

발송배전기술사 예상시험문제

서울공과전기학원 제공
(02)2676-1113~5 / www.sgh.co.kr

김재구 | 발송배전기술사, (주)엔지니어링 이사, D대학 겸임교수, OO연구원 민간투자센터 기술평가 자문위원, 서울공과전기학원 기술사전문위원
강홍주 | 발송배전기술사, OO화력발전소 소장, 현 H공사 감리단장, 서울공과전기학원 기술사전문위원

시험 공부 요령

‘기술사 자격 취득은 누구에게나 ’ 가능한가?

누군가가 이렇게 묻는다면 ‘가능하다’고 자신있게 답할 수 있다. 기술사 자격 취득에 걸린 기간은 개인별로 그 차이가 커서 최소 8개월에서부터 길게는 5년 이상까지 다양하다.

기술사 필기시험은 1교시에서 4교시까지 각 교시당 100분, 총 400분 동안 치러지며 1교시는 주로 용어 해설문제(단답형 주관식)가 출제되며 2, 3, 4교시는 논술형 문제가 출제된다. 문제지는 통상 1매, 답안지는 A4크기의 용지로 양면에 줄이 그어져 있으며 총 12페이지로 구성된다. 배점은 1교시 100분당 100점이며, 총점 400점 중 240점 이상 취득하면 합격이고 각 교시당 과락은 없다.

구분	문제수	시간	배점	답안 작성 기준
1교시	13문제 중 10문제 선택 (각 10점)	100분	100점	10점짜리 1문제당 1페이지 분량 10분 이내 작성
2~4교시	6문제 중 4문제 선택 (각 25점)	100분×3	100점×3	25점짜리 1문제당 2.5페이지분량 25분 이내 작성
		400분	400점	

정해진 시간 안에 답안지의 양을 얼마나 채울 수 있는지 직접 풀어 보는 연습이 필요하다. 본인이 완벽하게 알고 있는 문제라고 해서 계획없이 너무 많이 기술하면 공부한 부분의 개요부만을 서술하는 데에도 20분 가까이 소요될 수 있다.

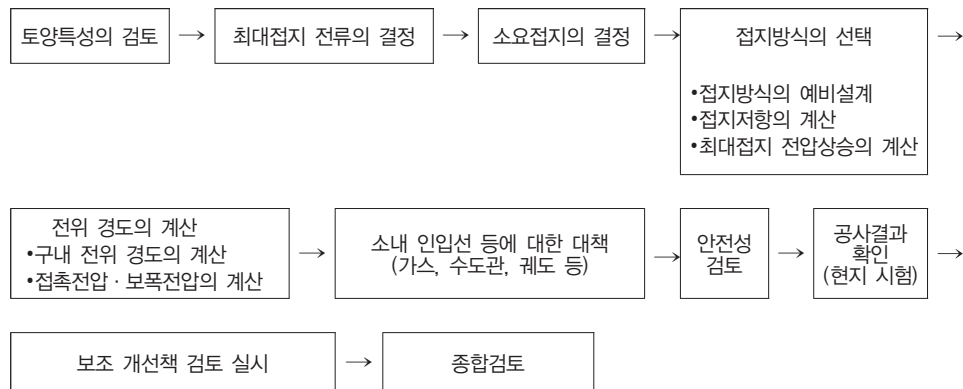
욕심 부리지 말고 답안을 쉽고 폭넓게 작성하여 주어진 시간 내에 결론까지 도출해 내야 한다. 이는 오로지 평소에 모범답안을 작성해두고 부단히 쓰기 연습을 함으로써 점수와 시간의 조화를 얻어낼 수 있다.

| 해설 |

1. 개요

발·변전소 송배전선의 철탑 및 변전설비의 접지는 인체에 대한 안전성과 절연 협조라는 양면에서 검토가 필요하며, 접지전위 상승에 따른 인체 사고방지, 기기의 절연파괴 사고방지, 계통 중성점 전위의 안정화 및 보호계전기 동작 등에 착안하여야 한다.

2. 접지 설계 순서



3. 접지 설계 시 고려사항

가. 토양특성의 검토

(1) 토양저항률의 측정조건

- ① 건기를 선택할 것
- ② 기온이 낮을 때를 택할 것
- ③ 플랜트 완성 시에 가까운 토지조성상태를 택할 것
- ④ 접지봉 및 매설지선을 설치하는 경우 그 깊이를 측정할 것

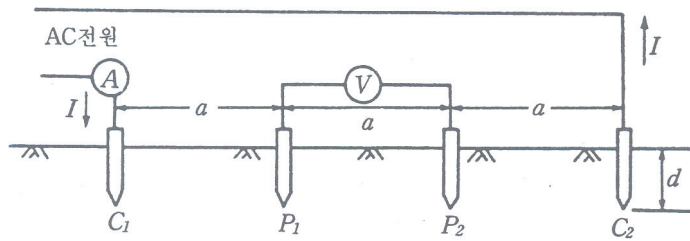
(2) 토양저항률의 결정요소

- ① 토질
- ② 수분의 양

- ③ 온도
- ④ 용해물질의 농도
- ⑤ 입자의 크기
- ⑥ 토양의 단단함 정도

(3) 대지고유저항의 측정법(Winner의 4전극法)

- ① 4개의 전극(C1, P1, P2, C2)을 일직선 등간격으로 타입하여 C1, C2 간에 교류를 보내어 P1, P2 간의 전압을 측정
- ② α 가 증가시켜 저항률이 증가할 때는 지표보다도 높은 저항률의 지층이 존재
- ③ 변전소 등 넓은 면적의 경우 $\rho-\alpha$ 곡선을 이용
- ④ $a = 20d, R = \frac{V}{I}$ 조건에서 대지고유저항 $\rho = 2\pi aR = 40\pi dR [\Omega \cdot m]$



a: 전극 간의 거리
d: 전극의 타입 깊이

〈Winner의 4 전극법〉

나. 최대교류 접지전류의 결정

- (1) 계통의 지락사고에 변전소의 접지를 통해 대지로 흐르는 접지전류의 최댓값으로, 대지 및 가공지선을 통해 모든 중성점 접지 개소로 분류한다.
- (2) 직접 접지계에서의 지락전류는 3상 단락전류에 가까운 큰 값이 되므로 분류의 영향을 무시할 수 없다. 가공지선으로의 분류는 40[%]로 하고, 구내 접지계의 최대 접지전류는 60[%]로 한다.
- (3) 지락전류의 가공지선으로의 분류는 대상변전소와 고장점까지의 거리가 길수록 늘고, 지락전류는 거리가 길수록 감소한다.
- (4) 우리나라 154[kV]는 31.5[kA], 50[kA], 345[kV]는 40[kA] 적용

다. 소요 접지저항의 결정

허용접지전압 상승값, 허용접촉전압, 허용보폭전압에 따라 정해지며, 허용접지전압 상승값은 보통 1,500~2,000[V]가 채용된다.

$$\text{따라서 소요 접지저항값: } R_0 = \frac{1,500 \sim 2,000}{I_E} [\Omega]$$

단, I_E : 최대접지전류[A]

- (1) 접촉전압은 인체가 철구 등에 손을 댄 경우 손과 발끝 사이에 걸리는 전압으로,

$$E_{touch} = \left(R_x + \frac{R_F}{2} \right) I_K = (100 + 1.5\rho_s) \frac{0.155}{\sqrt{t}}$$

- (2) 보폭전압은 변전소 구내에 서 있을 때 양다리 사이에 걸리는 전압으로,

$$E_{step} = (R_x + 2R_F) I_K = (100 + 6\rho_s) \frac{0.155}{\sqrt{t}}$$

$$R_0 \leq E_{touch} \cdot \frac{\alpha_1}{I_E}, R_0 \leq E_{step} \cdot \frac{\alpha_2}{I_E}$$

R_K : 인체저항(1,000Ω)

R_F : 인체 한 다리의 접촉저항($3\rho_s$)

ρ_s : 표토층 고유저항[Ω-cm]

I_K : $\frac{0.155}{\sqrt{t}}$ 인체에 대한 허용 전류 한계

t : 통전 전류의 계속 시간

α_1, α_2 : 안전율(3~5배로 함, 최대 10~15)

라. 접지방식의 선택

- (1) 목적에 따른 방식

- ① 기기접지: 기기 외함의 접지이며 인체의 안전면에서 저항값이 구제된다.
- ② 계통접지: 계통 중성점의 접지이며, 계통의 이상전압 억제 및 보호계전기의 동작을 고려해서 저항값을 정한다.
- ③ 뇌보호 접지: 피뢰기, 피뢰침 등 커다란 뇌격전류를 대지로 방출하기 위한 접지, 피뢰기 보호 효과를 유지하기 위해서 될수록 낮은 접지저항이 바람직하다.

- (2) 상호 접속방식에 따른 방식

- ① 단독접지: 뇌보호 접지, 기기접지, 계통접지를 분류하는 방식으로써 뇌격전류는 뇌보호 접지만으로 흐르게 한다.
- ② 연접접지: 뇌보호 접지와 기기접지, 계통 접지를 함께 접속하는 방식이다. 뇌격전류와 지락 사고 전류가 같은 접지에 흐르며, 단독접지에서 낮은 접지저항을 얻지 못할 때 사용한다. 연접접지인 경우 가공지선과 구내의 접지도 접속한다.

마. 접지저항의 계산

- (1) 접지봉의 접지저항

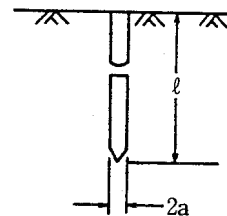
- ① 접지봉이 1개인 경우

$$R = \frac{\rho}{2\pi\ell} \left(\log_e \frac{4}{\ell} - 1 \right) [\Omega]$$

ρ : 대지고유저항[Ω-cm]

ℓ : 접지봉의 길이

a : 접지봉 반지름[cm]



〈접지봉 접지저항〉

② 접지봉이 다수인 경우

$$R_n = K \cdot \frac{1}{\sum \frac{1}{R_n}} [\Omega]$$

K : 접지계수(1.2 정도)

(2) 매설지선의 접지저항

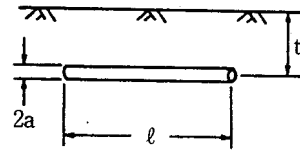
$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left\{ \left(\log_e \frac{2\ell}{a} - 1 \right) + \left(\log_e \frac{1}{t} \right) - 2 \right\} [\Omega]$$

(3) 망상접지의 접지저항

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L} [\Omega] \text{ (Liemann의 공식)}$$

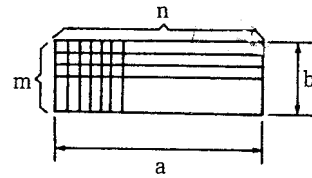
$$r: \text{등가변경} : \sqrt{\frac{a \times b}{\pi}} [\text{cm}]$$

$$L: \text{망상전장} : b(n+1) + a(m+1) [\text{cm}]$$



조건 $< \ell$

〈매설지선의 접지저항〉



〈망상접지의 접지저항〉

바. 전위경도의 계산

실제, 수변전 설비의 접지계에서의 복잡한 구성 때문에 국부적인 전위경도를 정확하게 계산하기가 곤란하다.

(1) 메쉬접지의 경우

$$E_{step} = (0.1 \sim 0.15) \rho_s \cdot \frac{KI_E}{L}$$

$$E_{step} = (0.6 \sim 0.8) \rho_s \cdot \frac{KI_E}{L}$$

E_{step} : 보폭전압

E_{touch} : 접촉전압

ρ_s : 표토층의 고유전압

I_E : 접지전류

K : 수정계수<보통: 1.0, 접지망 주변: 1.2~1.3>

L : 매설접지선의 항장

사. 소내 인접 저압회로와 인입도체에 대한 대책

- (1) 저압회로, 통신회로: 절연변압기에 의해 절연
- (2) 궤도: 절연조인트 사용
- (3) 가스, 수도관: 구내 여러 곳에서 접지, 구외와 연결하는 배관으로 그 경계에서 10[m]가량 절연관으로 절연
- (4) 케이블 시스: 다점접지로 하면 순환전류가 흐르므로 구내에서 일점접지

아. 안정성 검토 및 대책

- (1) 조작핸들: 핸들을 절연재료로 사용, 절연대 사용, 보조 접지망으로 근처에 매설하여 전위경도를 낮춘다.
- (2) 울타리: 접지계에 포함시켜 접지, 보조 접지망으로 근처에 매설하여 전위경도를 낮춘다.

자. 보충적인 접지의 개선

- 접지저항이 낮아지지 않을 때에는 긴 접지봉을 추가로 시공한다.
- 전위경도의 개선을 위해서 접지망의 간격을 좁힌다.
- 전위경도가 낮아지지 않을 때에는 아스팔트, 자갈 깔기 등 고저항 표면을 만든다.
- 지락전류의 일부를 다른 회로, 즉 가공지선 등으로 분류한다.
- 접지전류를 낮게 제한한다.
- 접지저항 저감 방법
 - ㉠ 물리적 저감법
 - 수평공법: 접지극의 병렬접속, 접지극의 치수확대, 매설지선 및 평판 접지극, 다중 접지시트
 - 수직공법: 접지봉 깊이 박기, 보링공법
 - ㉡ 화학적 저감법
 - 비반응형 저감제(공해문제): 염, 황산, 암모니아 분말, 벤젠나이트
 - 반응형 저감제(주로 적용, 무공해): 화이트 아스론, 티코겔 등

문제
02

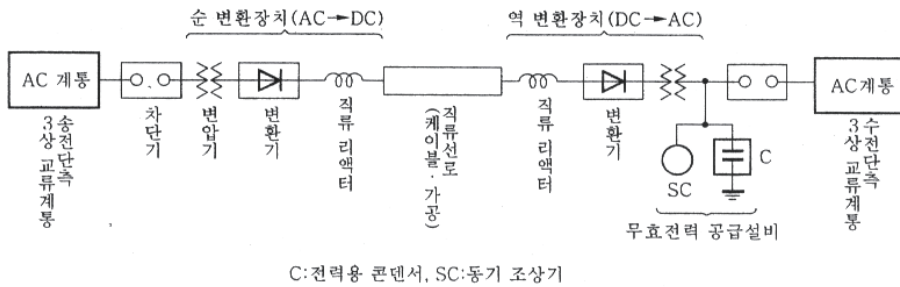
초고압 직류송전(HVDC)의 장단점을 교류송전과 비교하여 설명하시오.

| 해설 |

1. 직류송전

직류 송전 방식의 전기사업의 초기에는 직류 발전기로 부근의 수요에 대해 수천 볼트 이하의 저전압으로 전력을 공급해 왔으나, 수요의 증대 및 공급 지역의 광범위화로 인해 변압기로 전압을 쉽게 변압할 수 있는 교류송전이 유리해짐에 따라 현재에는 거의 대부분이 교류송전을 하고 있다. 그러나 최근에 와서는 전원의 원격화 및 대용량화로 인해 장거리·대용량(수백만 kW)용으로서 송전 안정도 문제가 없는 직류송전이 각광을 받기 시작하고 있다. 또, 해협 횡단 등 비교적 거리가 긴 해저 케이블 송전이나 주파수가 서로 다른 지역 간의 계통연계 및 점점 증대되는 단락용량 억제 대책의 하나로서 교·직 연계계통의 필요성이 높

아집에 따라 세계 각국에서 직류송전을 채용하는 사례가 늘어나고 있다.



[그림 1] 직류 송전 방식의 구성

2. 직류 송전 방식의 장점

가. 절연계급을 낮출 수 있다.

직류 방식은 선로전압이 같은 실효값의 교류전압 최고값의 $1/\sqrt{2}$ 이므로 선로의 절연이 그만큼 용이해진다. 따라서 가공선일 경우에는 선로의 건설비가 저렴해지고 철탑 등도 소형화할 수 있다. 케이블 송전일 경우에는 유전손 등이 없기 때문에 훨씬 유리해진다.

나. 송전 효율이 좋다.

교류에서는 무효전력 및 표피효과 등으로 인해 송전 손실이 커지지만, 직류에서는 이러한 것이 없고, 또 역률이 항상 1로 되기 때문에 그만큼 송전 효율도 좋아진다.

다. 안정도가 좋다.

직류 방식에서는 리액턴스 및 위상각에 대하여 고려할 필요가 없기 때문에 교류 방식에서 고려되어야 할 안정도상의 난점이 없어진다.

라. 직류에 의한 계통 연계는 단락용량이 증대하지 않기 때문에 교류 계통의 차단용량이 작아도 된다.

마. 비동기 연계가 가능하므로 주파수가 다른 계통 간의 연계가 가능하다.

이상으로, 어느 정도 장거리가 되면 직류 송전측이 유리해지는데 그 거리는 송전 용량이나 지리적 조건에 따라 달라지지만, 가공선로의 경우 수 100[km], 케이블의 경우에는 수 10[km] 정도로 보면 될 것이다.

3. 직류 송전 방식의 단점

가. 무효전력 보상설비의 가격이 고가이다.

변환 장치는 유효전력의 50~60[%] 정도의 무효전력을 소비하므로 보상 설비비가 고가이다.

나. 필터설비가 필요하다.

교류, 직류 변환장치에 고조파가 발생한다.

다. 교류계통에 비해 자유도가 적다.

계통 구성의 자유도를 주기 위해 제어 보호방식 및 직류 차단기의 신뢰성을 제고할 필요가 있다.

라. 직류 변환 장치가 고가이다.

소용량 단거리 선로에는 비경제적이다.

마. 직류전류의 차단이 곤란하여 직류 다단자 회로망 구성이 어렵다.