=\frac{\rho I}{2\pi}\cdot\frac{1}{r}\cdot\sin^{-1}\frac{r}{x} \quad \cdots\cdots (8)$$

$$\text{(b) } V=\frac{\rho I}{2\pi}\cdot\frac{1}{x} \quad \cdots\cdots (9)$$

$$\text{(c) } V=\frac{\rho I}{4\pi}\cdot\frac{1}{l}\log_e\frac{x+l+\sqrt{(x+l)^2+d^2}}{x-l+\sqrt{(x-l)^2+d^2}} \quad \cdots\cdots (10)$$

$$\text{(d) } V=\frac{\rho I}{4\pi}\cdot\frac{2}{l}\log_e\frac{l+\sqrt{l^2+x^2+d^2}}{\sqrt{x^2+d^2}} \quad \cdots\cdots (11)$$

$$\text{(e) } V=\frac{\rho I}{4\pi}\cdot\frac{1}{l}\log_e\frac{2l+d+\sqrt{(2l+d)^2+x^2}}{d+\sqrt{d^2+x^2}} \quad \cdots (12)$$

여기에,

r : 원판의 반경(사각판인 때는 환산치)(m)

x : 대상 전극에서 전위 측정 점까지의 거리(m)
단, a, b, c는 전극의 중심에서
d는 전극의 중점에서
e는 전극의 바로 위에서

2l : 매설 지선 또는 심타 전극의 길이(m)

d : 동매설깊이(m)

지금 이들의 식을 써서 전극 끝에서의 거리 x(m)에 대한 전압 강하율을 %로 나타내면 표 9, 표 10, 표 11과 같이 된다.

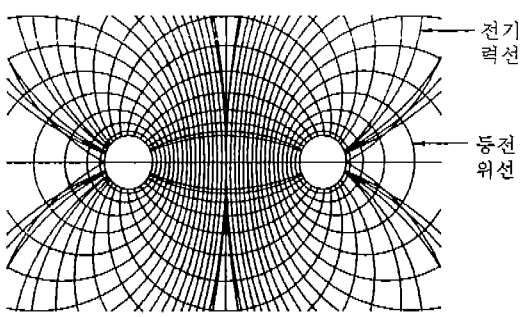
표 9~11을 보면, 전위 곡선의 강하율은 상당한 거리까지 저감하지 않음을 알 수 있다. 특히 지표에 놓인 원판, 반구 전극에 있어서는 직경의 16배의 거리를 띄워야 겨우 3%가 된다. 구조체 접지극의 측정인 경우 유의하지 않으면 안된다. 매설지선, 심타 전극의 경우는 대략 전극 길이의 5배 거리를 띄우면 3~1%의 범위 정도 강하한다.

그러나 여기에 또 문제점이 있다. 그것은 상기의 표 9~11은 전류 주입점(또는 유출점)을 무한 원점에 놓고, 즉 접지극의 전위가 무한 원점에 대하여 100% 상승하고 있을 때의 계산식이다. 현실로 우리가 측정하고 있는 것은 유한의 거리, 그것도 비교적 가깝다고 생각되는 점에 전류 보조극을 설정하고 있다(또 지락 사고 등에 의해, 접지극에 전류가 흐르는 경우는 무한 원점이 아니라 유한점이다). 전위 보조극을 측정 대상극의 사이에 두고 전류 보조극의 반대측에 설치할 때는 표 9~11을 참고로 가상 무한 원점을 정하면 좋지만, 문제는 그림 14처럼 전위 보조극을 설정하지 않으면 안되는 경우이다(현장에 있어서는 많이 발생한다).

참고로 두 개의 같은 치수의 환봉 전극 사이에 전류를 흘릴 때 그 사이의 전기력선(전류선), 등전위선이 어떻게 되어 있는가를 표시하면 그림 18과 같다. 전극과 전극을 연결한 직선 상에서는 등전위선이 고루 미침을 잘 알 수 있다. 즉 이 때에는 표 9~11을 적용하는 것은 불가능하다.

여기에 필자 등이 전기설비학회의 연구위원회에서 실측한 하나의 실시 예를 소개하자면 다음과 같다.

1변 20m의 정방형이며, 중앙에 십자 도체를 접



〈그림 18〉 환봉접지전극간, 전류분포, 전위분포설명도

〈표 12〉 MESH 접지 · 외측전위 분포예(현지 실험)

이격거리(m)	0	0	10	20	30	40	50
한변길이의 배수	도체전위	도체직상	0.5	1	1.5	2	2.5
%	100	42.1	8.6	3.5	1.7	0.8	0.3

주 : MESH는 20m×20m, 정방형, 4 MESH 전류 보조극까지의 거리 150m, 위의 표는 그 중간 60m 부근에서 전류 보조극의 전위 곡선에 들어간다.

속, 田자로 한 4 MESH 접지극의 전위 강하율을 측정한 바 표 12와 같다. 이 표에서 50m 근방에서 근사 수평부가 되었음을 알 수 있다. 전류 보조극은 직경 14mm, 길이 3m의 환봉을 6극 3m 간격으로 박아 넣은 것이므로, 합성 접지 저항은 61Ω이었다. 또 MESH 접지극의 접지 저항은 21Ω이었으므로 대략 1 : 3이 된다. 전위 분포의 가상 영점까지의 거리는 50m : 100m이며, 1 : 2이다.

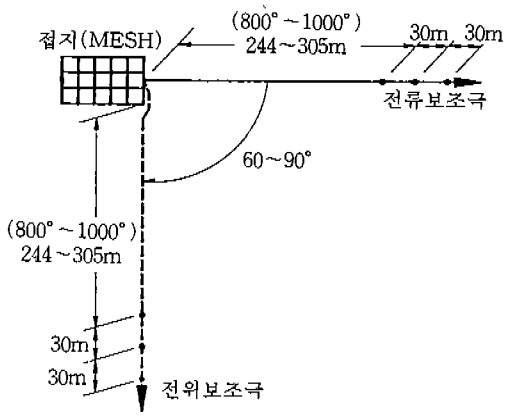
접지극의 규모에도 따르지만, 대상 접지극과 전류 보조극의 거리를 충분히 잡는 경우는 전위 보조극은 그 중점이라도 좋지만, 대상 접지극과 전류 보조극의 접지 저항의 차가 큰 경우는 전위 분포 곡선을 그리고 나서 가상 영점을 구하는 것이 좋으리라 생각한다. 또 분포의 측정점은 7분할 6점 정도가 좋을 듯하다.

다음으로 보조 배선의 굵기에 대해서는 통전 전류치를 그 전선의 허용치 이하로 하는 것은 물론이지만, 거리가 길어진다면 전류치에 따라서는 전압 강하가 상당히 커진다. 사전에 계산, 검토해 두면 좋겠다.

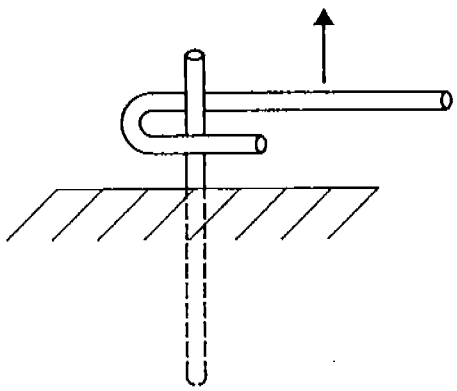
전위 보조선에 대해서는 굵기는 문제가 없으며 기계적 강도에서 0.75mm²정도로 충분하다. 후기한 유도 장해를 제거하기 위하여 단심 실드선을 이용한다면 더욱 좋으리라 생각한다. 접지 저항계와 같이 mA대의 전류를 다루는 경우는 보통의 단심 비닐 코드(1.25~0.75mm²)정도로 문제는 없다.

3.4 AIEE(현 IEEE의 전신)의 보조 접지극 설정법

보조극, 보조 배선의 설정에 대해서는 참고가 되리라 생각되므로 AIEE의 측정 방법을 소개해 두고 싶다.



〈그림 19〉 보조전극 설정예(AIEE 보조접지극 설정법)



〈그림 20〉 전극 뽑는 기구의 예

그림 19처럼 전류 보조극과 전위 보조극을 배치한다. 먼저 전류 보조극을 250~300m 지점에서 3점 30m씩 증가하면서 전압을 일정하게 하고 그때마다 전류를 흘려 3점의 눈금이 거의 동일할 때까지 1점씩 위치를 옮겨간다. 거의 일정하게 된 곳에서 가장 먼 점을 전류 보조극이라 한다.

전류 보조극의 위치가 결정된다면 전위 보조 배선을 그림 방향으로 연결하여 같은 250~300m점에서 3점씩 30m의 거리를 놓아 그때마다 전류극에서 전류를 흘려 3점의 눈금이 거의 동일하도록 1점씩 위치를 옮겨간다. 거의 동일하게 된 곳에서 가장 먼 점을 전위 보조극이라 한다.

전류 보조극을 이동하는 것은 다소 힘이 들지만 전류치는 수 %의 차를 알 수 있는 정도가 좋으므로 1회마다 깊게 박아 넣는 것은 아니다. 결국 접지 저항 측정용의 전류치는 최종 단계에 설정하면 좋겠다. 또 1회마다 접지극을 뽑을 때 해머 등으로 봉의 측면을 때려 대지의 마찰을 완화시켜 빼는데, 그때 그림 20과 같이 철봉을 U자형으로 구부려 둔 자물쇠의 요령으로 뽑아 내면 비교적 뽑기 쉽다.

4. 노이즈의 문제

제2절에서 언급한 JIS의 접지 저항 측정기 성능의 하나로 지전압의 영향에 대한 규정이 있지만, 대지는 결코 영전위가 아니라 늘 어느 정도의 전위를 가지고 있다고 생각해야 한다. 주로 AC 상용주파수의 정전 유도, 전자 유도에 따른 유기 전압이지만, 직류, 고주파(전파) 등에 기인하는 전위도 드물지 않으며 또 제2종 접지로 역류하는 누설 전류에 의한 전위도 있다.

통상은 1V 미만이지만 때로는 수 V에서 10V를 넘는 것도 장소에 따라서는 보인다. 수 V 이상의 경우는 특별 고압, 초고압 송전 선로의 부근 대지에서 가끔 보이지만 그 외의 장소에서는 상기의 누설 전류와 용접기의 Return 전류 등이 이런 높은 지전압을 만들어 내는 일이 많다. 전자의 경우는 측정기, 측정 방법으로 예방하는 법밖에 없다고 생각되지만, 후자의 경우는 가능한 한 원인을 조사하여 제거하는 노력을 하는 편이 좋으리라 생각한다.

JIS에 의한 직독 측정기의 경우는 규정에서 앞서 언급한 것처럼 일단 AC 10V(50~60HZ)까지는 소정의 허용 오차 이내에 들어가 있는 것이지만, 그럼 10V를 넘는다면 어떻게 할까, JIS의 허용 범위를 보더라도 알 수 있듯이 10V 전후에서는 상당히 신뢰성이 낮으리라 생각하는 편이 좋다.

결국 직독계에 의한 측정은 앞서 기술한 것처럼 원인을 조사하여 제거하거나 다른 측정법으로 전환하는 편이 옳은 측정을 기대할 수 있기 때문이다.

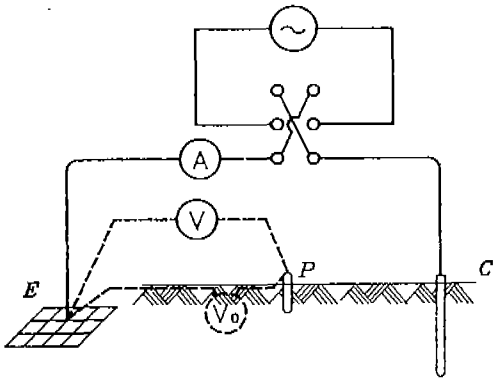
다른 측정법으로서는 「전위 강하법」, 「이주파수

측정법」 등을 생각할 수 있다. 이들은 발변전소, 특고수전소 등의 MESH 접지와 같은 대규모 접지의 저항 측정에 쓰이는 방법으로 전위 강하법에 관해서는 측정예가 설명되고 있지만 본 항에서는 문제점을 제기한다는 의미에서 이론 또는 원리에 대하여 말하고 싶다.

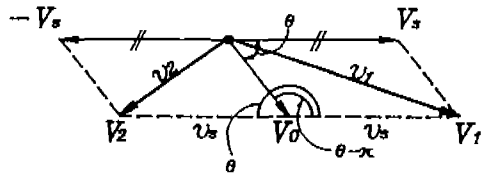
4.1 전위 강하법의 계산에 따른 대지 전압의 제거

이 방법은 많은 교과서, 리포트에 결론만 나타내어, 현장에서도 많이 사용되고 있기 때문에 알고 계신 분도 많으리라 생각되지만, 여기서는 다음의 단계로 필요하다고 생각되므로 식의 도출에 대하여 언급해 두고 싶다.

그림 21에 있어서 V_0을 지전압이라 한다. 이것은 V_1, V_2에 포함되어 있다. 지금 전류의 전환 스위치를 반전하면 V에 나타나는 전압은 위상이 180° 반전하게 된다(회로의 인덕턴스는 생략하고 있다). 한편 V_0은 정값이므로 V_1과 V_0의 위상차를 적당히 판정하여(어디에서도 좋음) 벡터 그림을 그리면 그림 22와 같다.



〈그림 21〉 노이즈(V_0)의 제거



〈그림 22〉 노이즈(V_0)의 제거 벡터도

V_S는 측정 전원에 따른 전압, $-V_S$는 그 반전한 전압, V_S의 편측의 벡터와 V_0의 위상차를 θ라 하면, 측정기에 나타나는 전압 V_1, V_2는 그림과 같이 된다.

먼저, $\triangle V_0 0 V_2$에 있어서 cos정리에 의해(꼭지각은 엇각에 의해 θ로 같다),

$$v_s^2+v_0^2-2v_sv_0\cos\theta=v_2^2 \quad \cdots\cdots (i)$$

같은 방법으로 $v_s^2+v_0^2-2v_sv_0\cos(\pi-\theta)=v_1^2$ …… (ii)

$$\cos(\pi-\theta)=-\cos\theta$$

$$\therefore v_s^2+v_0^2-2v_sv_0\cos\theta=v_1^2 \quad \cdots\cdots (ii)'$$

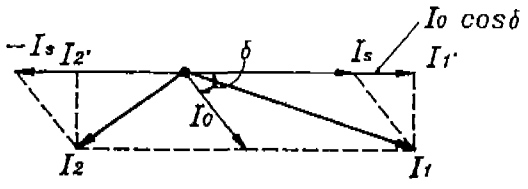
$$(i)+(ii)'=2v_s^2+2v_0^2=v_1^2+v_2^2$$

$$\therefore v_s=\sqrt{\frac{v_1^2+v_2^2-2v_0^2}{2}} \quad \cdots\cdots (13)$$

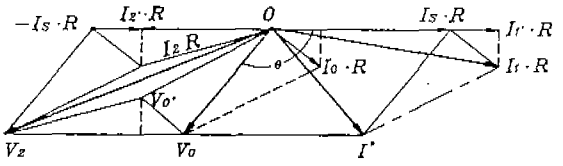
식 (13)이 답이지만, 가끔 측정 보고서 등에 v_0^2의 2배를 생략하거나 $(v_1^2+v_2^2-2v_0^2)$의 평방근을 구하고 2로 나누거나 하는 것을 가끔 보지만, 식의 도출을 알고 있다면 그러한 실수는 없어지리라 생각한다. 문제점으로서는 (13)식은 일반적인 경우에 V_S의 방향을 전환할 때의 전류치가 같은 경우이다. 대부분의 경우는 전류치는 반전하더라도 같으며, (13)식을 적용하여 지장은 없지만, 때에 따라서 앞서 말했던 초고압 송전선의 부근 등에서 전류 보조극과 측정 대상극의 전위차가 커져, 전선으로 연결하면 전류가 흐르는 것이다. 측정 전류를 충분히 크게 하여(대지 전류분이 독해 오차 이내로 되는 정도) 측정하면, (13)식을 적용하여 좋으리라 생각하지만, 전류 보조극의 저항치에 따라서는 그렇게는 되지 않는 경우도 많다. 그 때는 다음과 같이 계산한다.

먼저 지선류(상기 전선으로 By Pass된 전류)를 I_0라 한다. 측정 전류 I_S와 I_0의 위상이 다르므로 그림 23과 같이 전류만의 벡터를 그린다.

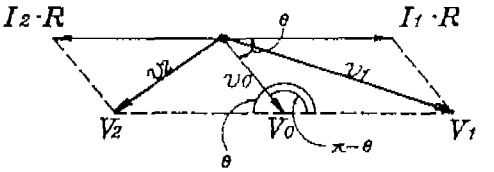
I_0은 전원을 차단하여 절연 변압기의 입력 단자



〈그림 23〉 I_S계산 벡터도



〈그림 24〉 I_0의 위상이 I_S와 다를 때의 벡터도



〈그림 25〉 I_0와 I_S의 위상이 같을 때 벡터도

를 측정하고(측정 Range를 변화시키면 좋다. 단락 리드선은 I_0측정 후 반드시 떼어 낼 것), V_0도 동시에(I_0을 흘리고 있을 때) 측정한다. 다음에 측정 전류를 흘려 I_1, V_1, I_2, V_2를 측정한다.

전류의 벡터 그림(그림 23)에서, 식 (13)의 요령으로 I_S를 계산한다.

$$I_S=\sqrt{\frac{I_1^2+I_2^2-2I_0^2}{2}}$$

다음에 전압 벡터 그림을 그린다. 그림 24에 나타낸다.

R를 E극의 접지 저항이라 하면, V_0은 원래의 지전압 V_0'과 $\dot{I}_0$(I_0은 벡터의 의미 이하 동일)과, R의 적 $\dot{I}_0 \cdot R$의 벡터의 합이 된다. 또 V_1은 측정을 위해서 전류 $\dot{I}_S$에 따른 전압 $\dot{I}_S \cdot R$과 V_0의 벡터의 합이 된다(V_2도 같은 방법, 단 $-I_S \cdot R$). 따라서 위 상각 θ를 그림과 같이 $\dot{I}_S \cdot R$로 부터 잡으면 (13)식과 같은 형이 되며,

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

$$R=\frac{V_S}{I_S}(I_S\text{는 (14)에서 산출한 전류})$$

만약 이 때, I_0과 I_S가 동위상이라면,

$I_0=(I_1-I_2)/2$ 결국 $I_1-I_0=I_2+I_0$이 된다.

이 때는 I_0는 소거된다. 즉 (13)식의 도출과 같도록 하여, 단 벡터 그림은 그림 25와 같이되며,

$$v_1^2=v_0^2+(I_1 \cdot R)^2-2v_0(I_1 \cdot R)\cos\theta \quad \cdots\cdots (\text{iii})$$

$$v_2^2=v_0^2+(I_2 \cdot R)^2-2v_0(I_2 \cdot R)\cos(\pi-\theta) \quad \cdots (\text{iv})$$

이번은 $\cos\theta$의 항은 이대로는 소거할 수 없다.

(iii)$\times I_2$, (iv)$\times I_1$이라 한다면,

$$v_1^2 \cdot I_2=v_0^2 \cdot I_2+I_2(I_1 \cdot R)^2-2v_0 \cdot I_2 \cdot (I_1 \cdot R)\cos\theta \quad \cdots\cdots (\text{v})$$

$$v_2^2 \cdot I_1=v_0^2 \cdot I_1+I_1(I_2 \cdot R)^2+2v_0 \cdot I_1 \cdot (I_2 \cdot R)\cos\theta \quad \cdots\cdots (\text{vi})$$

(v)+(vi)

$$v_1^2 \cdot I_2+v_2^2 \cdot I_1=v_0^2(I_1+I_2)+I_1 \cdot I_2 \cdot (I_1+I_2) \cdot R^2$$

$$\therefore R=\sqrt{\frac{v_1^2 \cdot I_2+v_2^2 \cdot I_1-v_0^2(I_1+I_2)}{I_1 \cdot I_2 \cdot (I_1+I_2)}} \quad \cdots\cdots (15)$$

(15)식에 있어서, $I_1=I_2=I$라 둔다면 (13)식이 도출된다. 단, ($V_S=I \cdot R$)이다. 또, I_0을 측정하여 (14)식을 쓰더라도 동일의 답이 된다.

4.2 전위 강하법에 의한 측정 전류치의 문제

전항과 같이 지전압이 수 V 이상인 경우에는 측정 전류를 어느 정도 흐르게 하면 좋을까. 많이 흐르게 하면 많은 만큼 좋은 것은 알지만, 전류 보조극, 전원 장치의 준비가 큰일이 되어 한계가 있다. 이것도 측정 계획을 세울 때 자주 문제가 되는 점이다. 전력 회사 등에서는 접지극의 상승 전위에서 표준 10V, 2~12V라고 하듯이 내규로 결정되어 있는 듯하지만, 보조 접지극에 비용과 노력을 충분히 기울이는 것이 가능한 경우는 좋다고 하여, 통상은 간단히 철거하기 쉽다고 생각하는 것이 보통일 것이다.

측정 원리에서 말하자면 V_0이 몇 V일까 벡터 그림을 그릴 수 있어 계산이 가능하다면 문제는 없지만, 필자는 다음과 같이 생각하여 실시하고 있다.

MESH 접지이건, 구조체 접지이건 대규모 접지체의 접지 저항은 개략 파악하고 있다고 한다(직독 측정기를 사용하면 좋다. 또 지전압도 측정하여 둔다).

지전압이 측정되었다면 측정 전류는 대상 접지극의 전위 상승이 적어도 그 지전압보다 큰 값이 되도록 계산하여 정하는 것이다.

단, 최저한으로서는 전위 상승치로 2V를 목표로

최악의 경우라도 1V가 되도록 하고 있다.

어쨌든 명확한 근거가 특별히 있는 것은 아니다. 경험적으로 취급하기 쉬운 값을 언급하는 것이다.

상기의 값보다 적은 값이더라도 3~4점 전류치를 바꾸어 측정하고, 각각의 사이의 오차가 적지 않으면 별로 지장은 없으리라 생각한다. 전류치를 바꾸어 결과가 다소 다르게 되는 경우에는 전류치가 최대인 곳을 채택한다. 만일 크게 다르다면 전류 보조극 위치를 바꾸는 등 전류치를 증가시키는 방법을 고안한다.

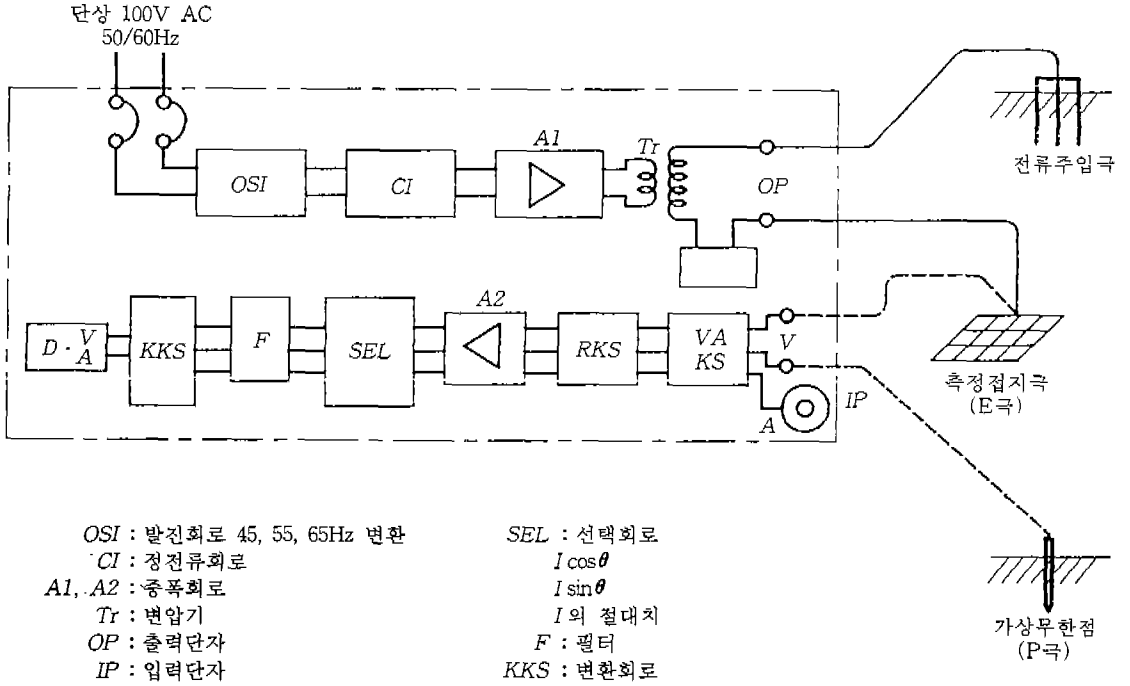
전류 보조극의 저항치가 높은 경우는 시험 전압을 높게 하지 않으면 안되는 경우도 있다. 특별한 승압 Transformer(절연 Transformer를 겸용)를 설치하거나, 배전용 변압기에 (6kV/200V, 100V)를 2대 이상 조합시키거나 하는 경우도 많지만, 절연 및 안전(감전)에 충분한 주의를 기울이기를 바란다.

4.3 이주파(異周波)에 의한 측정

앞서 말한 듯이 노이즈는 상용 주파수에 의한 것이 반이상을 차지한다. 따라서 측정에는 상용 주파를 피하면 문제는 해결될 것이다. 그렇지만 실제로는 문제가 남아 있다.

JIS의 접지 저항 측정기도 기술하였듯이 시험 전류는 이주파를 사용하고 있다. 그러나 지전압에 의한 영향에서 보듯이 상당히 큰 오차가 허용되고 있다. 필터의 성능을 향상시킨다면 해결되는 것이겠지만, 이번은 입력 손실이 커지게 되어 한계가 있는 듯하다.

그러나 측정기기의 물리적 크기나 중량 등에 제한을 하지 않는다면 이상에 가까운 측정기를 제작하는 것은 가능하리라 생각되고, 한 개의 케이스에 넣어진 측정기로 이주파를 발생시켜 대형 전력 증폭기에 의해 출력을 크게 하며, 한편으로 성능이 우수한 필터를 써서 정확한 측정을 시도하는



OSI : 발진회로 45, 55, 65Hz 변환
CI : 정전류회로
A1, *A2* : 증폭회로
Tr : 변압기
OP : 출력단자
IP : 입력단자
VAKS : 입력전압 · 전류 변환스위치
RKS : Range 변환
SEL : 선택회로
$I\cos\theta$
$I\sin\theta$
I의 절대치
F : 필터
KKS : 변환회로
$D\cdot\frac{V}{A}$: 디지털 *V*, *A* 미터

〈그림 26〉 이주파 접지 저항 측정기 주요부 설명도

「이주파 접지 저항 측정기」가 제작되고 있으므로 소개한다.

이 측정기의 주요부의 블록도를 나타내면 그림 26처럼 되어 있다. 측정은 출력 단자에서 주파수 45Hz(55Hz 또는 65Hz)의 전류를 측정 대상극 E극과 전류 보조극 C극 사이에 흘려, E극의 전위 상승치(가상 영전위점에 설치한 전위 보조극 P극에서의)를 필터를 통하여 45Hz(55Hz 또는 65Hz)분만 읽고 내용을 이해하도록 되어 있다. 원리는 전위 강하법 그것이다.

출력은 45, 55, 65Hz라 하더라도 1A 또는 2A 설정의 정전류 회로로 되어 있으며 1A에서 측정할 때는 입력의 전위가 그대로 E극의 접지 저항치가 된다. 45~65Hz는 상용 주파수를 벗어나게 하기 위해 설정한 것이므로 상용 주파의 V_0도 I_0도 관계없이 측정할 수 있을 것이다.

출력 전압은(정전류 회로이기 때문에) 자동 가변이 되지만, 상한은 1A일 때 200V, 2A일 때 100V라 되어 있으며 이것보다 높게 되면 보호 회로가 동작한다.

따라서, 측정 범위는 200V, 1A일 때 E극, C극의 접지 저항의 합 및 보조 배선의 저항을 포함하여 200Ω, 100V 2A일 때는 50Ω 이하라는 것이 되지만 MESH 접지 등의 측정에는 C극의 저항치를 되도록 작게 하므로 대부분의 측정은 가능하리라 생각된다.

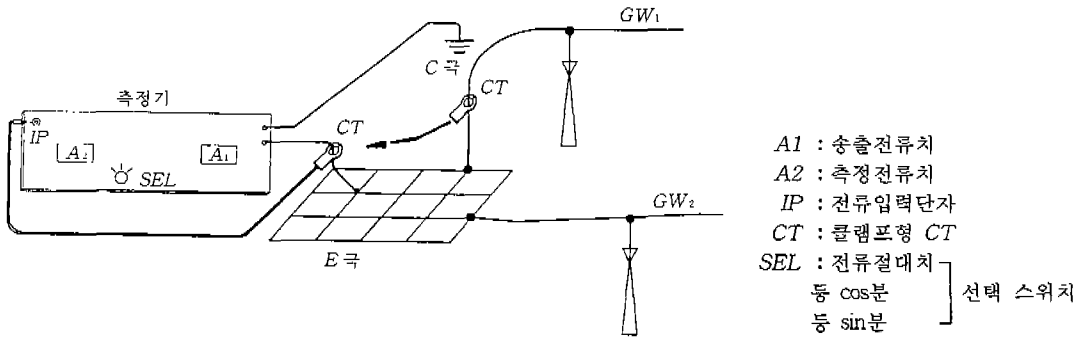
게다가, 이 측정기의 특징은 그림 26의 입력부의 전류 단자에서 이 단자는 그림 27과 같이 MESH 접지에 송전선의 GW(Ground Wire)가 접속되어 있을 때 이 GW에 분류하는 전류(45~65Hz분)를 클램프형 CT로 거두어 돌이고, 이 전류의 절대치 $|I|$(A), 송출 단자 전압에 대한 I cos분치, I sin분치가 전환되어 측정되도록 고안되어 있다. MESH로의 유입 전류에서 GW로 분류하는 전류를 각 컴포넌트에서 빼면 각각 단독 전류치를 측정할 수 있다.

단, 이 전류(예를 들면 MESH만의 전류)로 전위 상승치를 나눈 값이 즉 MESH의 접지 저항이라고 할 수는 없다. 물론 근사적으로는, 또한 안전 측면으로는 좋다고 한다면 그것으로 지장은 없지만 경우에 따라서는 상당한 오차를 생기게 할 우려가 있다.

이것은 특별히 이 측정기 독자의 것이 아니라 병렬 접지 전반에 관계하는 문제이며, 전극을 몇개 집합시켜 병렬로 사용한 경우 그 합성 저항은 저항 구역과 상호 저항의 작용에 따라서 기계적으로 병렬 계산한 값보다 크게 된다. 그 비를 집합계수(동종 접지극을 병렬로 한 경우), 병용 계수(이종, 예를 들면 MESH 접지와 보링 접지극) 등이라 부르며, 1보다 큰 값을 취하는 것은 접지 관계 책에 상세히 설명되어 있는 바이다.

결국 합성 저항치는 각각의 접지 저항의 병렬 계산치 보다 크게 되며, 바꿔 말하면 병렬로 쓰고 있을 때는 각각의 전극에 유입하는 전류는 개별로 사용하고 있을 때보다 같은 전위 상승에 대하여 적게 되어 있는 것이다. 즉 저항치가 크게 산출되는 것이다.

지금 문제가 되고 있는 GW관계의 접지가 아닌



〈그림 27〉 이주파 접지 저항 측정기 · 분로 전류측정 설명도

MESH 접지극의 저항치를 저감하기 위해, 보링 접지극 등을 병용하고 있는 경우는 통틀어 접지 저항이므로 MESH 그 것의 저항치를 재더라도 그다지 의미는 없으며 또 측정시에는 보링 접지극을 분리하지 않으면 정확한 측정이 불가능하지만, GW관계의 접지는 보통 MESH 접지 저항 중에는 포함하지 않는다. 따라서 MESH 만의 접지 저항치를 정확히 파악하고 싶은 경우는 GW를 분리할 필요가 있다고 생각된다.

물론 안전 관점이므로 보수 감시의 의미에서 규정치와의 비교 등에 쓰이고 있는 것이라면 아무런 지장없는 유용한 방법이라 생각된다.

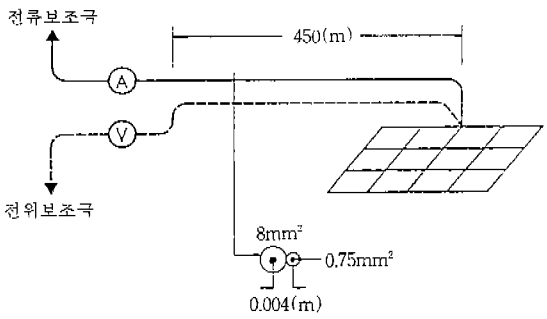
단, 필자로서는 대규모 접지계에서는 비교적 대전류로 측정하고 싶다는 생각을 버릴 수 없다. 상용 주파가 사용된 접지계이고, 상용 주파로 측정 가능하다면 그 쪽이 좋으리라 생각하기 때문이다.

4.4 실드의 문제

측정선, 측정기로의 노이즈가 정전 유도인 경우는 실드 금속판 및 실드 전선을 사용하는 방법이 자주 쓰인다.

그러나 이 경우 접지(실드의)가 문제이며, 예를 들어 넓은 면적에 많은 접지극을 설치하는 경우 등으로 전극의 부근에서 측정할 때 부근의 대지상에 측정기를 놓고 접지극을 박고, 측정기와 보조 배선의 실드를 소위 「EARTH(어스)」하는 것을 간혹 볼 수 있다.

많은 경우, 대지 전위가 이미 감쇠한 지점에서



〈그림 28〉 전류 주입선과 전위 보조선간의 전자유도 예

실드의 접지가 되기 때문에 특별히 고장은 발생하지 않는 듯하지만, 정확히는 영향을 받고 있다고 생각하지 않으면 안된다. 또 측정기를 고무판 등(비유전율이 상당히 높다)의 위에 놓는 일도 정전 유도를 받기 쉽다. 이러한 때는 그 측정기의 아래 부분에(고무판 위에) 동박판을 깔고, 실드 전선의 실드와 함께 일점 접지로 가상 영전위점에 연결하면 좋다(측정기 부분까지 와 있는 영전위의 단자로 좋다).

전자 유도에 관하여는 접지에 관한 문헌은 거의 발견되지 않지만 상용 주파수에 의한 유도는 있더라도 극히 사소하다고 생각되므로 별로 큰 문제는 아니라고 생각되나, 여기에 전류 주입선과 전위 보조선이 장경(타원의 가장 긴 직경)간 평행하고 있는 측정에 있어서 유도 전압을 계산한 예가 있으므로 소개한다.

그림 28에 있어서 평행하고 있는 2도체간의 상호 인덕턴스 M은,

$$M \fallingdotseq \frac{\mu_0}{2\pi} l \left(\ln\frac{2l}{d} - 1\right) \quad \cdots\cdots (17)$$

로 계산된다.

l은 평행하는 거리, d는 심선간 거리로 그림 대로임.

μ_0는 공기의 μ_0 투자율로 $\fallingdotseq 4\pi\times10^{-7}$으로서 식 (17)을 계산하자면,

$M \fallingdotseq 1.02\times10^{-3}$(H)이 된다.

유도 전압 e_m은,

$e_m = -M\frac{di}{dt}$에서 $i = I\cos\omega t$, $I = 1$(A), $\omega = 2\pi f$, $f = 50$Hz이라 하면,

$e_m = 0.302\sin\omega t$이 되며, 실효치로는 $E_m = 0.214$(V)가 된다. MESH 접지분의 전위 상승치 (저항분)은 0.3V 이었으므로 볼트 미터 V의 값은 $V = \sqrt{0.3^2 + 0.214^2} = 0.368$이 되며, 0.3Ω에 대해 약 20%의 오차가 생긴다.

실제로는 양선이 이렇게 밀착하는 것은 아니며, 또 양선 간을 떨어뜨리면 M은 상당히 감소하므로 E극의 상승 전위를 2V라 하면 먼저 이 전자 유도는 고려하지 않아도 좋으리라 생각한다. 어쨌든 전류선과 전위선은 평행해서는 안되며, 또 떨어지는 때도 m단위로 이격하는 편이 좋다고 생각한다.

5. 기 타

(1) DC 측정의 문제

접지 저항 측정에는 전극과 대지의 극성 작용 때문에 오래 전부터 교류, 또는 비교적 주파수가 높은 구형파에 가까운 교번 전류가 사용되어 오고 있다.

그러나, 유도 문제 등이 클 때는 직류에 따른 측정도 재평가되어도 좋지 않을까, 대전류의 제어도 가능한 사이리스터도 비교적 싼 값으로 제작할 수 있게 되었다(단, 직류의 개폐는 TRI ARC와 같이 간단하지는 않을지 모르겠지만).

또 비교적 큰 Ah용량을 갖는 축전지도 최근은 밀폐되어 Compact하게 되어 사용하기 쉽게 되어 있기 때문에 이것을 전원으로서 1~2, 3Hz정도의 교번 전류에서 측정을 시행하여 보고 싶다고 생각하고 있다.

(2) 고입력 임피던스 계기의 문제

측정 대상 접지극의 상승 전위 측정에 최근은 입력 임피던스 1M 이상이라고 하는 진공관 전압계와 디지털 볼트 미터가 사용된다. 이러한 계기는 전위 전극(P극)의 접지 저항과 Wire Clamp의 접촉 저항, 보조 배선의 도체 저항등 완전히 무시할 수 있다고 하는 장점, 유리성을 갖고 있다. 그러나 역으로 이 장점이 반대로 작용하는 일이 있다.

잡음을 제거하기 쉽다고 하는 것은 당연하기는 하지만, 예를 들어 긴 전위 보조선이 도중에 절단된 경우(통상 실드의 접지는 측정기 측에서 편단 접지), 50~70% 정도의 전압을 유도로 골라내 버려 잘못된 측정을 계속해 버린 경험이 있다.

전선의 절단에 대해서는 수일에 걸친 대규모 측정에 있어서, 야간 초원에 배선해 놓았던 실드선을 돌쥐(들토끼)에게 갉아 먹혀 외장마다 절단된 경험이 2번 있다. 전류선은 절단되면 전류가 흐르지 않으므로 곧 알 수 있지만, 전위선에 대해서는 심선과 실드 도체를 Roof로 하고 있기 때문에 도통 테스트를 하는 것을 측정 개시 전의 준비 작업의 하나로 하도록 하고 싶다.

6. 맺음말

접지 저항 측정에 대한 문제점에 대하여 현재 필자가 느끼고 생각하고 있는 것을 나열했다. 표현이 충분치 못한 부분도, 너무 장황한 부분도, 이해하기 어려운 부분도 많으리라 생각되지만, 읽고 해석함에 이해를 구하고 싶다.

접지 저항 측정은 책상 위의 이론적인 학문의 분야는 적으며, 필자는 현장 체험을 쌓는 것이야말로 진보 개척해 가는 길이라고 항상 생각하고 있다. 본 원고에 대한 질의, 의견은 물론이고, 독자 분들이 현장에서 행하신 귀중한 체험을 1건이라도 많은 학회지와 연구 발표회 등에 있어서 발표되기를 거듭 부탁드리며 글을 맺고 싶다.

여름에 주의해야 할 질병—일사병

여름철의 높은 기온이 간접적으로 우리 체온에 영향을 미쳐 탈수와 함께 체온이 상승하면서 생기는 질환을 흔히 일사병이라 부른다.

특히 바닷가 등에서 오랫동안 직사광선을 받으면 일사병에 걸리기 쉬운데 두통, 식욕부진, 구토, 근육경련 등의 증세를 보인다.

단순한 더위먹음과는 근본적으로 달리 고열에 시달리다 못해 체온조절 중추가 기능을 상실해 체온이 40° 이상으로 마구 뛰고 의식 소실이 있어도 오히려 땀은 나지 않는 증상을 보인다.

따라서 예방을 위해서는 강한 직사광선에 노출되지 않아야 하며 가장 따가운 오후 2시는 외출을 피하는 것이 좋다.

혹은 땀을 많이 흘려야 될 상황이 필연적으로 닥칠 때는 미리 충분한 수분을 섭취해 두는 것도 요령이다.