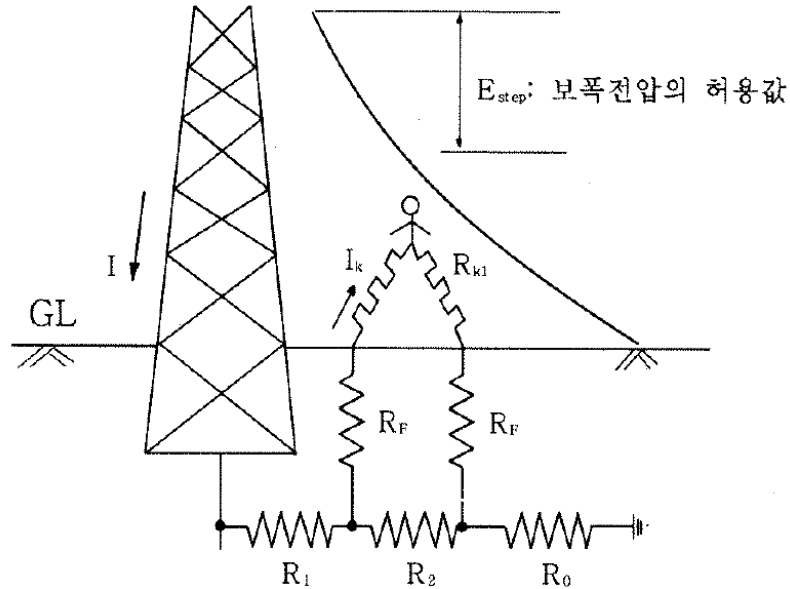


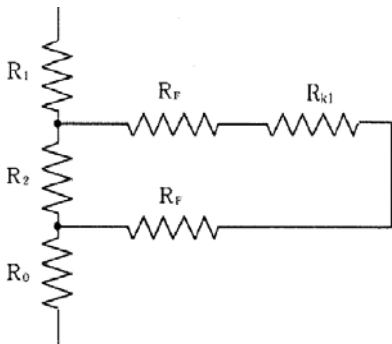
05 보폭전압과 접촉전압에 대하여

1. 보폭 전압

- ① 변전소 내에 고장전류가 유입했을 때 지표면상의 2점간(보통 1m)의 전위차



- ② 등가회로

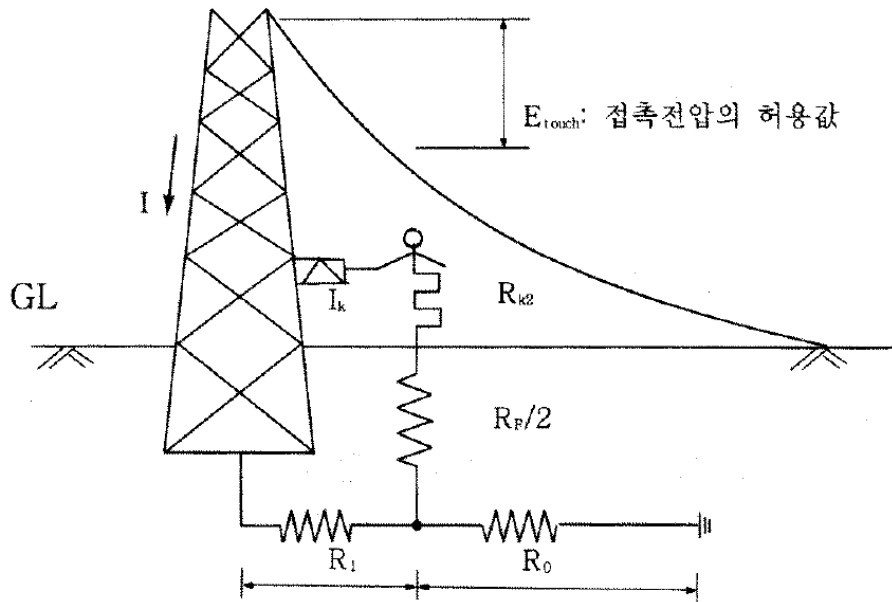


$$E_{step} = (R_{k1} + 2R_F)I_k = \frac{155 + 0.93\rho_s}{\sqrt{t}} [V]$$

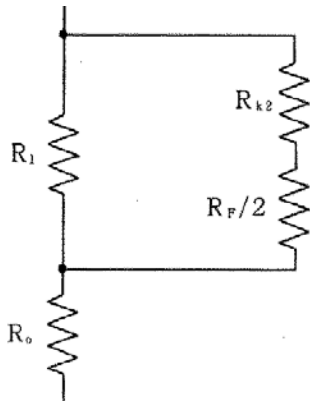
대지의 저항률이 $100[\Omega \cdot m]$ 일 때 고장계속 시간이 1초라면 E_{step} 의 허용값은 $248[V]$ 가 된다.

2. 접촉전압

- ① 접지 한 도전성 구조물과 그 근방 지표상의 점과의 사이(보통 1m)의 전위차



- ② 등가회로



$$E_{\text{touch}} = \left(R_{k2} + \frac{R_F}{2} \right) \cdot I_k = \frac{155 + 0.23\rho_s}{\sqrt{t}} [\text{V}]$$

대지의 저항률이 $100[\Omega \cdot \text{m}]$, 고장 계속 시간이 1초라면 접촉전압의 허용값

$$E_{\text{touch}} = 178[\text{V}] \text{가 된다.}$$

문) 접촉전압과 보폭전압에 의한 위험을 방지하는 방법을 설명하시오

1. 보폭전압

1) 정의:

- ▶ 접지전극 부근의 지표면에 생기는 전위차로서 인체에 걸리는 전위차는 지표면상에 사람이 발로 접근할 수 있는 2점간(보통 1m)의 전위차의 최대치를 말한다.

2) 보폭전압의 계산

$$E_{step} = (R + 2R_f)(I_K) = \frac{(1,000 + 6\rho_s)0.116}{\sqrt{t}} = \frac{(0.116 + 0.7\rho_s)}{\sqrt{7}}$$

3) 보폭전압 저감방법

- 접지선을 깊게 매설한다.
- Mesh식 접지방법을 채용하고 Mesh 간격을 좁게한다.
- 특히 위험도가 큰장소는 철구주변에 자갈 또는 콘크리트를 타설한다.
- 부지 경계부근은 Main Mesh의 끝 2-3m정도를 깊게 매설한다.

2. 접촉전압

1) 정의:

- ▶ 사람이 지상에서 기기의 외함이나 철구에 접촉한 경우 인체에 가해지는 전압으로서 E_{touch} 는 지표면상에 사람이 서 있고 손이 어느 물체를 접촉했을 때의 손과 발이 접촉한 2점간의 최대 허용전위차이다.

2) 접촉전압의 계산

$$E_{touch} = (R_K + \frac{R_f}{2}) I_K = \frac{(1,000 + 1.5\rho_s)0.116}{\sqrt{t}} = \frac{(155 + 0.23\rho_s)}{\sqrt{t}} \text{ Et}$$

R_f : 사람의 다리하나의 접지저항(지표면부근의 토양 고유저항의 3-5 배)

R_K : 인체저항 500-2,300[Ω](3 $\rho_s = 1,000[\Omega]$)이라고 하면

3) 접촉전압 저감방법

- ▶ 기기, 철구등 주위 약 1[m]의 위치 깊이 0.2-0.3m의 보조 접지선을 매설하고 이것을 주접지선과 접속한다.

문: 접촉전압과 보폭전압에 의한 위험을 방지하는 방법을 설명하시오

〈해설〉

(1) 접촉전압과 보폭전압의 의미

① 대지전위 상승

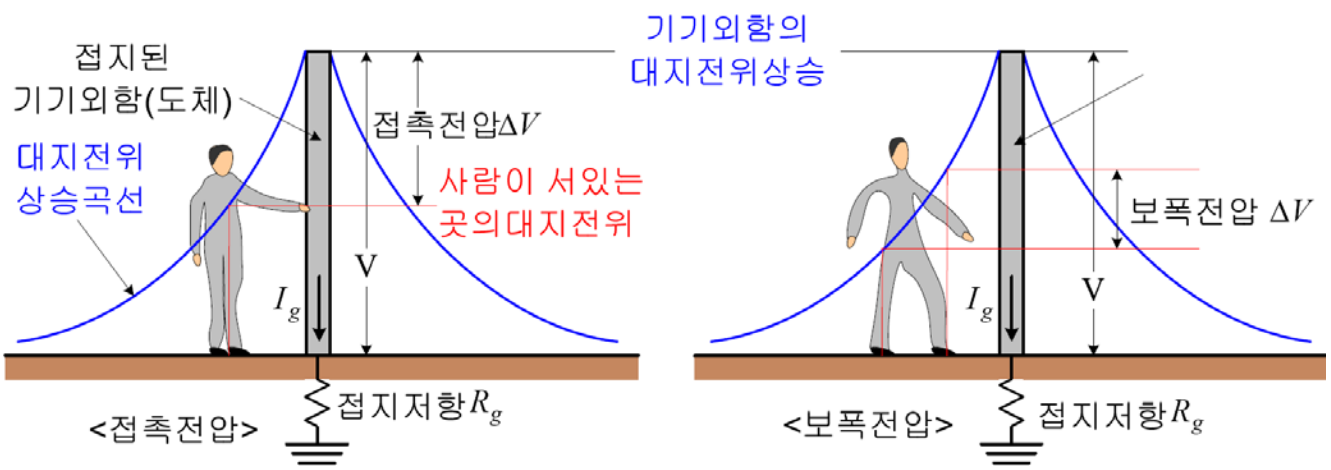
- (1) 지락사고 등에 의해서 접지저항이 R_g 인 접지극에 지락전류 I_g 가 유입되면 접지극이 매설된 곳의 대지전위는 $V = I_g \times R_g [V]$ 만큼 대전전위가 상승한다
- (2) 접지점으로부터 거리 $x [m]$ 인 점의 대지전위는 다음식으로 표시된다

$$V = I_g \times R_g = I_g \cdot \frac{\rho}{2\pi x} [V] \quad (\rho = \text{대지의 고유저항})$$

→ 즉 대지전위는 접지극으로부터의 거리에 반비례해서 감소하는데 이를 그래프로 그린 것이 다음 그림의 대지전위 상승곡선이다

② 접촉전압

→ 사람이 대지 위에 서서 대지전위가 상승된 기기외함에 접촉했을 때 사람의 발과 손 사이에는 다음 그림의 ΔV 만큼의 전위차가 발생하는데 이것이 접촉전압이다



③ 보폭전압

- ➡ 사람이 기기 외함에 손을 대지 않아도 전위경도가 형성된 대지 위를 걸어 갈 때 두발 사이에 앞의 그림에서와 같이 Δ 만큼의 전위차가 발생하고 이 전압이 두발 사이에 걸리게 되는데 이것이 보폭전압이다.

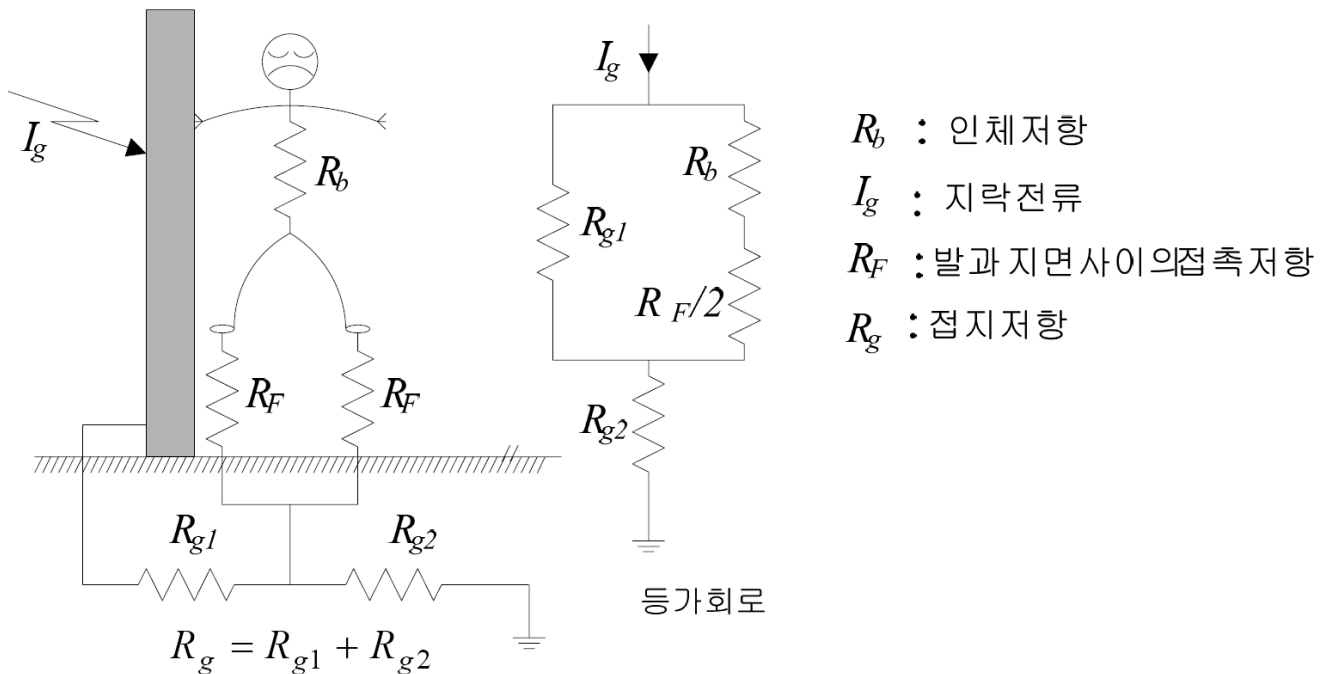
(2) 접촉전압과 보폭전압에 의한 위험방지 대책

① 접촉전압 (Touch Potential)

- (1) 인체 저항은 약 1000 Ω 정도로 보나 전신이 완전히 젖어있는 상태에서는 500 Ω 까지 낮게 보기도 한다.

- ➡ 허용 접촉전압은 다음식으로 계산되는 값 이하로 한다

$$E_{Touch} \leq \left(R_b + \frac{R_f}{2} \right) \times \frac{0.116}{\sqrt{t}} V$$

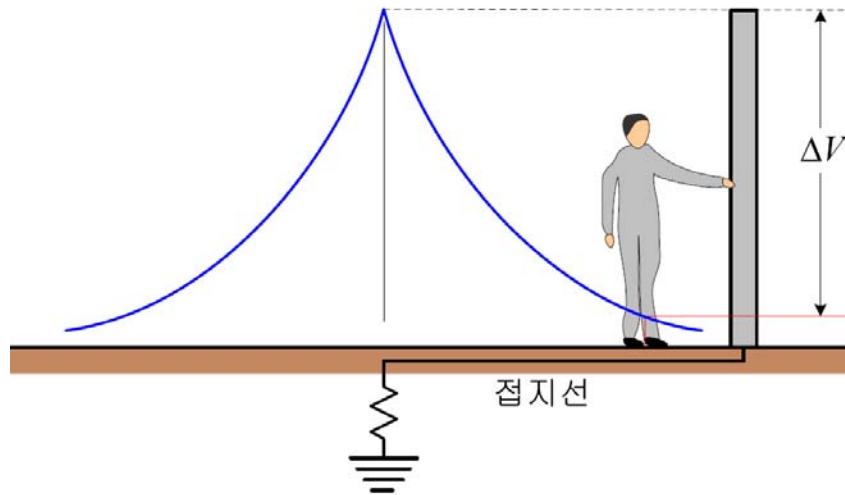


- (2) 접지 저항을 충분히 작게 하여 기기의 대지 전위 상승을 억제한다
(3) 지면에 아스팔트나 자갈 등을 깔아서 발과 지면 사이의 저항을 크게 한다
(4) 위험 개소에는 고무판을 깔고 가급적 고무창이 달린 구두를 신는다

(5) 망상 접지식을 채용 하여 소내 대지면의 전위 경도가 작도록 한다

(6) 접지극을 가능한 한 기기에 가까운 곳에 설치한다.

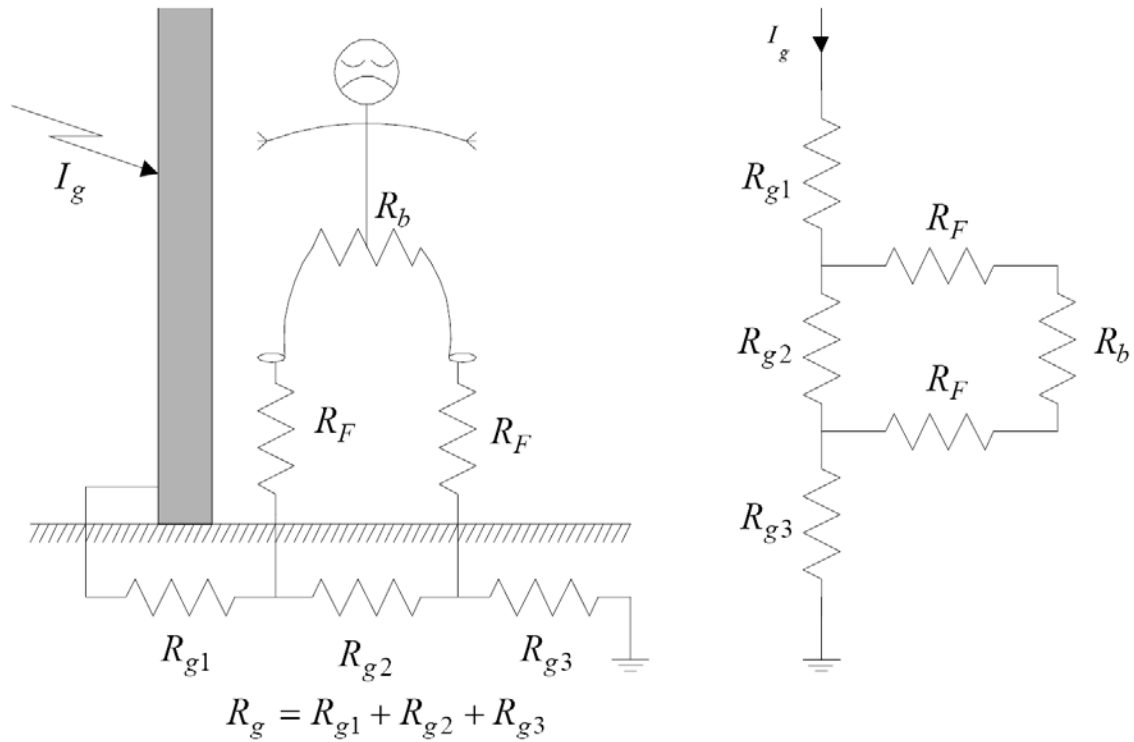
➡ 접지극이 멀리 있으면 다음 그림과 같이 대지전위가 상승하는데 접지선으로 접속되어 있는 기기 외함은 접지점의 대지전위 상승과 같이 상승하므로 접촉전압이 더 커지게 된다



② 보폭전압 (Step Potential)

(1) 그림에서 허용 보폭 전압은 다음식으로 계산되는 값 이하로 해야 한다

$$E_{Step} \leq (R_b + 2R_f) \times \frac{0.116}{\sqrt{t}} V$$



- (2) 접지 저항을 충분히 작게 하여 기기의 대지 전위 상승을 억제한다
- (3) 지면에 아스팔트나 자갈 등을 깔아서 발과 지면 사이의 저항을 크게 한다
- (4) 위험 개소에는 고무판을 깔고 가급적 고무창이 달린 구두를 신는다
- (5) 망상 접지식을 채용하여 대지면의 전위 경도가 작도록 한다

문) 변전소 접지설계 시 검증할 수 있는 접촉전압, 보폭전압과 심실세동전류에 대하여 설명하시오.

1. 접지설계시 고려사항

1) 감전요인:

- ▶ 인체 통과전류의 크기, 통전시간, 전류의 경로, 심주기위상, 주파수

2) 감전전류한계 :

- ▶ 감지 전류- I [mA], 경련전류 : 5-20[mA],
심실세동전류 : 수십 [mA]
- ▶ 감전전류 : $I_K = 0.116 / \sqrt{t}$

I_K : 감전전류 t : 감전시간[sec]

2. 보폭전압

1) 정의

- ▶ 접지전극 부근의 지표면에 생기는 전위차로서 인체에 걸리는 전위차는 지표면에 사람이 발로 접근할 수 있는 2점간(보통 1m)의 전위차의 최대치를 말한다.

2) 보폭전압의 계산

$$\begin{aligned} E_{step} &= (R + 2R_f)(I_K) = \frac{(1,000 + 6\rho_s)0.116}{\sqrt{t}} \\ &= \frac{(0.116 + 0.7\rho_s)}{\sqrt{t}} \end{aligned}$$

3) 보폭전압 저감방법

- (1) 접지선을 깊게 매설한다.
- (2) Mesh식 접지방법을 채용하고 Mesh간격을 좁게 한다.
- (3) 특히 위험도가 큰 장소는 철구주변에 자갈 또는 콘크리트를 타설한다.
- (4) 부지 경계부근은 Main Mesh의 끝 2- 3m정도를 깊게 매설한다.

3. 접촉전압

1) 정의

- ▶ 사람이 지상에서 기기의 외함이나 철구에 접촉한 경우 인체에 가해지는 전압으로 E_{touch} 는 지표면상에 사람이 서 있고 손이 어느 물체를 접촉했을 때의 손과 발이 접촉한 2점간의 최대허용전위차이다.

2) 접촉전압의 계산

$$E_{touch} = (R_K + \frac{R_f}{2}) I_K = \frac{(1,000 + 1.5\rho_s)0.116}{\sqrt{t}}$$
$$= \frac{(155 + 0.23\rho_s)}{\sqrt{t}}$$

- ▶ R_f : 사람의 다리 하나의 접지저항(지표면부근의 토양 고유저항의 3-5배)
- ▶ R_K : 인체저항 500 - 2,300[Ω] ($3\rho_s=1,000[\Omega]$)이라고 하면

4. 심실세동전류

- ▶ 심장 부분을 지나쳐 흘러서 심실세동을 일으키는 전류.
- ▶ 전류의 주파수, 파형, 시간 및 사람의 몸무게에 따라 크기가 다르다.

088619 변전소 접지설계 시 검증할 수 있는 접촉전압, 보폭전압과 심실세동전류에 대해 설명하시오

◁해설▷

(1) 서론

- ① 1선 지락 사고시에 변전소 접지극에는 다음식으로 계산되는 지락전류가 흐른다

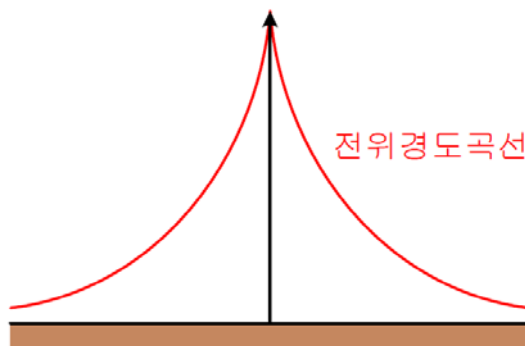
$$I_g = \frac{3E}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_g} A$$

E : 대지 전압, Z_0, Z_1, Z_2 : 영상, 정상, 역상 임피던스, R_g : 접지 저항

- ② 접지저항이 R_g 인 접지극에 지락전류 I_g 가 흐르면 접지극의 대지전위는 다음 식으로 계산되는 것 만큼 상승한다

$$E_g = I_g R_g [V]$$

- ③ 접지극 주위의 대지전위는 접지극으로부터의 거리에 따라 다음식으로 표시된다.

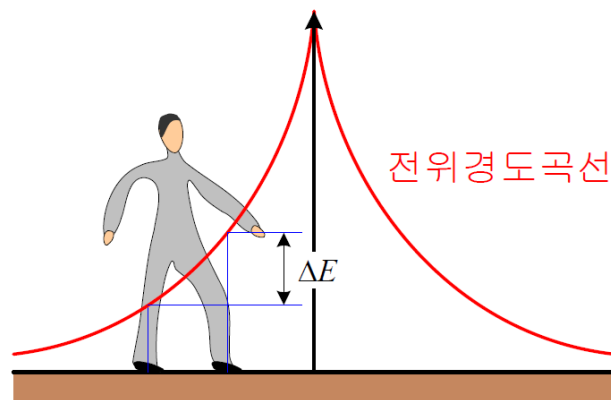


$$E = \frac{\rho}{2\pi x} \cdot I_g [V]$$

- 식에서 ρ 는 대지의 고유저항, x 는 접지극으로부터의 거리이다. 즉 대지전위는 접지극으로부터의 거리에 반비례해서 그림과 같은 전위경도 곡선을 형성한다

(2) 본론

① 보폭전압

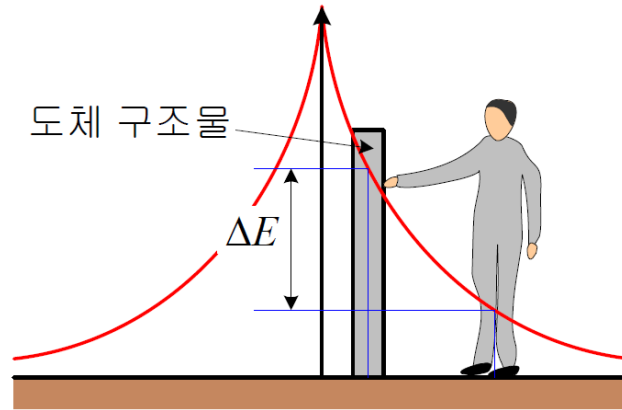


- 전위경도가 형성되어 있는 대지 위를 사람이 걸어가면 두 발의 위치에 따라 그림과 같이 전위차가 생겨서 두 발 사이에 ΔE 만큼의 전압이 걸리게 되는데 이것이 보폭전압이다.
- 보폭전압은 다음식으로 계산한다

$$\text{보폭전압 } V_s = \frac{K_s K_i \rho}{L} V$$

식에서 K_s : 보폭 계수, K_i : 불규칙성 계수,
 L : 접지망 도체의 길이이다

② 접촉전압



→ 접지극 주위에 전위경도가 형성되어 있는 상태에서 사람이 지상에 설치된 도체 구조물에 손을 대면 손과 발 사이에 그림의 ΔE 전압이 가해지게 되는데 이것이 보폭전압이다.

→ 접촉전압은 다음식으로 계산한다

$$\text{접촉전압 } V_M = \frac{K_M K_i \rho}{L} V$$

식에서 K_M : 접촉 계수, K_i : 불규칙성 계수,
 L : 접지망 도체의 길이이다

③ 심실세동전류

- (1) 인체를 통과하는 전류치가 수십 mA 가 되는 시간이 수초 정도가 되면 심장이 경련을 일으켜 심장 박동이 멎게 되는데 이때의 전류치를 심실세동 전류라고 한다.
- (2) 감전한계에 대해서는 인체실험을 할 수 없기 때문에 많은 동물 실험 결과에 의해 인체에 위험한 전류와 시간의 한계를 결정하는데 일반적으로 다음식이 이용된다

$$I = \frac{116}{\sqrt{t}} \text{ mA}$$

→ 이 식에서 t는 통전 시간이다.

→ 인간이 견딜 수 있는 한계는 위 식으로 표시되는 전류 I 이고 그 이상이 되면 심실세동에 의해 사망할 수 있다

(3) 따라서 변전실의 접지설계를 함에 있어서는 인체를 통해서 흐르는 전류가 심실세동전류 이하가 되도록 해야 한다.

→ 즉 다음식이 성립되도록 해야 한다

$$\frac{\text{접촉전압 또는 보폭전압}}{\text{인체저항}} \leq \frac{116}{\sqrt{t}} [mA]$$