현장의 접지 기술과 접지 시스템
이종선 번역 - 성안당 -

머리말
- 접지라고 하면 한결같이 전력 설비용 접지를 말했는데, 오늘날에는 전자 기기용 접지에 대한 문제가 많이 거론되고 있다.
- 인텔리전트 빌딩의 등장은 접지에 대한 새로운 관심을 불러 일으켰다. 전력용, 전화용, 데이터용 배선이 종횡으로 펼쳐져 있다.
- EMI, EMC라 하더라도 접지와는 밀접하게 결부되어 있기 때문에 이에 대한 문제에서 접지를 빼놓고는 이야기를 할 수 없다.

I 접지의 기초

1. 접지의 역사
p2 : 접지는 전기 설비와 대지 사이에 확실한 전기적 접속을 실현하려는 기술이다.
- 영국식으로는 Earthing, 미국식으로는 Grounding
- 접지의 역사는 1754년 플랭클린의 피뢰침에서 시작되었다.
- 피뢰침은 뇌 에너지를 안전하게 대지로 유출시키기 위한 설비이기 때문에 그 접지판은 대지와 확실하게 접속되어야 한다. 이것이 접지기술의 탄생이다.
- 유선전신은 1835년 모스에 의하여 실용화 되었다.
- 유선전신에서는 본래 왕복 두 줄의 전선을 칠 필요가 있지만, 실제로는 한 줄 밖에 치지 않고 복귀 시에는 대지를 이용한다. 이것을 '대지귀로(earth return)'라 한다. 대지는 전류가 통과하는 성질이 있기 때문에 대지 귀로가 가능하다.

p3 : 1876년 벨이 전화를 완성시켰다. 전화용 가공선 망이 대지에 광범위 하게 펼쳐지고 이들 선로는 낙뢰의 공격에 직접적으로 혹은 간접적으로 노출되어 있다. 선로에 직접 낙뢰했을 경우, 선로는 영향을 받아 '뇌서지'라고 불리는 높고 험한 파가 선로상을 질주하게 된다.
- 이로부터 등장한 것이 '피뢰기'이다. 피뢰기도 피뢰침과 마찬가지로 낙뢰의 에너지를 대지로 유출시키기 위한 것이므로 각 피뢰기는 한끝이 반드시 접지되어야 한다.

p4 : 전력용 접지보다 역사가 오래 되었다는 것을 알려준다.
- 이후 '전력선-통신선간 유도간섭 제거'라는 새로운 문제가 발생함에 따라 벨 전화연구소에서도 접지의 체계적인 연구가 실행되었다.
- 1882년에 시작된 뉴욕의 세계 최초의 배선은 직류 3선식으로(현재의 단상 3선식과 유사) 중성점은 접지 되지 않았다.
- 일본의 교류배전은 1889년 처음 얼마간은 변압기의 2차측을 접지하고 않고 '비접

지 방식'으로 전기를 공급했다. 이 비접지방식은 변압기의 1차(고압)-2차(저압)의 절연이 파괴되면 1차측의 고전압이 그대로 2차측에 침입하여 2차측의 전로의 전위가 비정상적으로 높아지는 위험이 있다. 이것은 '고저압 혼촉사고'라 한다.

- 이러한 종류의 혼촉사고는 세계 각국에서 일어났는데, 그 대책으로 변압기 2차측의 전로를 접지하도록 하였다. 즉, 비접지방식에서 접지방식으로의 전환이다.
- 배전용 변압기 2차측 전로의 접지는 '제 2종 접지공사'에 해당한다.

p5 : 일반적인 교류배전이 접지방식으로 전환됨으로써 전력용 접지를 효과적으로 실시하는 문제가 전력 기술상 중요한 명제로서 주목받게 되었다.

2. 다양한 접지

p6 : 기기접지, 계통접지, 피뢰침 접지, 피뢰기 접지 등이 있다.

- 대지를 회로의 일부로 구성하기 위한 '기능적 접지(대지귀로)'

p8 : 기능적 접지의 특징은 접지전극에 상시 부하 전류가 흐른다는 점이다. 다시 말하면 '동적인 기능적 접지'이다.

- 대지의 중요한 기능으로 전위 안정성이 있다. 도체구인 지구는 거의 무한대의 정전용량을 가지고 있어 아무리 충전을 해도 전위는 올라가지 않는다.

p9 : 전위의 기준점을 공급하는 것이 '정적인 기능적 접지'이다.

3. 접지란 무엇인가

p11 : 접지를 하는 목적은 안전을 위한 것이 있는가 하면, 통신을 명료하게 하기 위한 것도 있고, 대지를 회로의 일부로서 이용하기 위한 접지도 있다.

- 접지되어 있는 설비로부터 접지선, 접지전극을 거쳐 대지로 흘러 들어가는 전류를 '접지전류'라고 한다.
- 접지에서 대지와의 접속불량을 나타내는 지표가 '접지저항'이다. 접지저항이 낮을수록 대지와의 접속이 양호하게 실현된다.

4. 접지저항의 정의

p12 : 하나의 접지전극이 있고, 여기에 접지전류 I가 흘러들고 있다고 가정하자. 접지전극에 접지전류가 유입되면 접지전극의 전위는 접지전류가 유입되기 전에 비해 E만큼 높아진다. 이때 E/I를 그 접지전극의 '접지저항'으로 한다.

5. 접지저항의 일반적 성질

p14 : 접지저항의 주요 부분은 전극을 둘러싼 대지에 나타나는 저항이다.

- 대지저항률이란, 대지 속 두 지점간의 전기통과 난이성의 기준이다.

p15 : 접지저항은 대지저항률에 비례한다. 즉, 동일형상, 동일 치수의 전극의 경우, 대

지저항률이 낮을수록 낮은 접지저항을 얻을 수 있다.

6. 대지저항률에 대한 지식

p16 : 자연계의 토양은 완전히 건조되어 있지 않고, 얼마간의 수분을 반드시 포함하고 있다.

- 수분이 많이 포함된 토양일수록 저항률이 낮다.
- 토양은 금속에 비하면 성질이 약해 반도체라 하는 편이 옳을 것이다.
- 접지전극의 설계에 있어서 전극 자체의 저항이 거의 문제가 되지 않는 것도 금속의 저항률이 주위의 대지에 비해 훨씬 낮기 때문이다.
- 자연계 토양의 저항률은 함수율이나 온도 등 다양한 요인에 지배되고 끊임없이 변동한다. 일반적으로 여름에 낮고, 겨울에는 높다.

7. 반구상 접지전극의 접지저항

p18 : 반구상 접지전극의 접지저항을 $\mathrm{R}[\Omega]$이라 하면 그것은 다음과 같이 표현된다.

$$\mathrm{R}[\Omega] = \frac{\rho}{2\pi \mathrm{r}}$$

8. 접지전극의 저항 구역

p20 : 저항이 증가되는 상태를 보면, 처음에는 빠르게 증가해서 전극 반경의 2배까지의 거리에 전체 저항의 50%가 포함되어 있다.

p21 : 전체 저항의 90%까지로 정하면 $10r$ 까지가 저항구역이 된다.

9. 접지전류에 의한 대지 전위 상승

p22 : 접지전극에 접지전류가 흐르면 접지전극뿐만 아니라 그 주위의 대지에도 전위가 분포한다. 안전상 중요한 것은 지표면의 전위분포이다.

p23 : 접지전극에는 여러 가지 원인에 의해 접지전류가 유입된다.(뇌격전류, 지락전류)

- 접지전극 가까이에 서 있는 사람은 보폭전압에 의해서 감전될 우려가 있다. 중요한 것은 전위 그 자체보다도 오히려 전위경도이다.
- x점의 전위 Vx는

$$V_x = \frac{\rho I}{2\pi x}$$

- 전위를 미분하면

$$\frac{V_x}{dx} = -\frac{\rho I}{2\pi x^2}$$

- 전위경도는 전극에서의 거리 x 의 제곱에 반비례한다. 즉, 전극 부근에서 가장 크

고 이후에는 전극에서 멀어짐에 따라 급속하게 전하된다.
- 전극을 중심으로 위험한 전위경도가 발생하는 범위를 '금지구역'이라 한다.

10. 전구상 접지전극

p24 : 반경 r[m]인 전구상 접지전극이 지중에 깊게 매설되어 있다고 하자. 지표면 및 귀로 전극은 충분한 거리에 있다고 본다.

p25 : 무한거리를 기준으로 한 접지전극의 전위 상승값을 그 때의 접지전류로 나누면 접지저항이 구해진다.

$$R = \frac{\rho}{4\pi r}$$ r : 구 전극의 반경, ρ : 저항률

- x 점에서의 전위 Vx는

$$V_x = \frac{\rho I}{4\pi x}$$

11. 전공간과 반공간의 문제

p26 : 반구상 접지전극의 경우와 같이 지표면을 경계로 하여 전공간의 반이 저항률 ρ의 매질로 채워져 있다고 하자. 이러한 문제를 '반공간 문제'라 한다.
- 전공간에서의 접지전류의 통과 면적은 반공간 문제의 두 배가 된다.

12. 접지저항과 정전용량

p27 : R과 C사이에는 다음과 같은 일정한 관계가 있다.

$$R = \frac{\epsilon\rho}{C} \quad [\Omega]$$

- 정전용량을 이미 알고 있는 전극의 경우, 위 식에 의해 접지저항을 구할 수 있다. 이것은 전공간 접지저항이다.

13. 중합과 영상법 - 매설깊이의 영향

p28 : 반경 r[m]인 전구가 지표면에서 d[m] 깊이에 매설되어 있다고 하자. 접지저항 R은 다음과 같다

$$R = \frac{\rho}{4\pi r} \quad [\Omega]$$

- 지표면에 반구전극의 매설된 경우(반공간), 접지저항 R은 다음과 같다.

$$R' = \frac{\rho}{2\pi r} \quad [\Omega]$$

- 매설깊이 d를 0에서 ∞까지의 값에서 취하는 경우에 접지저항은 R'과 R의 사이값

임을 예상할 수 있다. 엄밀하게 접지저항을 계산하는 것은 어렵지만, 중합과 영상법을 사용해서 개략적인 값을 계산할 수 있다.

14. 병렬접지와 집합효과

p30 : 복수의 접지전극을 공사하여 병렬로 접속하게 된다. 이것을 '병렬접지'라 한다.

- 접지의 경우, 접지저항값이 R인 접지전극 두 개를 병렬 접속했을 때, 합성 접지저항값은 R/2가 되지 않고 약간 커지게 된다. 게다가 접지전극의 간격이 좁아지면 접지저항의 상승이 더욱 커지게 된다. 이러한 현상을 '집합효과'라 한다.

15. 회전 타원체 접지전극(편평)

p32 : 접지저항을 이론적으로 엄밀하게 구할 수 있는 접지전극으로서 회전타원체 접지전극이 있다. 실제로는 사용하지 않는 전극형상이지만 회전 타원체 전극은 구상 전극과 함께 접지저항 이론을 체계화하는데 있어서 중요하다.

- 타원에는 긴지름과 짧은지름이 있다. 타원으로 회전타원체를 만드는 데는 긴지름을 축으로 회전하는가, 짧은지름으로 회전하는가에 따라 형상이 달라지게 된다.

16. 회전 타원체 접지전극(편장)

p34 : 타원의 긴지름을 축으로 해서 회전하여 얻어지는 입체를 편장 회전타원체라고 한다.

- 회전축이 되는 긴지름을 $2l$, 짧은지름을 $2r$로 한다. ($r < l$)
- 편장 회전타원체의 접지저항 R은 다음과 같다.

$$R = \frac{\rho}{4\pi a} ln(\frac{a+l}{r}) \ [\Omega]$$

17. 봉상 전극 - 등가 반경

p35 : 편장 타원체에서 $r \ll l$인 경우

- 봉상 전극의 접지저항 R은 편장 회전타원체의 접지저항 공식으로부터

$$R = \frac{\rho}{4\pi l} ln(\frac{2l}{r}) \qquad [\Omega]$$

- 지표면에서 l까지 박힌 반경 r인 봉상전극의 접지저항 R은 반공간 문제로서

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} ln(\frac{2l}{r}) \qquad [\Omega]$$

18. 원판 전극

p37 : 반경이 r이고 두께가 0인 원판전극에서 접지저항 R은, 전공간 문제로서

$$R = \frac{\rho}{8r} \qquad [\Omega]$$

- 지표면에 수평으로 원판전극이 배치되어 있는 경우, 반공간 문제로서

$$R = \frac{\rho}{4r} \qquad [\Omega]$$

19. 매설지선

p38 : 봉상전극은 접지전극으로서 매우 편리하고 경제적인 형상이다. 그러나 현실적으로는 여러 가지 사정으로 봉상 전극을 사용할 수 없는 경우가 있다. 지중의 얕은 곳에 암반이 존재하는 경우이다.

▸ 편장 회전타원체

- 나전선을 수평으로 얇게 매설하여 접지전극으로 하는 방법이 '매설지선'이다.

p39 : 접지저항 R은

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} ln \frac{l^2}{2rd} \qquad [\Omega]$$

▸ 균등전류법

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} (\ln \frac{2l^2}{rd} - 2) \, [\Omega]$$

▸ 성형지선

- 도선의 전체 길이가 일정하면 일직선으로 매설한 경우가 저항이 가장 낮고, 형상이 복잡해짐에 따라 접지저항이 높아짐을 알 수 있다.

▸ 환상지선

p41 : 원주에 따라 매설 지선을 공사하는 것을 '환상지선'이라 한다. 원주의 지름을 D, 지선의 반경을 r이라 하면, 접지저항 R은

$$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} ln \frac{4D}{r} \qquad [\Omega]$$

▸ 매설지선에 의한 대지 전위상승

p42 : 매설지선은 직선상으로 하고, 단위길이 당 주위로 $I[A/m]$의 전류가 유출된다고 하자. 주의의 대지저항률을 $\rho[\Omega.m]$로 한다. 이때 지표면에 발생하는 전위를 $V(x)$라 하면

$$V(x) = \frac{\rho I}{2\pi} \ln \frac{1}{1+(\frac{x}{d})^2}$$

20. 메시상 접지전극

p43 : 다수의 매설지선을 서로 격자 상으로 접속하여 큰 접지전극을 구성하는 것이 메시상(망상) 접지전극이다.

- 낮은 접지저항을 필요로 하는 발전소나 변전소에서 사용한다.
- 형상이 복잡하기 때문에 접지저항을 정밀하게 예측하는 것은 쉽지 않다.

▸ 등가반경 유도

- 전극의 면적을 $A[m^2]$이라고 할 때, 면적이 동일한 원의 반경 $r[m]$로 하면

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad [m]$$

▸ 매설 깊이의 분류

- 매설 깊이를 $d[m]$로 하면

① $d \gg r$ $\qquad R = \frac{\rho}{8}\sqrt{\frac{\pi}{A}}$

② $d \approx r$ $\qquad R = \frac{\rho}{8r}(1+\frac{r}{2d})$

③ $d \ll r$ $\qquad R = \frac{\rho}{4}\sqrt{\frac{\pi}{A}}$

▸ 메시수와 메시 계수

p45 : 메시상 접지전극에 대한 상세한 구조를 무시하고 구조가 차지하는 최대 면적에만 주목해 왔다.

- 특징적이고 실용상 중요한 것은 메시 수와 '메시 계수 M'의 파악이다.

$$M = \frac{\text{메시수가유한할때의접지저항}}{\text{메시수가무한할때의접지저항}}$$

21. 구조체 접지전극

p47 : 일본공업규격 : '건축물 등의 피뢰설비(피뢰침)에서는 철골조, 철근 콘크리트조, 철골 철근 콘크리트조의 피보호물에 대한 피뢰설비에는 피보호물 기초의 접지저항이 $5[\Omega]$이라하면 접지극을 생략해도 상관없다.'

- 철골조, 철근 콘크리트조, 철골 철근 콘크리트조의 건축물에서는, 그 건축 구조체의 접지저항이 접지봉, 접지판 등에 의한 통상의 접지 공사에서 얻어지는 접지저항보다도 훨씬 낮다는 것이 실측으로 명백해졌다.
- 건축 구조체의 접지저항은, 그 건축이 세워지고 있는 지점의 대지저항률과 건물의 크기에 의해 거의 정해진다.

22. 피뢰설비의 접지

▸ 낙뢰의 피해

p49 : 피뢰설비는 근접해온 낙뢰방전을 확실하게 피뢰설비 쪽으로 끌어들여, 뇌격전류를 안전하게 대지로 흘림으로써 건축물 등을 낙뢰의 피해로부터 보호해 주기 위한 것이다.

- 낙뢰는 구름 하부의 음전하와 지상의 양전하 사이에서 일어나는 방전현상이다.
- 뇌격 전류의 평균적 특성을 구해보면 파고값은 약 30kA, 지속시간은 수십 us이다.
- 낙뢰의 피해는 4개의 분야에 걸치고 있다. 산의 화재, 건조물의 피해, 전력이나 통신 등 공공 서비스의 다운, 사람 및 가축의 피해

▸ 피뢰설비를 요하는 건축물, 공작물

p50 : 건축기준법에 의거해 피뢰설비의 설치가 의무화

- 건축물의 높이가 20m를 초과하는 부분
- 굴뚝, 광고탑, 물탱크, 비행탑 등의 공작물로서 높이가 20m를 초과하는 부분

▸ 피뢰설비의 3부분

- 뇌격을 직접적으로 받아들이기 위한 돌침부 또는 상부도체 '수뢰부'라고 한다.
- 대지까지 뇌격전류를 유도하기 위한 '피뢰도선'
- 대지로 흘리기 위하 '접지극'

▸ 피뢰설비의 접지저항

- 피뢰설비의 접지저항은 JIS A 4201(KS C 9609) 10Ω이하로 정하고 있다.
- 다수의 접지극을 병렬로 접속했을 때 종합 접지저항은 10Ω, 각 접지극을 단독으로 했을 경우에는 50Ω이하여야 한다고 규정하고 있다.

p51 : 피뢰설비의 접지저항은 가급적 낮을수록 좋다.

- 10Ω의 접지전극에 $30kA$의 전류가 유입되면 접지전극의 전위는 $300kV$나 올라간다.
- 높은 전압이 발생하면 부근에 매설되어 있는 가스관이나 수도관에 2차적인 방전(역플래시오버)이 일어난다.

▸ 접지극

- 접지극은 길이 1.5m 이상, 외경 12mm 이상의 강봉, 동봉, 강관, 강판, 동판 등의 접지효과가 있는 금속체를 사용한다.
- 부식성이 큰 물질은 사용할 수 없다.
- 접지극은 지하 0.5m이상의 깊이로 매설할 것.
- 접지극 또는 매설지선은 가스관으로부터 가급적 1.5m이상 떨어진 거리에 시설한다.

▸ 매설지선의 이용

- 대지저항률이 높은 지점에서는 $10\,\Omega$이라는 접지저항을 얻기가 쉽지 않다. 이런 경우에 매설지선의 이용을 인정하고 있다.

▸ 철골조, 철근 콘크리트조. 철골 철근 콘크리트조의 피보호물에 대한 피뢰설비

p52 : 철골조 빌딩에서는 철골을 피뢰도선으로 대신해도 된다. 단 철골에는 단면적 $300mm^2$이상의 동선으로 두 군데 이상의 접지극에 접속한다.

- 철근 콘크리트조의 빌딩에서는 두 가닥 이상의 주철근을 이용해 인하 도선을 대신해도 된다.

p53 : 빌딩기초의 접지저항이 $5\,\Omega$이하인 경우에는 접지극을 생략하고 기초를 접지극으로 이용해도 된다.

▸ 기초의 접지저항 측정법

- 빌딩 기초의 접지저항이 5Ω이하임을 어떻게 확인하는가?
- 빌딩 기초의 접지저항은 빌딩과 대지의 접촉면적 및 빌딩이 세워져있는 대지의 저항률에 의하여 거의 정해진다.
- 빌딩기초의 접지저항을 측정하는 대신에 빌딩 지하부분의 연표면적과 대지저항률에 의해서 빌딩기초의 접지저항을 추정할 수 있다.
- 대지저항률 측정 : 대지저항률 측정기는 통상 베너(Wenner)의 4전극법에 기초하여 대지저항률을 측정한다.

p54 : 건설 지점에서 10m 간격으로 3~4개의 접지봉을 박고 그 접지저항을 측정하여 대지저항률을 역산한다.

p55 : 건축물 지하부분의 연표면적 A와 표면적이 같은 반구의 반경을 r이라 하면

$$2\pi r^2 = A \qquad r = \sqrt{\frac{A}{2\pi}}$$

- 대지저항률 ρ인 대지에 매설된 반구상 접지전극의 접지저항공식으로부터 기초의 접지저항을 구하면

$$R = \frac{\rho}{2\pi r} = \frac{\rho}{\sqrt{(2\pi A)}} \approx \frac{0.4\rho}{\sqrt{A}}$$

23. 병원의 접지

p56 : 의료용 전기기기(ME)로의 전력공급이 정지되면 치명적일 수도 있으므로 전력공급의 높은 신뢰도가 요구된다.

- 의료용 접지방식에서 사용되는 용어로는 보호 접지, 등전위 접지, 노출 도전성 부분, 계통 외 도전성 부분, 접지 간선, 접지 분기선, 의료용 접지센터 보디, 의료용 접지 센터, 의료용 접지 단자, 접지코드 등등

24. 각종 접지공사의 세목

p62 : 각종 접지 공사마다 최소 굵기를 정하여 고장이 났을 때, 흐르는 전류를 안전하게 통과시킬 수 있는 굵기를 사용하도록 규정

- 제1종 접지(지름 2.6mm), 제2종 접지(지름 4mm), 제3종 접지(지름 1.6mm)

25. 접지의 공용과 독립

p67 : 접지를 필요로 하는 설비가 다수 있는 경우, 각각 독립적으로 공사를 할 것인가, 몇 개의 설비를 통합하여 공통의 접지공사를 할 것인가?

- 개별적으로 접지 공사를 하는 것을 독립접지
- 두 개의 접지전극이 무한히 떨어져 있지 않는 한 완전한 독립은 불가능하다.

p68 : 두 개의 접지전극은 20m 이상 떨어져 있지 않으면 상호간에 완전히 독립되지 않는다.

- 몇 개의 설비를 통합하여 공통의 접지를 접지전극에 연결하는 접지 공사를 공용접지라고 한다.
- 독립접지의 경우에 비하여 종합 접지저항이 낮아진다. 접지저항이 낮아져서 경제적인 이점이 있지만, '집합효과'라는 문제가 생긴다.

p69 : 공용접지의 문제점은 한마디로 말해 '전위 상승의 파급위험'이다.

- 이상적인 독립접지라고 가정했을 경우, 접지전류에 의한 전위상승은 그 전극에서만 일어나고 다른 곳으로는 파급되지 않는다.

p70 : 큐비클식 고압수전 설비 접지의 경우, 1차 고압측은 금속함과 절연하여 피뢰기만을 독립 접지하며, 2차 저압측은 금속외함과 공용으로 접지한다.

26. 접지의 관리

p72 : 접지의 관리에서 고려해야 할 문제로는 접지저항의 변화, 접지전극의 부식 등이 있다.

- 접지저항의 변화는 정기적으로 측정하는 것이 최선이다.
- 접지전극의 부식의 조건은 물과 공기를 포함하는 토양 속에서 장기간 매설에 의한 부식, 전지 작용에 의한 부식의 촉진(갈바니 부식) 등이 있다.

p73 : 부식이란 한마디로 '금속이 화학적으로 침해되는 현상'이다.

p74 : 토양 부식의 형태는 5 가지가 있다.

- 국부 전지부식, 농담 전지부식, 이종 금속 접촉부식, 전식, 세균부식

27. 접지저항의 부식

p77 : 오늘날 접지저항의 측정법으로 가장 널리 사용되는 것은 '전위 강하법'이다.

28. 대지저항률의 측정법

p81 : 대지저항률의 측정법으로 가장 널리 이용되고 있는 것이 '베너의 4전극법'이다.

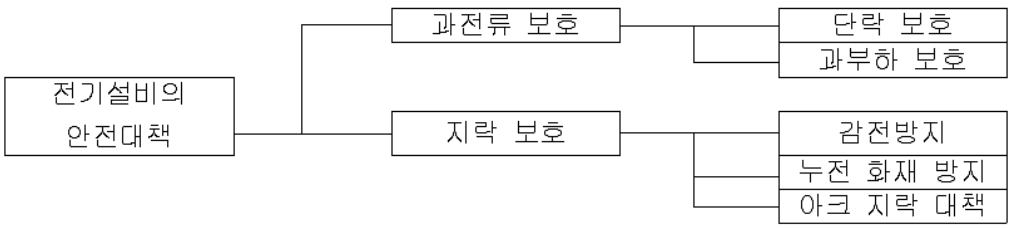
- 4개의 전극을 등간격 a로 하여 일직선상에 박는다.
- 전극 1, 4사이에 전원을 연결하고 대지에 전류를 흘린다. 그리고 전극 2, 3의 사이에 발생한 전위차를 측정한다.
- 전위차의 측정값을 그 때의 통전전류로 나누면 겉보기 저항 R을 구할 수 있다.
- 전극 간격이 a[m] 이므로 대지 저항률 ρ $[\Omega \cdot m]$를 구할 수 있다.

$$\rho = 2\pi a R$$

- 유도과정 : p82

II 접지 시스템

29. 지락보호란 무엇인가?



p88 : 전기설비의 안전대책은 과전류보호와 지락보호로 크게 분류된다.

- 과전류보호는 다시 단락보호(단락전류에 의한), 과부하보호(과부하전류에 의한)로 분류된다.
- 지락이란, 전로와 대지간의 절연이 이상적으로 저하되면, 아크 또는 도전성 물질에 의하여 양자가 연락돼 버리므로써, 전선이나 전기 기기의 외부에 위험한 전압이 나타

나거나 전류가 흐른 상태를 말한다.
p89 : 지락에 의하여 흐르는 전류를 '지락전류'라고 한다.
 - 단락이란, 전로와 전로 사이가 낮은 임피던스로 연락돼 버린 상태를 말한다.
 - 지락에 의하여 발생하는 각종 장해를 방지하는 대책이 지락보호이며, 이는 3 가지로 분류된다.
 - 감전방지(사람이 감전), 누전 화재 방지(지락전류에 의한 화재), 아크 지락 대책(아크에 의한 설비의 손상을 방지)이다
 - 지락보호에는 다음과 같은 3가지가 있다.
 - 접지방식(외함을 대지에 연결), 누전차단방식(지락전류를 검출하여 전로를 차단), 과전류차단방식(지락전류에 의하여 전로에 들어있는 과전류보호기를 동작시켜 전로를 차단)
p90 : 과전류차단방식은 과부하전류나 단락전류에 필적하는 지락전류가 흘러야 한다.
 - 현실적으로는 지락점이나 접지점의 저항이 그 정도로 낮아지는 경우는 드물고, 또 배선의 저항이 있으므로 과전류 보호기를 동작시킬 정도로 큰 지락전류가 흐를 확률도 적다. 이것이 과전류 차단방식의 단점이다.

▸ 특수한 용도에 사용되는 방식으로 비접지방식, 초저전압방식, 2중 절연기기 등이 있다.
p91 : 비접지방식 : 변압기의 2차측의 전로를 접지시키지 않는다. 이 방식은 지락사고가 발생하여도, 1점 지락이라면 큰 지락전류가 흐르지 않는다.

30. 감전사고의 메커니즘

p92 : 감전사고는 직접 접촉사고, 간접 접촉사고 두 가지로 분류할 수 있다.
 - 직접 접촉사고 : 전기가 직접적으로 들어오는 충전부분에 접촉되어 감전되는 사고
 - 간접 접촉사고 : 전기가 들어오지 않는 비충전부분으로 전기가 누설된다. 즉, 누전인 동시에 지락이다. 성능이 저하된 절연물을 통하여 간접적으로 접촉되는 사고이다. 전기기기에 절연저하라는 고장이 발생함으로써 발생한다.

31. 접지 계통과 비접지 계통

p93 : 일반적인 저압배전계통에서는 변압기의 2차측 중성점이 대지와 접속되어 있다. 즉, '접지계통'으로 되어 있다.
 - 한편 수중 조명등 등에 전기를 공급하는 회로에서는 반드시 절연변압기를 사용하고, 2차측 전로는 접지해서는 안된다고 정의하고 있다. 즉, '비접지 계통'을 요구하고 있다.
 - 접지 계통의 경우, 1점 접촉이므로 루프회로가 형성돼 위험한 전류가 인체를 통해

흐를 가능성이 있다.

- 비접지 계통의 경우, 전로에 접촉되어도 분포용량을 경유하여 약간의 전류가 인체에 흐를 뿐이다.

- 비접지 계통의 약점은 어떠한 원인으로 전로의 대지 전위가 상승했을 경우, 전혀 억제할 방법이 없다는 것이다. 전로의 대지 전위를 상승시키는 원인으로는 고전압 전로 사이의 혼촉, 뇌 서지, 개폐서지, 정전기 등이 있다.

- 원래 저압 배전계통은 비접지 계통에서 출발했지만, 변압기에서 혼촉사고를 일으켜 재해가 심했기 때문에 접지계통으로 바뀐 것이다.

p94 : 접지를 하면 전로의 대지 전위가 상승하는 것을 억제할 수 있지만, 접지 계통에는 그 자체의 약점이 있다.

- 접지전극을 부주위하게 접근시켜 매설하면 한쪽 계통의 접지전류에 의한 전위상승이 다른쪽 계통으로 파급될 우려가 있다.

- 부하전류의 일부가 항상 대지로 흘러 들어갈 가능성이 있다.

- 비접지 계통의 중대한 결점은 장기간에 걸쳐 건전한 상태로 유지하기가 어렵다는 것이다.

p95 : 대지로 부터 절연된 계통이기 때문에 어떠한 재료를 사용하든, 또 아무리 구조가 완벽하더라도 절연은 시간의 지남에 따라 반드시 저하되기 마련이다.

- 비접지 계통은 본질적으로 건전한 상태를 장기간에 걸쳐 유지한다는 것은 곤란하기 때문에 부하가 가볍고 소규모 계통으로 관리가 용이한 전용회로에만 적용할 수 있다.

▸ 접지계통과 비접지 계통의 비교

접지 계통	비접지 계통
전로에 접촉하면 큰 인체 통과전류가 흐를 수 있다.	전로에 접촉하더라도 큰 인체통과 전류는 흐르지 않는다.
전로 이상 전위 상승을 억제할 수 있다.	전로의 이상 전위 상승을 억제할 수 없다.
대지를 통해서 다른 계통과 상호 간섭을 일으킬 가능성이 있다.	다른 계통으로부터 비교적 완전히 분리할 수 있다.
대규모 계통에 적용할 수 있다.	절연유지가 곤란하므로 소규모의 전용계통밖에 적용할 수 없다.
지락 검출이 용이하다.	지락검출이 곤란하다.

32. 옥내배선의 접지 방식

p96 : 전로의 접지를 '계통접지'라고 하며, 부하기기의 비충전 금속부분의 접지를 '기기접지'라 한다.

- 계통접지와 기기접지를 조합함으로써 옥내 배선의 접지방식에는 여러 가지 변형된

형태가 나타난다.

① 비접지 방식 : 모든 전로를 접지하지 않는다. 기기의 케이스는 경우에 따라 접지를 해도 상관없다. (IEC I-T방식)

② 개별 보호접지 방식 : 변압기 중성점을 접지하고 모든 기기의 케이스는 개별 접지한다. (IEC T-T방식)

③ 보호 접지선 방식 : 전원 측에서 보호접지선을 옥내로 끌어들여 기기의 접지는 모든 이 보호접지선에 연결하는 방식. 보호접지선은 5번째 선에 해당하므로 제 5선 방식이라고도 한다. (IEC T-N방식)

④ 겸용 방식 : 한 개의 전선으로 보호접지선과 중성선을 겸용하는 방식.

- 중성선은 전로이기 때문에 3상간의 부하가 평형을 이루고 있지 않을 때, 중성선에 전류의 일부가 흐를 수 있다. 중성선과 보호 접지선을 겸용하면 보호접지선에도 전류가 흐를 위험이 있다.

33. 전기설비 기술기준의 접지

p98 : 전기 안전에 관한 근본 법규인 전기설비 기술기준에서 접지는 어떠한 체계로 되어 있는가를 소개하고자 한다.

- 전로는 대지로부터 절연해야 한다.
- 접지공사의 종류

접지공사의 종류	접지저항값
제 1종 접지공사	10Ω
제 2종 접지공사	변압기의 전로 1선 지락전류의 암페어 값으로 150을 나눈값과 동등한 저항값
제 3종 접지공사	100Ω(자동적으로 전로 차단장치를 설치한 경우, 500Ω)
특별 제3종 접지공사	10Ω(자동적으로 전로 차단장치를 설치한 경우, 500Ω)

p98 : 제 2종 접지공사에서는 저항값이 특별히 정해져 있지 않다.

- 고압 전로(특별고압전로)와 저압 전로를 결합하는 변압기의 저압측의 중성점에는 제 2종 접지공사를 해야 한다. 이 규정은 저압배전계통을 접지계통으로 하고 있다는 내용이다.

- 저압 전로의 사용전압이 300V이하인 경우, 제 2종 접지공사의 접지저항값은 고압측에서 1선 지락이 일어나고, 최악의 경우, 그 전류가 접지전극에 유입될 때는 접지전극의 전위 상승이 150V이상으로 되지 않아야 한다는 생각을 기초로 정해져 있다.

- 제 2종 접지공사의 접지전극에는 저압측 전로가 연결되어 있어 저압측 전로의 전위가 이상적으로 상승하는 것을 억제한다.

p100 : 기기의 접지 구분

기계 기구의 구분	접지공사
300V 이하 저압용	제 3종 접지공사
300V 초과의 저압용	특별 제 3종 접지공사
고압용 또는 특별고압용	제 1종 접지 공사

- “금속제 외함을 사용하면서 사용 전압이 60V를 초과하는 저압의 기계 기구를 사람이 쉽게 접촉될 우려가 있는 장소에 시설하는 경우, 이 기구에 전기를 공급하는 전로에서는 전로에 쉽게 지기(地氣)가 발생했을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 신설해야 한다.” 이 규정을 적용하면 모든 저압전로에 누전차단기를 설치해야 되지만 예외 규정도 있다.

- 전로에 누전차단기를 시설했을 경우, 제3종 및 특별 제 3종접지공사의 접지저항은 500Ω까지 완화된다.

p102 : 누전차단기의 동작전류 및 접지저항 값

누전 차단기 동작 감도 전류 [mA]	접지저항값 [Ω]
30, 50, 75,100	500
150	333
200	250
300	166
500	100
1,000	50

34. 전원측 접지와 부하측 접지

p103 : 전원측 접지란 제 2종 접지공사이다. 즉, 변압기의 2차측의 전로의 접지로서 이것을 ‘계통접지’라고 한다.

- 부하측 접지란 저압전로에 접속되는 전기 기계기구의 금속제 외함 등에 시설하는 접지를 가리키며 통상 제 3종 접지공사이다. 이것은 ‘기기접지’이다.

- 이때의 지락이란 저압기기에서 저압측 전로와 금속제 외함이 안전히 연결된 가장 심각한 상태를 상정한다.

- 지락전류가 흐르면 저압기기의 외함에 전압이 발생한다. 이 전압을 ‘접촉전압’이라 한다.

p104 : 기기 접지저항을 낮게 한다는 것은 좀처럼 쉽지 않다. 그렇다고 해서 기기 접지의 저항을 높은 상태로 방치하면 감전 방지에는 거의 효과가 없다. 이러한 점이 저압 전로의 지락 보호에 누전차단기를 도입한 배경이 되고 있다.

- 접촉전압은 어느 정도까지 내리면 감전상 문제가 없는 것일까?

35. 인체특성

p105 : 사람의 신체에 어느 정도의 전류가 흐르면 위험한가? 라는 문제는 상당히 어려운 문제이다. 이유는 실험이 불가능하다.

- 감전 사고의 위험 정도를 결정하는 인자는 전압인가? 전류인가? 전력인가? 사고가 일어나는 다양한 조건에 따라 달라지고 있다.
- 감전 사고의 대부분을 차지하는 상용주파수 전원에 의한 사고인 경우, 인체의 두 점 간에 흐르는 전류가 기본량이 된다.
- 인체에 대한 전류의 효과

전류 [mA]	인체 효과
1	단지 느끼는 정도
5	상당히 통증을 느끼게 된다.
10	견딜 수 없을 정도로 괴롭다.
20	근육의 수축이 격심하여 피해자 스스로 회로에서 떨어져 나갈 수 없다.
50	상당히 위험하다
100	치명적이다.

- 최근에는 저압 전로에도 누전차단기를 설치하여 적극적으로 지락 보호를 하는 방향으로 가고 있다.

36. 환경과 위험

p109 : 인체 저항은 인체에 가해지는 전압 이른바 접촉전압에 따라 변하게 되는데 피부의 건습상태에 따라 다르다.

- 50V의 접촉전압에 있어서 인체 저항의 하한은 약 1700Ω이다.
- 인체 내부의 저항은 500Ω이다.
- 인체 저항은 피부의 건습상태에 따라 큰 폭으로 변한다. 따라서 물과 친숙한 환경일수록 인체 통과 전류가 크게 흐를 가능성이 있으므로 위험하다.

37. 각종 환경과 전기 안전

p110 : 인체의 저항은 피부의 건습상태에 크게 의존하고 있다. 따라서 감전 사고의 양상은 감전 사고가 일어난 환경에 따라 크게 변한다.

- 감전 방지라는 견지에서 환경의 상태를 급별로 분류한 것을 접촉상태라 한다.
- 접촉상태와 허용 접촉전압

종별	접촉상태	허용접촉전압
제 1 종	인체의 대부분이 수중에 있는 상태	2.5V 이하
제 2 종	인체가 현저하게 젖어있는 상태 금속제의 전기구조물에 인체의 일부가 항상 접촉해 있는 상태	25V 이하
제 3 종	제 1종, 제 2종 이외의 경우로서, 통상의 인체상태에서 접촉전압이 가해지면 위험한 상태	50V 이하
제 4 종	제 1종, 제 2종 이외의 경우로서, 통상의 인체상태에서 접촉전압이 가해지면 위험성이 낮은 상태 접촉전압이 가해질 우려가 없는 경우	제한없음

38. 전기 기기의 클래스 분류

p112 : IEC에서는 모든 전기 기기를 감전 방지라는 관점에서 다음과 같이 분류하고 있다.

① 클래스 0 기기 : 전체적으로 기능이 절연뿐인 기기. '기능절연'이란 그 기기의 기능을 유지하는데 필요한 절연이라는 의미이다. 기능 절연이 없으면 전류가 기기의 외부로 누설돼 버려 기기가 제기능을 할 수 없게 된다.

② 클래스 0I 기기 : 외부 금속층을 절연할 수 있다. 외부 금속층이 절연되어 있으므로 감전사고를 방지할 수 있다.

- 어스선은 수도관에 연결하면 되지만, 비닐 수도관은 어스로 사용할 수 없다. 어스선을 연결할 접지단자를 얻기가 쉽지 않다.
- 일단 어스하도록 되어 있지만, 가정 전기 기기의 통례로서 일반 사용자에게는 철저한 어스를 기대할 수 없다.

③ 클래스 I 기기 : 전체적으로는 기능절연뿐이지만, 외부 금속층에서 나오는 접지선이 전원코드와 일체로 되어 있다. 플러그에 접지극이 붙어 있기 때문에 콘센트에도 이것에 대응한 접지극이 필요하게 된다. 외부 금속층을 접지하는 것이다.

④ 클래스 II 기기 : 기능절연과 보호절연 2중절연을 하는 기기

⑤ 클래스 III 기기 : 50V의 초 저전압을 사용하는 기기

39. 2중 절연기기

p115 : 2중 절연기기란 클래스 II기기를 말한다. 감전사고를 방지하기 위해 기기의 금속부분을 접지하게 되는데, 이동하면서 작업하는 전동공구의 경우, 기기의 접지는 쉽지 않다. 이러한 기기의 감전 방지책으로는 2중 절연법이 적합하다.

- 2중 절연법과 관련하여 사용하는 용어
- 기능절연, 기능절연부, 보호절연(기증절연에 부가하여 설치된 절연), 2중 절연, 강

화절연(2중 절연하기 어려운 경우에 적용)
 - 클래스 II 전기 기기 : 2중 절연이나 강화 절연 혹은 2중 절연과 강화절연을 병용한 것으로 접지를 하지 않는 기기
p116 : 2중 절연의 구조는 개구부의 유무, 공기의 존재, 사람의 접촉 가능성에 따라서 상당히 복잡하다.

40. 접지극 붙이 콘센트

p117 : 지중에 매설된 금속제 수도관로는 접지저항이 매우 낮아 효과적인 접지체로서 기능을 한다. 본래 접지극으로서 공사를 한 것은 아니지만, 자연 발생적으로 접지체로서 기능을 하는 것을 '자연 접지체'라 한다.
 - 처음부터 접지의 목적으로 공사를 한 접지전극을 '인공접지체'라 한다.
 - 수도관에 절연물인 비닐관이 사용되면서 곤란하게 되었다. 이후 수도관을 접지체로서 전혀 신뢰할 수 없다.
 - 고층 아파트에서 접지공사를 하는 것은 현실적으로 불가능하다. 그래서 고안해 내내 것이 접지를 배선측에서 준비하는 방법이다.
 - 아파트 한 곳에 본격적인 접지 공사를 하고 그곳에서 각 콘센트 까지 접지선을 배선한다.

41. 누전차단기의 등장

p118 : 누전차단기는 주로 유럽에서 감전 방지나 전기 화재 방지를 위해 개발되어 온 것이다.
 - 적극적으로 감전 방지를 도모해야 하는데, 접지극 붙이 콘센트와 아울러 유력한 방법이 누전 차단기이다.
 - 누전 차단기에는 전류동작형과 전압동작형 두 종류가 있지만, 후자는 여러 가지 난점이 있기 때문에, 사용빈도가 높지 않다.
 - 전류동작형 누전 차단기는 그 속에 ZCT(영상전류 변성기)를 내장하고 있다. 부하기기의 절연이 정상이라면, 왕복전류는 균형을 이루고 있다. 그런데 부하기기의 절연이 악화되어 지락전류가 흐르면 전류의 균형이 깨져서 2차측에 전류가 나타난다. 이 전류를 적당하게 증폭하여 차단하는 것이다.
 - 감전 방지의 경우, 지락 전류가 30mA 로 되면 동작하도록 설정하는 것이 적당하다.

42. 누전차단기와 접지

p119 : 누전차단기를 설치하면 접지를 할 필요가 없는가? 누전차단기를 설치해도 접지는 필요하다.

- 전기기기의 비 충전부분에 접촉되어 감전되는 경우, 지락전류는 누설전류와 인체통과전류의 합으로 구성된다.
- 종래에는 감전방지를 구상하는 경우에는 인체통과전류에 중점을 두고 누설전류를 무시했었다.

p120 : 그러나 전기 기기의 절연이 저하되었을 경우, 외함이 접지되어 있으면, 누설전류에 의하여 누전 차단기가 동작 될 가능성이 있다. 그러므로 누설전류에 의하여 누전 차단기를 동작시키는 것이 합리적이다. 따라서 누전차단기가 있더라도 접지는 실시해야 한다.

43. 누전 화재의 지락보호

p121 : 지락보호에는 세 가지 목적이 있다.
- 감전방지, 누전 화재의 방지, 아크 지락 대책
- 피더나 간선 등의 상위 계통에 대해 민감하게 지락보호를 하면 오히려 피해가 생길 수 있다. 상위 계통일수록 지락보호 장치가 동작했을 경우에 정전 범위가 커지기 때문이다.
- 상위 계통에서는 지락보호의 목적을 누전 화재 방지나 아크 지락대책으로 옮겨 보화 장치의 감도를 둔하게 해야 한다.
- 누전 화재용으로 지락 보호 장치의 감도를 설정하는 데에는 누전 화재가 어느 정도의 지락전류에 의하여 발생하는가를 파악해야 한다.

p122 : 현재 일본에서는 화재를 일으키는 지락 전류의 최소값으로 1A를 채택하는 것이 합리적이라 보고 있다.

44. 아크지락과 그 대책

p123 : 지락보호의 제 3목적은 아크 지락에 의한 전기설비의 파괴방지이다.
- '아크 지락사고'는 그보다 먼저 일어나는 '아크 단락사고'가 발단이 되어 일어난다. 양자를 총칭하여 '아크사고'라 한다.
- 아크 단락인 경우는 차단기가 동작하지 않든가 또는 동작하더라도 시간이 오래 걸리기 때문에 그 동안에 사고가 점점 확대하여 아크 지락으로 발전하게 된다.
- 오늘날 간선용 차단기는 정격전류의 약 10배 이상의 단락전류가 흐르지 않으면 그 즉시에는 동작하지 않도록 설정되어 있다. 불필요한 차단동작의 가능성을 가급적 감소시켜 전력의 공급신뢰도를 올리기 위해서이다.

p124 : 아크 사고의 피해를 방지하는 데에는 지락 보호가 가장 적합하다. 즉 아크단락은 반드시 아크 지락으로 발전되므로, 그 순간에 회로를 차단하는 것이다.
- 미국전기공사 규정에는 전류 용량이 1,000A 이상인 인입부에는 아크 지락보호를 의무화하고 있다(230-95조).

III 응용

45. 접지의 모형 실험법

p126 : 접지전극을 설계할 때 모양이 복잡한 전극인 경우에는 계산공식을 유도하는 것이 곤란하다. 이러한 경우, 접지저항을 추정하는 편리한 방법으로서 모형실험법이 있다.

- 수조 속에 접지전극의 축소모형을 배치하여 측정하는 방법이다.

p129 : 모형에 비해 큰 수조를 사용할수록, 반대로 수조에 비해 모형을 작게 만들수록, 오차는 작아진다.

46. 정전기 접지

p131 : 마찰 등에 의해서 발생한 정전기가 특정한 부분에 이상적으로 축적되어, 각종 재해나 장해를 일으키지 않도록 정전기를 재빨리 대지로 방류하기 위한 접지이다.

- 대지로부터 절연된 도체가 있다. 이 도체와 대지는 정전용량 즉, 콘덴서가 형성되고 있다. 대전이란 콘덴서로서의 충전을 의미한다.

p132 : $10^6\Omega$이상의 누설저항값의 도체는 정전기 접지를 하도록 되어 있다. 그 정전기 접지의 저항값은 $1{,}000\Omega$ 이하이다.

47. 대지 변수의 추정법

p133 : 대지 변수를 추정하는 방법에는 접지저항 역산법, 전기 검층법, $\rho-\alpha$곡선법 등이 있다.

- 접지저항 역산법이나 전기 검층법은 대지를 실제로 파괴하여 데이터를 얻는 방법이지만, $\rho-\alpha$곡선법은 대지의 표면에서 대지변수를 추정하는 이른바 비파괴방법으로 지중의 깊은 곳까지의 정보를 알기위한 방법이다.

① 접지저항 역산법 : 접지저항을 박고, 그 접지저항으로부터 대지저항률을 역산하는 것과 같은 직접적인 방법

② 전기 검층법 : 전기 검층은 지질조사에서 반드시 실행되는 항목으로 그 조사 결과를 가지고 접지저항을 예측

③ $\rho-\alpha$곡선법 : 베너의 4전극법에 의해서 얻어지는 ρ(대지저항률)의 실측값과 a(전극간격)의 관계를 그래프로 표현하여, 이것과 다수의 표준곡선 및 보조곡선과 대조함으로써 대지 변수를 추정하는 방법

48. 컴퓨터의 접지

p137 : 컴퓨터의 처리속도를 높이기 위해 동작전압은 더욱더 낮아지고, 클럭주파수는

점점 높아지는 경향이 있어, 그만큼 컴퓨터가 노이즈에 대해 민감하게 되고 있다.
- 이와 같은 정세에도 불구하고 컴퓨터의 접지에 관하여 공인된 가이드라인이 아직도 구체적으로 나와 있지 않다.
- 컴퓨터의 접지가 EMI(전자환경문제), EMC(전자유도간섭)와 밀접한 관계에 있어 문제가 매우 복잡하기 때문이다.
- 컴퓨터에 있어 특징적이면서 가장 중요한 것은 신호 기준용 접지이다.
p138 : 신호 기준용 접지는 컴퓨터의 각 유닛에 신호의 기준이 되는 전위(이른바 제로 전위)를 공급하기 위한 접지이다.
- 신호기준용 접지에 관한 원칙
① 독립접지 : 다른 종류의 접지와 공용하지 않는다.
② 건축 구조체와 최단거리고 연결 : 신호 기준용 접지를 최단거리인 구조체에서 잡는다. 접지선에 공중의 전자파로부터 발생하는 잡음이 끼어들지 않도록 하기 위함이다.
③ 원 포인트 어스에서 금속 그리드 바닥으로 : 계산실의 바닥에 금속의 그리드를 전면에 깔고 여기에서 각 유닛으로 기준전위를 공급하는 방식이며, 금속 그리드는 건축 구조체와도 견고하게 접속하면 효과적이다.

49. 접지의 재료

p140 : 봉상전극 : 동봉, 동피복, 강봉이 일반적이며 단독으로 사용하는 경우, 지름 14mm. 길이 1.5m이다.
- 보링전극 : 땅속을 수직으로 뚫어 전극을 매설 연속적으로 수백 m 매설이 가능. 동파이프의 치수는 지름 38~66mm, 길이 5m
- 선상전극 : 선상전극을 그대로 사용하는 접지전극의 형태로 매설 지선이 있고 메시 접지가 있다. 60, 100 mm^2의 동선이 사용된다.
- 판상전극 : 동제로 치수가 $90\times90cm^2$, $100\times100cm^2$인 정방각판을 사용한다. 두께는 1.5, 2.0mm
- 대상전극 : 루프형으로 부설하는 접지형태로 접지저항 및 뇌 임피던스라는 관점에서 선상전극보다 효과적이다.

50. 접지 임피던스

p141 : 대표적인 접지전류인 뇌 방전전류를 주파수 분석해 보면 거기에는 직류에서 고주파까지 폭넓은 성분이 검출된다.
- 접지 현상을 이해하는 데에는 직류에 대한 접지저항의 지식만으로는 부족하고, 교류에 대한 접지저항, 보다 정확하게 "접지 임피던스"에 대한 지식이 필요하다.
- 임피던스에 대한 이론 및 측정은 상당히 복잡하기 때문에 체계적으로 정리하기란

쉽지 않다.

① 접지현상은 연속매질의 문제 : 지중이 3차원적으로 확산된 연속매질이라는 점

② 전자계의 지중으로의 침투 : 직류에서는 표피효과가 발생하지 않지만, 교류에서는 표피효과에 의해 전류가 지표면으로 가까이 모여드는 현상이 있다. 바꿔 말하면 교류 전류가 지중으로 침투하는 데에는 제한이 있다.

- 대지저항률이 낮을수록, 그리고 주파수가 높아질수록 교류 전류의 지중으로의 침투는 얕아진다.

③ 변위전류의 발생 : 주파수가 높아지면 표피효과가 점점 커져, 접지 회로의 임피던스는 계속해서 높아지는가 하면 그렇지 않다.

- 주파수가 높아지면 변위전류가 흐르기 시작한다. 변위전류는 전원의 양끝에서 주위의 공간을 경유하여 흐르기 때문에 이 주파수 대역에서는 접지전극의 접지저항은 거의 영향력을 미치지 못한다.

END