

제60회 발송배전기술사 문제 해설 ②

◆ 자료제공 : 서울공과대학
 용인송담대 교수 유상봉/기술사
 두 원 공 대 교수 김세동/기술사



본 시험정보는 2000. 3. 5 시행한 국가기술자격검정 발송배전기술사분야에 출제된 1~4교시의 시험문제로서 2 교시를 발췌하여 게재합니다.

[교육훈련팀]

2 교 시

※ 다음의 문항중 4문항을 택하여 답하시오(각 25점).

[문제 1] 잘 연가된 3상 1회선 송전선로에서 무부하 송전전압 154kV를 인가 했을 때 송전단 전류 및 수전단 전압이 각각 139.8[A,진상], 160.4[kV] 였다. 이 선로의 4단자 정수를 구하시오.

송전단 상전압, 전류를 E_s, I_s , 수전단 상전압, 전류를 E_R, I_R 이라 하면 1상에 대하여,

$$\dot{E}_s = \dot{E}_R + B\dot{I}_R \quad \dots (1)$$

$$\dot{I}_s = C\dot{E}_R + D\dot{I}_R \quad \dots (2)$$

$$AD - BC = 1 \quad \dots (3)$$

의 관계가 있다. 또한 $A = D$ 가 성립된다. 무부하시에는 E_s 와 E_R 은 같은 상으로 되고

$$\dot{I}_R = 0 \text{ 이므로 } \dot{I}_R \text{는 } \dot{E}_s \text{ 보다 } \frac{\pi}{2} \text{ 앞서게 된다.}$$

$$\text{한편 } \dot{E}_s = \frac{154}{\sqrt{3}} \times 10^3$$

$$\dot{E}_R = \frac{160.4}{\sqrt{3}} \times 10^3 \text{ [V]}$$

$$\dot{I}_s = j139.8 \text{ [A]}$$

이므로 식 (1)로부터

$$\dot{A} = \frac{\dot{E}_s}{\dot{E}_R} = \frac{\frac{154}{\sqrt{3}} \times 10^3}{\frac{160.4}{\sqrt{3}} \times 10^3} = 0.960 = \dot{D}$$

다음 식(2)로부터

$$\dot{I} = \frac{\dot{C}_s}{\dot{E}_R} = \frac{j139.8}{\frac{160.4}{\sqrt{3}} \times 10^3} = j1.510 \times 10^{-3} \text{ [} \delta \text{]}$$

마찬가지로 식(3)으로부터

$$\dot{B} = \frac{AD - 1}{\dot{C}} = \frac{0.960^2 - 1}{j1.510 \times 10^{-3}} = j51.92 \text{ [} \Omega \text{]}$$

$$\therefore \dot{A} = \dot{D} = 0.960$$

$$\dot{B} = j51.92 \text{ [} \Omega \text{]}$$

$$\dot{C} = j1.510 \times 10^{-3} \text{ [} \delta \text{]}$$

[유제] 공칭 전압이 345[kV]의 3상 송전 선로가 있다 이 선로는 대칭 4단자 회로로서 4단자 정수 중 B 는 $j49[\Omega]$, C



는 $j0.0016[\delta]$ 이다. 이 송전선의 무부하시의 수전단 선간 전압이 350[kV] 일 때 송전단의 전압과 전류는 얼마로 되겠는가?

[해설]

4단자 정수 회로에서는 $\ddot{A}\ddot{D} - \ddot{B}\ddot{C} = 1$ 이며 제의에 따라 $\dot{A} = \dot{D}$ 의 관계가 성립된다.

이로부터

$$\dot{A} = \sqrt{1 + \dot{B}\dot{C}} = \sqrt{1 + j49 \times j0.0016} = 0.96 = \dot{D}$$

$\dot{I}_r = 0$ (무부하시)의 경우에는

$$\dot{E}_s = \dot{A}\dot{E}_r = 0.96 \times \frac{350}{\sqrt{3}} = 194[\text{kV}]$$

$$\therefore V_s = \sqrt{3} \times E_s = 336[\text{kV}]$$

$$\dot{I}_s = \dot{C}\dot{E}_r = j0.0016 \times \frac{350}{\sqrt{3}} \times 10^3 = j323.2[\text{A}] \text{ (진상전류)}$$

[문제 2] 수력발전소를 설계할 때 수차의 회전속도를 결정하는 과정에 관해는 하시오.

수차의 회전 속도는 유효낙차 H와 최대 사용 유량 Q에 의해서 결정되는데 그 결정 순서는 다음과 같다.

- ① 유효낙차 H로부터 수차의 종류를 결정한다(표 1).
- ② 수차의 종류와 유효낙차 H를 써서 수차의 비속도 N_s 를 결정한다(표 2).
- ③ 유효낙차 H와 최대 사용 유량 Q로부터 수차의 출력($P=9.8QH\eta$)을 산출하고 이 P와 H, N_s 를 다음 식에 대입해서 회전속도 N을 구한다.

$$N_s = \frac{NP^{\frac{1}{2}}}{H^{\frac{5}{4}}} \text{ [m-kW] 또는}$$

$$N = N_s P^{-\frac{1}{2}} H^{\frac{5}{4}}$$

표 1

물의 작용형태에 의한 분류	수차의 종류	적용 낙차 범위[m]
충동형	펠톤 수차	200 ~ 1,800
반동형	프란시스 수차	50 ~ 530
	프로펠러 수차 : 고정 날개형 가동 날개형 (Kaplan) 원통형 (Tubular)	3 ~ 90
		3 ~ 20

표 2

종 류		N_s 의 한계치	
펠톤 수차		$12 \leq N_s \leq 23$	
프란시스 수차	저속도형	$N_s \leq \frac{20,000}{H+20} + 30$	65 ~ 150
	중속도형		150 ~ 250
	고속도형		250 ~ 350
사류 수차		$N_s \leq \frac{20,000}{H+20} + 40$	150 ~ 250
카플란 수차 프로펠러 수차		$N_s \leq \frac{20,000}{H+20} + 50$	350 ~ 800

여기서, N : 수차의 정격 회전속도[rpm]
 H : 유효낙차[m]
 P : 낙차 H[m]에서의 수차의 정격 출력[kW]

④ 수차의 회전속도 N을 동기속도를 구하는 식에 대입해서 극수 p를 구한다. 이 극수보다 크면서 가장 가까운 짝수를 수차의 극수 p로 한다.

$$(N = \frac{120f}{p} \text{ [rpm]})$$

⑤ 최종적인 수차의 회전속도 N을 동기속도 N_s 의 식으로부터 산출해서 구한다.

⑥ 최종적인 수차의 회전수는

$$N = \frac{N_s \cdot H^{\frac{5}{4}}}{\sqrt{P}} \text{ 의 계산한 값이}$$

$N = \frac{120f}{p} \text{ [rpm]}$ 의 계산한 값보다 크도록 조화시킬 필요가 있다.

[문제 3] 대지진에 의한 전력설비의 보호를 위한 변전기기의 내진 대책에 관하여 상술하시오.

1. 개요

최근 들어 고전압·대용량화에 따라 기기가 대형화되는 경향이 있으며 기기의 신뢰성 향상의 일환으로서 내진성능에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

특히 우리나라는 환태평양 화산지대의 변방에 위치하고 있고 최근 몇 년사이에 지진의 빈도가 급격히 증가하고 있으며 최근 정부에서도 건축물 내진등급을 상향 조정하여 이에 따라 전력설비도 내진설계기법을 적용해야 한다는 중요성이 부각되고 있다.

따라서 앞으로 시설될 건축물은 물론이고 전력 시설들에 대해서도 내진설계를 필히 적용해야 하고 특히 원자력발전소를 비롯한 주

요 댐과 발전소, 변전소, 전기철도, 공항, 지하 시설물 등과 같이 지진 발생시에 재산피해와 인명피해는 물론 사회 혼란이 클 것으로 예상되는 전력시설물에도 내진설계를 하여야 할 것으로 사료된다.

2. 내진설계의 목표

(1) 인명 안전성의 확보

지진시 전기설비의 붕괴 파괴로 인한 직접적인 영향으로부터 내부인명을 안전하게 보호하기 위해 설치방법, 설치강도 등을 지진내습에 견디도록 강구하는 것이다.

(2) 재산의 보호

지진이 내습한 이후 각종 기기 설치 장비의 신속한 재사용 및 파괴 정도를 최소화시키고 복구 등에 필요한 시간과 경비를 최소화 하기 위한 목적이 있다.

(3) 설비기능의 유지

지진시 인명의 신속한 대피 및 인명구조를 하기 위한 장비사용 및 비상 전원 가동의 안정화를 기할 수 있는 조치와 최소한 비상설비의 기능을 확보유지하기 위한 목적이 있다.

3. 전력시설물의 내진 중요도 분류

전력시설물의 내진성은 건물의 사회적 중요도나 용도를 고려해서 등급을 설정한다. 중요도 등급의 구분은 2~5단계 정도로 구분할 수 있지만 일반적으로 3단계(중요도 A B C)로 분류하면 다음과 같다.

(1) 중요도 A

건물사용목적에 따라 건물의 기능유지상 중요한 설비나 재해시의 인명 안전 확보상



에 중요한 설비에 대해 기능유지의 확보를 해야하는 전기설비

하며 형상, 미관 등도 고려할 필요가 있다.

(2) 중요도 B

손상 등으로 인해 인명이나 중요설비 기능에 관한 2차 재해가 발생할 염려가 있는 설비에 대해 손상방지나 안전을 고려해서 정지나 긴급차단의 지진 관제운전을 해야할 사항

(2) 설비고정

설비는 콘크리트 구조 위에 기초볼트, 앙카볼트가 충분한 전단력, 수평 인장력 등에 강도가 있는 것으로 고정한다.

(3) 중요도 C

그밖에 설비기능에 관해 다소의 피해가 있어도 비교적 간단히 보수, 복구가 가능한 것과 설계를 할 경우 이러한 등급에 따라 각설비별로 중요도를 결정하고 전력시설물의 내진계산을 하여 적용한다.

(3) 전도방지 보조 프레임 설치

변압기 같이 수평길이 보다 수직길이가 긴 설비는 보조 프레임으로 지지하여 전도방지를 한다.

4. 내진설계시 고려사항

(4) 기기와 연결하는 Bus Duct 는 가요성 재질로 설치

변압기 측의 Bus Duct는 가요성 Bar로 진동시 진동현상이 기기로 전달되지 않도록 한다.

(1) 기초설계

수변전설비의 주요기기에는 변압기, 차단기, 피뢰기, 변성기, 콘덴서 등이 있고 대개는 콘크리트 기초로 되어 있다. 이것들은 모두 정지기기이므로 동하중이 가해지는 일은 없지만 설계하중으로서는 기기나 기초자체의 중량에 따르는 수직하중과 풍압과 지진에 의한 수평하중에 관해 안전을 2이상을 가지도록 설계하지 않으면 안될 것이다.

5. 내진대책

또 설계상의 문제점으로는

(1) 건물 및 설비의 지진반응 예측

건물의 지진반응, 건물 입지장소의 지반조건, 건물형상, 구조종별, 건물강성에 따라 다르며 동일 건물이라도 층에 따라 가속도, 변위가 다르다. 또한 건물내에 설치된 설비들은 지진입력을 받음으로써 반응치가 변화한다.

- ① 될 수 있는대로 콘크리트의 소요량이 적을 것
- ② 출수, 설해 등에 대해서 충전부의 이격거리를 충분히 취할 수가 있을 것
- ③ 지하수 등에 의한 지반의 변화도 충분히 예측해 둘 것
- ④ 기기의보수·점검작업에 편리하고 안전한 배치나 형상일 것
- ⑤ 케이블 피트 등이나 다른 구조물과의 관련에 대해서도 충분한 고려를 해야

전체적으로 건물의 지진응답 예측은 건물 입지 장소의 지반조건, 건물형태, 구조종별, 건물의 강성에 따라 예측될 수 있으며 이 예측점을 고려하여 그 이상의 내구력을 가진 설치방법 및 시공방법이 고려되는 것이다.

(2) 설비의 적정 배치

고압 및 특고압기기 및 배선의 배치에 따

라서는 지진입력의 영향정도에 따라 손상 또는 전도로 기능정지, 2차 재해발생으로 이어질 수도 있어 고압용기기 및 배선설비는 적정배선로로 기획해야 한다.

구체적인 설계기법은 다음과 같이 들 수 있다.

- ① 중요도가 높은 전력용기기는 작용하는 지진력이 비교적 적은 건물저층부에 배치한다.
- ② 지진입력으로 오동작할 염려가 있는 설비는 작용지진력이 비교적 적은 아래쪽에 배치한다.
- ③ 공조, 위생설비의 다른 설비들에서 지진시 접촉으로 손상을 받지 않는 경로에 배치한다.
- ④ 점검, 확인 및 보수하기 쉬운 장소에 기획한다.

(3) 사용자재의 강도 확보

전기설비의 내진성 검사항목으로 자재강도를 들 수 있다. 즉 지진입력으로 건물이 반응하고 동시에 건물내 설치된 설비계도 반응한다.

이때 생기는 분성력 및 변위는 설비계 각 부위의 강도를 검토하는데 중요한 요소가 된다.

분성력에 대해서는 수평지진력으로 자재 고정부에 가해지는 전단력(수평지진력에 의한 것), 인장력(지진입력으로 생기는 분성 모멘트에 의한 것) 및 이러한 복합된 힘을 계산하고 이 수치를 넘는 허용반응력이 있는 자재를 사용한다.

변위에 대해서는 층간변위 1/200에 대해 강도적 탄성범위내에 있으며 전기적 문제가 없는 설계·시공을 한다.

(4) 공진 방지

전기설비의 기기 및 배선들은 건물의 지진반응에 대해 공진이 없는 설계·시공으로

해야한다. 건물설계용 1차주기는 전적으로 다음 식으로 구한다.

$$T_1 = 0.028H(\text{초}) \text{ 철골조}$$

$$T_2 = 0.020H(\text{초}) \text{ 기타, 철근콘크리트조, 철골철근콘크리트조}$$

$$\text{단, } H = \text{건물의 지상높이(m)}$$

또 설비에 대해서는 자유진동에서 고유 주기를 구하고 건물과의 공진이 되지 않는 설계, 시공을 해야 한다.

(5) 기능보전

지진중 전력시설물의 운전에 대해서는 다음과 같은 조건이 있다.

① 지진중에도 운전한다.

② 지진측정기로 감지하고 지진정도에 따라 기기운전이 자동적으로 잠시 정지되거나 보수원이 수동으로 잠시 정지시켜 지진후에 운전재개와 같은 두 가지의 큰 방식이 있으며 또 지진후의 운전 재개에 대해서도

③ 자동적으로 재운전 개시가능한 것

④ 점검, 확인후 재운전 개시가능한 것

이상 두가지 방식이 있는데, 무정전이 요구되는 특수한 용도의 부하를 제외하고는 상기 ②, ④의 운전조건이 일반적으로 적용되고 있다.

6. 결론

1997. 6. 26 발생했던 지진의 진앙지는 원자력 발전소가 몰려있는 양산단층대 부근이었으나 당국이 이를 2번이나 수정발표하여 은폐했다는 의혹이 뒤늦게 제기되어 원자력 발전의 안전성에 대한 국민의 불안감을 고조 시키고 있다. 물론 한국전력공사 등은 규모 7 이상의 강진에 견디도록 설계됐다고 하지만 단층대가 활성화일 경우 이 정도 이상의 큰 지진이 발생할 위험이 충분히 있다. 앞으로 원자력 발전소 뿐만 아니라 건축물의 전력시설물에 대한 내진설계도 새롭게 논의 되어야 하고 건축



물의 설계강화에 부응하여 우리 전기계에도 보다 구체적이고 실용가능한 내진설계기준을 시급히 마련해야 한다. 특히 지진에 대한 대책을 더욱 더 강화하여 전력시설물 정지로 인한 제2차 재해 등 막대한 사회혼란과 인명피해를 막는데 우리 전력기술인 모두가 노력을 기울여야 하겠다.

[참고] 日本 과년도 출제문제 해설분 요약

[문 제] 변전소에 있어서 전기설비의 내진 설계에 대해서 기술하시오.

1. 내진설계수법

최근들어 고전압·대용량화에 따라 기기가 대형화하는 경향이 있으며 기기의 신뢰성 향상의 일환으로써 내진성능에 관한 연구가 진행되어 지진과 함께 공진하기 쉬운 유연한 구조에서 지진피해가 많은 대형 애자형 기기를 중심으로 정적 수평 가속도 0.5G의 지진에 견디도록 한 정적 설계법의 대체방법으로 동적 내진설계가 도입되게 되었다.

동적 내진설계의 설계수법으로

- (a) 변전기기는 전국 각지에 여러형태의 지반에 많이 설치되기 때문에 설계 지진입력, 지반, 기초의 영향을 각각에 대해서 검토하는 것은 매우 곤란하다.
 - (b) 애자형기기의 대부분은 그 고유 진동수가 지진의 진동수 범위내(탁월주파수 0.5~10Hz)에 있기 때문에 지진과 공진 가능성이 많다.
 - (c) 내진상의 최대 약점이 되는 애자류는 취성재료이기 때문에 그 파괴는 강재 등과 달리 발생응력이 허용치를 초과한 순간에 일어나며 그 유지시간과 파형의 영향을 받지 않기 때문에 정현파 등의 동가파형의 채용이 가능하다.
- 이상의 변전기기의 내진상의 특수성을

근거로 하여 설계의 효율화와 기기의 표준화를 꾀하기 위하여 공진정현 n파를 입력하는 모의공진법의 적용과 지반·기초 등의 영향을 일반화 하고 이것을 포함하여 기기 단체의 설계지진 입력으로 하는 방법이 채용되고 있다.

다음으로 설계지진력에 있어서는 먼저 지표면 입력으로서 수평가속도 0.3G를, 또한 파형은 과거의 실제 지진파에 의한 응답과 모의공진법에 의한 응답의 비교로부터 공진정현 2파를 채용하는 것이 적당하다. 더우기 S파 속도 150m/s 이상의 지반에서는 기초의 증폭은 일반적으로 1.2배 이하로 알려져 있으며 이것에 연직 가속도와 접속도체의 영향 등 불확정 요인에 대한 여유도 1.1배를 고려하면 기기 단체의 지진 입력은 지표면 입력의 약 1.3배에 해당된다.

또한, 공진정현 3파와 공진정현 2파의 응답의 비는 약 1.3배이다. 따라서 변전기기 단체의 설계 지진력으로는 “공진정현 3파 0.3G”가 된다.

이상을 기초로 다음의 내진설계 조건이 적당하다.

- (a) 설계수법 : 모의공진법
- (b) 설계지진력 : 공진정현 3파 0.3G (단, 기기의 고유진동수가 0.5Hz를 밑돌 경우, 또는 10Hz를 초과할 경우에는 설계지진력의 진동수를 각각 0.5Hz, 10Hz로 한다)
- (c) 인가개소 : 가대하단
- (d) 지반조건 : 지반의 S파 속도 150m/s 이상

2. 변전기기의 내진대책

- (a) 기기의 고유주파수를 0.5~10Hz까지 낮추고 지진파의 공진을 피하는 구조로 한다.
- (b) 부재를 강화하는 방법
 - 단주 구조물의 강성을 증가시키고 진동시의 윗부분(두부) 변화를 될 수 있는 한 적게하고 구조물 기초에 작용하는

응력을 경감한다.

① 애자의 강화

(i) 단면계수의 증대 : 애자의 동경을 크게하고 단면계수를 증가시켜서 응력을 저하시킨다.

(ii) 고강도 애자의 사용

(iii) Flange의 강화 : 애자와 플랜지의 시멘트 부분에서 결정되는 파괴강도를 높이기 위하여 플랜지의 내측 두께를 늘려 플랜지의 변형을 방지하든지, 아니면 플랜지의 높이를 늘려서 시멘트 부분의 면적을 넓게 한다.

② 가대·기초의 강화 : 다음과 같이 하여 가대, 기초의 고유진동수를 기기의 고유진동수 보다 높인다.

(i) 가대를 경사재 등에 의해 보강한다.

(ii) 지지애자 설치부를 보강한다.

(iii) 볼트의 느슨해짐 방지대책을 강구한다.

③ 두부 중량의 경감 : 이것에 의해 고유진동수를 높일 수 있으며 또 애자 기초의 굴곡모멘트도 적어져서 애자에 작용하는 응력을 낮출 수 있다.

(c) 발생응력을 낮추는 방법

① 감쇄의 증가 : 기기의 감쇄기를 설치하고 지진의 동적 진동 에너지를 흡수하여 애자에 전달되는 응력을 적게 한다.

② 애자에 작용하는 굴곡 응력을 적게 한다. 애자에 미리 압축응력을 가하여 굴곡에 의한 인장응력을 상쇄 시킨다.

(d) 상호간섭에 의한 피해파급의 방지

지진에 의해 인접기기의 위치가 어긋나고 그것에 의한 인장하중이 지진하중에 겹쳐지지 않도록 한다.

① 단독 접속에 의한 방법

② 기기간의 전선에 여유를 주는 방법

[문제 4] 절연재료에서 일어날 수 있는 열화의 원인을 항목별로 설명하고, 열화 진단법에 대하여 논하시오.

1. 개요

우리나라의 지중배전용 케이블로서 주로 사용되고 있는 CV케이블은 운전실적이 20년에 이르고 있으며 이러한 CV케이블은 지중에 설치한 후 6~8년이 경과하면 수트리라고 하는 열화현상이 발생한다. 즉 케이블 내부에 수분이 생성, 잔존, 침입한 상태에서 장기간 사용하면 절연체내에 수트리 현상이 발생하여 절연 성능이 현저하게 저하한다.

따라서 세계각국에서는 배전용 CV케이블의 내수(耐水) Tree 성능을 향상시키기 위한 연구 개발을 진행하고 있다.

2. 절연열화원인

- ① 전기적 원인
- ② 열적 원인
- ③ 화학적 원인
- ④ 기계적 원인
- ⑤ 생물적 원인

등으로 나누어 볼 수 있는데 이들은 어느 것이나 단독으로 작용한다기 보다는 매우 복잡한 상호작용의 과정을 거치면서 케이블을 열화 시켜 나간다.

(I) 전기적 원인

상시 운전전압이나 과전압, 썬지 전압 등에 의해서 부분방전, 전기 Tree, 수트리 등이 발생하여 케이블을 열화시킨다. 여기서 Tree 현상이란 전기적, 화학적 원인 또는 수분에 의해서 절연체 내에서 또는 절연체와 도체의 계면에서 절연이 파괴되기 시작하여 이것이 진행되어 그림 1과 같이 나무



가지 모양으로 절연이 파괴되어가는 현상을 Tree라고 한다. 절연층 내에 Voids가 있거나 도체와 절연체 사이의 계면에 돌출부분이 있거나 또는 De-Lamination(계면이 완전히 접촉되지 않은 부분)이 있으면 그 부분에서부터 부분 방전이 발생하여 쉽게 트리로 진행되어 간다.

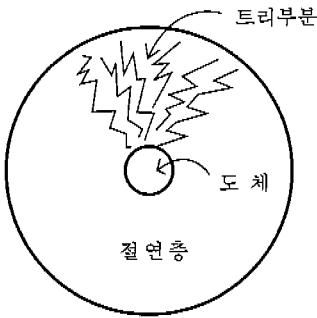


그림 1 Tree 현상

(2) 열적 원인

이상온도 상승, 열신축(열사이클)등에 의해서 열적으로 연화되어 버리거나 기계적인 손상 및 변형을 일으켜서 전기적 요인과 복합 작용으로 열화 시키며 또한 열에 의해서 재질 자체가 화학적으로 변화하기도 한다.

(3) 화학적 원인

기름, 화학 약품, 토양 중에 함유된 각종 화학물질 등에 의해서 케이블의 절연 외피를 부식 시키거나 화학반응으로 변질시키며 이들 화학물질이 절연층을 투과하여 도체에 닿으면 화학 트리를 일으켜서 케이블의 절연을 열화 시킨다.

(4) 기계적 원인

기계적 압력이나 인장, 충격 또는 외상에 의해서 케이블이 기계적으로 손상 변경되어 전기적 원인과외의 복합 작용으로 열화하며 보호 피복의 손상으로 침수되어 절연이 파괴되기도 한다.

(5) 생물적 원인

개미나 쥐, 벌레 등이 케이블의 외피나 절연층을 갉아 먹는 원인으로 케이블이 손상되기도 한다.

3. 절연열화 진단법

(1) 직류 고압법

절연물에 직류전압을 인가하면 그림 2와 같이 세가지 성분에 의한 전류, 즉 순시 충전전류, 흡수전류(분극에 의한 전류), 누설전류,

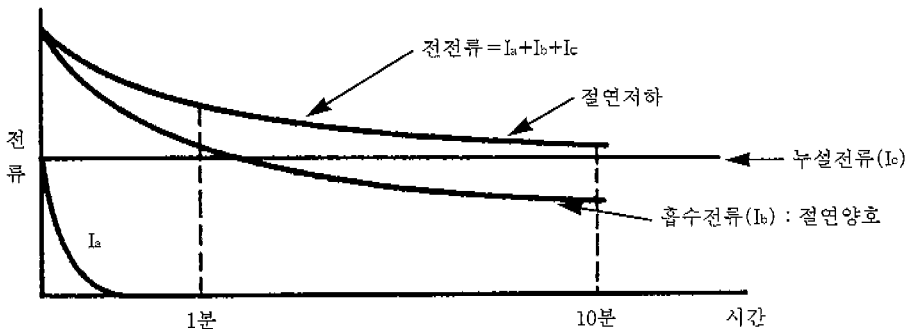


그림 2 직류고압법

표 1 절연판정 방법 및 조치

시스 절연저항 및 직류성분		판정	조치
시스 절연저항 100[kΩ]미만		보류	수리 후 재측정
시스 절연저항 100[kΩ] 이상	1[nA]미만	양호	5년 내에 재측정
	1~10[nA] 미만	경주의	3년 내에 재측정
	10~100[nA] 미만	중주의	1년 내에 재측정
	100[nA] 이상 또는 변동폭 100[nA] 이상	불량	시급히 케이블 교환

전류가 흐르는데 결국 일정한 값으로 안정되는 원리를 이용하여 누설전류의 크기로 절연상태를 판정하게 된다.

(2) tan δ 법

절연물에 교류전압을 인가했을 때의 tan δ 값, tan δ 전압 특성, tan δ 온도 특성 등으로부터 절연물의 흡습, 보이드(Void) 등에 의한 절연열화 정도를 조사하는 시험이다.

즉 유전 손실 = $VI \tan \delta$ (여기에서, $\tan \delta = \omega C_x \cdot R_x$)로 계산되며 측정장치로는 가변 저항 및 콘덴서를 사용하는 Schering Bridge 회로가 사용된다.

(3) 부분방전 측정법

케이블에 고전압을 인가하여 공극, 외상 등 결합부분에서 발생하는 부분방전의 크기와 빈도를 측정하는 방법으로 직류전압에 의한 방법과 준삼각파 또는 저주파를 이용하는 방법이 있는데 후자를 사용하면 직류를 사용하는 것 보다 부분방전의 발생 빈도나 검출감도가 좋아지는 장점이 있다.

(4) 절연 저항법

1,000~2,000[V] Megger로 도체와 대지 간의 절연저항을 측정하는 방법으로 2,000 [MΩ] 이하이면 주의를 요한다.

(5) 수트리화선 진단장치

고압케이블 시스접지선에 흐르는 누설전류 중 직류성분을 검출하는 것으로 이는 수트리 발생 XLPE 절연체의 직류 전도전류가 인가전압의 제곱에 비례하여 흐르는 원리를 이용한 방법으로 절연판정 방법 및 조치내용은 표 1과 같다.

4. 결론

자연열화에 의한 케이블의 절연파괴 이전에 절연열화 여부를 정확히 판정함으로써 케이블 사고에 의한 정전시간을 단축할 수 있게 되었다.

최근에는 활선상태에서 케이블의 절연열화를 진단하는 기술이 개발되었으며 이러한 기술을 타 종류의 케이블에도 확대 적용하는 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

[문제 5] 초고압 대용량 변전소를 설계할 때, 변전소의 설계 및 기기의 시방에 유의해야 할 사항에 대하여 항목별로 설명하시오.

초고압 대용량 변전소는 계통으로부터의 중요도가 높으므로 신뢰도 향상을 최대의 목적으로 설계하여 건설하여야 하며 또한 위치선정 및 출력, Bank 구성 등을 고려해야 한다.



1. 설계시 유의해야 할 사항

(1) 결선방법

- 선정조건으로 현재, 미래의 설비형태 및 규모를 파악하며 운용의 융통성, 보수의 편리, 증설의 용이, 건설비 등을 고려하여야 한다.
- 특히 사고 파급의 효과 축소가 중요하다.

(2) 설비의 단순화 및 합리화

- 설계를 단순화하여 합리적인 사고방식, 운전관리의 용이, 건설비의 절약을 포함
- 단순화는 고 신뢰도의 대단위 용량기의 채용, 모선방식의 단순화에 의해 이룸

(3) 단락용량 증대의 대책

- 송전용량의 증대로 단락용량이 증대하므로 경감할 수 있는 접속방식을 고려해야 함
- 사고시에는 신속정확한 사고선택 제거가 필요
- 단락전류에 대한 기기의 기계적 강도, 통신선에 대한 유도장해의 방지, 구내접지선의 전압 상승과 접촉전압의 저감, 제어 케이블, 기타 회로의 전위상승의 억제에 주의

(4) 절연설계

- 설비의 신뢰도 뿐만 아니라 건설비에도 큰 영향을 미치므로 신중한 검토가 필요

(5) 피뢰차폐 및 접지

- 뇌의 직격을 확실히 피하기 위해 소내 및 가까운 송전선에 100% 차폐시설 설치
- 설비의 접지저항을 작게하고 기타 기기를 연결 접지함(등전위 접지)
- 파괴기의 적정 배치에 의해 절연 협조에 안전
- 지락전류의 소내유입에 대비해 소내외의 보완 대책에 신중히 고려

(6) 보호방식, 제어방식

- 거리계전기, 고속도차단 재폐로용 차단기

- 의 채용으로 사고를 신속, 차단, 제거 및 계통안정도 향상과 급전의 만전
- 제어회로의 오조작 방지, 대책 필요

(7) 코로나 대책

- 코로나 발생은 전력손실 및 코로나 잡음을 가져옴
- 코로나 잡음이 송전선을 타고 전파되지 않도록 주의

(8) 염해 대책

- 해안인접 변전소는 애자의 형상 및 치수, 활선청소, 과절연, 특수절연, Coating을 고려함

(9) 전압조정

- 부하시 전압조정기에 의한 방법과 조상설비에 의한 방법이 병용(IVR + ULTC)
- 최근 부하 말단의 진상설비의 보급, 복도체의 사용, 고전압 지중선로의 확장으로 충전전류의 증가 때문에 변전소에서의 전력용 콘덴서의 신 증설은 차차 감소 경향
- 오히려 경부하시 무효전력의 대책으로 분로리액터를 설치하고 일반적으로 부하시 전압조정기를 채용하는 경향

(10) 소음 대책

- 보통 옥외식이므로 주의
- 공기차단기 등의 조작시 배기음 대책에 주의

2. 위치선정시 유의 해야할 사항

- (1) 위치, 지형, 넓이가 적당하고 장래의 확장 여유가 있는가
- (2) 송전선의 인입, 인출에 지장이 없는가 (장래 회전수 증가에 대한 여유)
- (3) 주위의 현재 또는 미래의 발전성이 변전소에 미치는 악영향은 없는가(공해 문제)
- (4) 용지 매수상의 난이
- (5) 흙뜯우기, 매립 등 정지의 난이 및 비용

- (6) 기기 냉각용수 및 음료수의 양부 및 소용량의 유무
- (7) 토질이 중량물의 설치에 적당한가
- (8) 기기반입, 수송에 지장은 없는가
- (9) 중업원 사택, 의료시설, 교통, 학교관계에 불편은 없는가
- (10) 기상적 및 지리적 제조조건이 양호할 것

3. 기기의 시방

(1) 대용량화와 신뢰도 향상

- 설비의 단순화를 위해 기기 단위 용량의 대형화 필요, 설비의 합리화를 위해 신뢰도 향상 필요
- 공사기간의 단축을 위해 변압기 수송, 조립에 대한 문제로 선정에 주의

(2) 변압기

- 내부전위 진동을 방지하기 위해 차폐구조의 철저
- 부하시 전압조정 방식의 경우 전압조정기의 보수 점검을 용이하게 함
- 계통의 중성점 접지방식은 변압기 절연계급을 떨어뜨리게 채택

(3) 차단기

- 저역률, 소전류 차단에도 재점호 하지 않는 것을 채택
- 중성점 직접접지계통에서는 고속 차단 계폐로 차단기의 채용이 불가결함

(4) 옥외철구

- 조립의 간소화, 중량의 저감, 건설비의 절감을 가져오도록 채택

(5) 피뢰기

- 피뢰기 특성이 설비 절연 레벨을 좌우하므로 보호레벨의 향상이 요구됨

(6) 기타

- 가공선 철구, 기기 충전부는 코로나를 방

지할 수 있게 만든 것이 필요

【문제 6】 가공배전선로에서 순간고장의 원인과 대책에 대하여 논하시오.

1. 개요

근래에 들어 배전선로에서 순간고장의 발생으로 인한 피해가 증가하고 있으며 까치로 인한 지락사고, 수목의 접촉사고 등으로 발생하고 있다. 이에 대한 적극적인 대책이 필요하다.

2. 순간고장의 발생원인

- ① 절연물의 열화에 기인하는 것
 - 과열, 아크(애자파손, 전선 단선, 변압기 손상, 개폐기 및 기타)
- ② 기상적 원인에 의한 것
 - 우기의 영향, 태풍, 폭설 등 자연재해
- ③ 조류 및 수목의 접촉에 의한 것
 - 조류 사고
 - 3~5월, 7월에 높고, 겨울철에는 거의 없다.
 - 시간적 7~10시
 - 전선(애자 지지부)과 접지축(완금)간에 조류 접촉에 의한 지락, 이 때의 아크로 전선 애자 등에 손상 초래
 - 따라서 Jumper 개소나 기기 설치주와 같은 장주가 복잡한 곳에서 많이 발생
- ④ 선로고장 : 송·배전선로의 선로고장(낙뢰, Surge, 단락, 지락 등)으로 인한 순간정전, 계통의 기기소손, 각종 계전기의 오동작으로 인한 정전
- ⑤ 원인 불명

3. 순간 고장 대책

1) 조류사고의 방지대책

조류사고(鳥類事故) 방지대책(防止對策)의



주요과제(主要課題)는 가공선로에서 기기 손상과 정전을 방지하는데 있다. 삼상사선식 고압 배전선로에서 빈번한 조류사고는 조류접촉시의 순시지락으로 일어난다. 따라서 조류사고는 도체와 대지간의 절연을 확보함으로써 방지할 수 있다.

조류사고 방지대책에는 다음 사항들을 고려하는 것이 효과적이다.

- ① Line Hose는 전선을 과열시킬 우려가 있으므로 경부하 선로에만 사용하는 것이 좋다.
- ② Vinyl 수지계 Line Hose와 완금 C는 Polyethylene 수지로 제조함이 좋다.

③ 절연 Tape에 의한 기기단자나 Lead선의 절연 및 증부하 선로에서 Line Hose 작용도 바람직하다.

- ④ 3호 LP애자를 사용한다.
- ⑤ Jumper Wire를 하향으로 설치한다.
- ⑥ 연장 볼쇄클을 사용한다.

2) 배전계통의 순간고장 대책

- ① 배전설비 투자 확대 : 열화기기의 교체
- ② 배전자동화

전기 기술사 소방강좌

• 노동부 • 교육부 • 서울시 지정교육기관

“전기에 관한 한 최고의 명문임을 자부합니다”

1964년 국내최초로 설립한 이래— 36년간 150,000여명의 전기기술자를 배출한 최고의 명문!!

- | | | |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ 전기공사(산업)기사반 ■ 전기(산업)기사반 ■ 전기철도기사반 ■ 전기기능사반 ■ 소방설비기사(전기&기계)반 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 개강 • 정규반 : 매월 10일 • 필기/실기특강 : 원서접수 첫날 ▶ 강의시간 • 오전반 10:00~12:30 • 야간반 7:00~ 9:30 | <ul style="list-style-type: none"> • 각 과정 교대근무자 수강가능 • 확원 자가별당으로 최고의 시설완비 • 기초부터 상세히 책임지도 • 최고의 권위를 자랑하는 전임강사진 |
|---|--|--|

발송배전 권축전기 전기철도 기술사

※ 60회 분원합격자: 김중환, 김현철, 최상기, 우대성, 이해수, 양응초

개강 • 수료반: 6월 7일 • 일요일: 6월 4일 • 토요일: 6월 10일

- 강사진: 분야별, 과목별로 세분화된 최고의 권위강사진
- 유상봉: Y대학교수/공학박사/국내최대 5종목 기술사보유
- 김세동: D대학교수/공학박사/기술사 - 조양경: Y대학교수/공학박사
- 임철교: 기술사/경원지도사/CS1 필장 - 김영곤: 기술사/D엔지니어링 부사장
- 박용덕: 기술사/S엔지니어링 대표 - 박병수: 기술사/D엔지니어링 이사 4대인

수강료 환급

본원은 노동부 지정 “재직자 직능능력개발훈련기관”으로, 아래 종목 수강자에 한하여 노동부에서 고용보험기금을 지원하므로 수료후 규정에 따라 최고80%까지 수강료를 환급합니다

- 대상: 고용보험 적용업체에 재직중인 자(고용보험 납부자)
- 대상종목: - 발송배전기술사반 • 권축전기선비기술사반
- 전기공사기사반 • 전기기사반 • 필, 심기특강반
- 정원: 각 과정별 40명(선착순 마감)
- 접수서류: 입학원서(본원양식) 1부, 사진(반명함) 3매

■ 서신강좌: 지방거주자 및 직접수강이 어려운분 대상 • 실시종목: 전기(산업)기사, 전기공사(산업)기사, 소방설비(산업)기사

서울공과대학원 676-1113~5

서울 영등포구 당산동1가 455번지 (지하철2,5호선 영등포구청역 하차, 문래역방면 60m)