

# 건축전기설비기술사 문 제 해 설

[제124회]

2021. 5. 23(일) 시행

## 【제1교시】

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하십시오. (각10점)

1. 유도전동기의 진동과 소음의 원인에 대하여 설명하십시오.
2. 전력케이블에 흐르는 충전전류의 다음 사항에 대하여 설명하십시오.  
1) 발생원인 2) 문제점 및 영향
3. 과위퓨즈(PF)에서 한류형과 비한류형의 구조 및 특징을 설명하십시오.
4. 광원에서 색온도 정의와 조도와 관계에 대하여 설명하십시오.
5. 전기재료의 전기적 고유특성 3가지(도전, 절연, 유전)에 대하여 설명하십시오.
6. 대지저항률 측정방법 중 웨너(Wenner) 4전극법과 대지저항률의 특성에 대하여 설명하십시오.
7. 전력계통에서의 유효접지와 비유효접지를 비교하여 설명하십시오.
8. 변류기 Knee Point Voltage의 정의와 CT(Current Transformer)에 미치는 영향에 대하여 설명하십시오.
9. 보호계전기의 정의와 오동작 방지 조건에 대하여 설명하십시오.
10. 차단기의 보호협조방식에 있어 아래 그림의 X 점에서 고장이 발생할 경우 캐스케이드(Cascade) 차단방법에 대하여 설명하십시오.
11. 과도현상에서 최대전력 전달조건을 R, L, C 회로별로 구분하여 설명하십시오.
12. 3상 유도전동기의 전기적인 제동방식 중 4가지를 설명하십시오.
13. 정전기의 방전현상 중 코로나 방전에 대하여 설명하십시오.

## 【제2교시】

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 대형 건축물 설계에서 변전실 선정 시 고려해야할 사항 중 다음 내용에 대하여 설명하시오.
  - 1) 위치선정 시 고려사항
  - 2) 기기배치 시 고려사항
  - 3) 건축 상 고려사항
  - 4) 변전실 면적 결정에 영향을 주는 요소
2. 3상 회로의 대칭분과 불평형성분을 대칭좌표법에 의하여 관계를 정리하고, 저항 R이있는 a상에서 1선 지락고장 발생 시 대칭분전류와 지락전류의 산출방법에 대하여 설명하시오.
3. 유도전동기의 속도제어 기본식을 설명하고, 속도제어 방법의 종류와 적용방법에 대하여 설명하시오.
4. 뇌전자기임펄스(LEMP) 보호대책시스템(LPMS)과 관련하여 다음 사항을 설명하시오.
  - 1) 피뢰구역(LPZ)의 대책
  - 2) LEMP 보호대책시스템(LPMS) 설계 및 기본 보호대책
5. 배터리를 이용한 대용량 에너지 저장시스템(BESS)의 구성도, 전지종류별 특징, 장단점, 기술동향에 대하여 설명하시오
6. 변류기에 대하여 다음을 설명하고 계산하시오
  - 1) 비오차
  - 2) 합성오차
  - 3) 비보정 계수(Ratio Correction Factor)
  - 4) 100/5의 변류기 1차에 100A가 흐르고 2차에 4.96A가 흐를 경우 변류기 비오차를 계산하시오

## 【제3교시】

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하십시오. (각25점)

1. 수변전설비 시스템에서 변압기뱅크의 구성방법과 변압기 모선 구성방식에 대한 특징을 각각 설명하십시오.
2. 건축전기설비의 내진설계 시 고려사항과 변압기, 발전기, 배전반, 간선, 승강기의 내진대책에 대하여 설명하십시오.
3. 신·재생에너지의 정의 및 특징과 그 종류(11가지)에 대하여 설명하십시오.
4. 초고층 건축물의 수직간선 계획 및 설계 시 아래사항에 대하여 설명하십시오.
  - 1) 초고층 건축물의 정의
  - 2) 수직간선 선정 시 고려사항
  - 3) 간선의 부설방법에 따른 문제점 및 대책
5. 조명기구의 특성에 따른 다음의 각 기능을 설명하십시오.
  - 1) 배광효율
  - 2) 휘도특성
  - 3) 기구효율
6. 다음 조건에서 변압기의 여자돌입전류가 발생하는 메카니즘을 설명하십시오.
  - 1) 전압이 최대일 때 투입하는 경우
  - 2) 전압이 0일 때 투입하는 경우

## 【제4교시】

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 예비전원 설비에서 축전지설비의 축전지용량 산정방법에 대하여 설명하시오.
2. 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템과 관련하여 다음 사항을 설명하시오.
  - 1) 모듈구조
  - 2) 특징
  - 3) 일반 태양광발전(PV)시스템과 건물일체형 태양광발전(BIPV)시스템의 비교
  - 4) 설계 시 고려사항
3. 선로의 이상전압 발생원인과 보호대책에 대하여 설명하시오.
4. 박물관이나 미술관의 전시조명 설계 시 고려사항에 대하여 설명하시오
5. 한국전기설비규정(KEC)의 접지방식 중 저압전로의 보호도체 및 중성선의 접속 방식에 따른 TN, TT, IT 계통접지에 대하여 설명하시오
6. 에스컬레이터 전원용량 산정방법과 안전장치에 대하여 설명하시오

## 【제1교시】

### 1-1. 유도전동기의 진동과 소음의 원인에 대하여 설명하시오.

#### 해설

#### 1. 개요

전동기의 진동과 소음에는 전기적인 원인과 기계적인 원인이 있으며 이 2가지 사항을 구분하여 설명하면 다음과 같음

#### 2. 전기적 및 기계적 원인

원인	발 생 형 태
전기적	1. 운전시 3상중 1상의 결상시 회전자계의 불균형에 기인
	2. 운전시 고조파 부하에 의한 왜형파 전압파형으로 비정상적인 회전자계 형성
	3. 구조적으로 공극 각부의 간격 불일치시 자기적인 불균형
기계적	1. 회전축이 기하학적 중심에 있지 않고 편심되거나 기계적인 응력으로 축이 휘게 된경우
	2. 베어링의 마모 또는 손상
	3. 볼트등 기계적인 조임이 이완된 경우
	4. 공극에 이물질 삽입
	5. 하부 집수정에 의한 유체 흡입시 발생가능한 cavitation 현상
	6. 회전속도가 회전자의 고유진동주기와 일치하는 임계속도에서 운전되면 심한 진동이 발생함

1-2. 전력케이블에 흐르는 충전전류의 다음 사항에 대하여 설명하시오.

1) 발생원인 2) 문제점 및 영향

**해설**

1. 충전전류의 발생 원인

- ① 충전전류는 케이블의 정전 용량이 크기 때문에 발생
- ② 단도체의 경우 케이블의 작용 정전 용량은 다음과 같다.

$$C = \frac{0.02413}{\log \frac{D}{r}} [\mu F/km] (r = \text{도체의 반지름})$$

가공 전선로의 경우에는 D가 등가 선간 거리이기 때문에 그 값이 크지만 케이블의 경우에는 절연반지름을 쓰기 때문에 정전 용량이 가공 전선로에 비해서 약 30~40배 정도로 커짐

- ③ 3상 1회선의 경우 1선당 충전 전류

$$I_c = 2\pi f C \times \frac{V}{\sqrt{3}} [V]$$

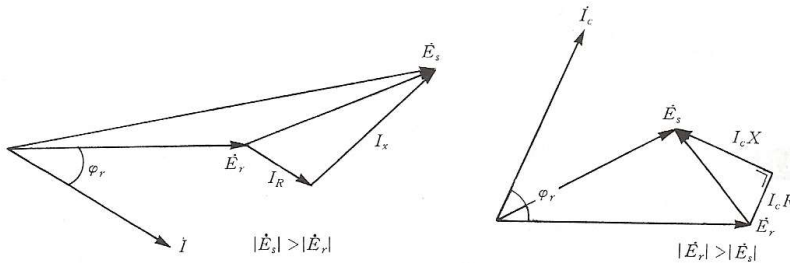
- ④ 3상 1회선의 충전 용량

$$P_c = \sqrt{3} I_c = \sqrt{3} V \times 2\pi f C \times \frac{V}{\sqrt{3}} = 2\pi f C V^2 \times 10^{-3} [KVA]$$

2. 충전전류의 문제점 및 영향

- ① 페란티 현상 : 경부하나 무부하인 경우 수전단의 전압이 송전단 전압보다 상승

그림과 같은 전력계통에서 전원측 임피던스  $Z = R + jX$ , 부하전류  $I$ , 역률  $\cos\theta$ 로 하면 수전점 모선의 전압강하는 대략  $\Delta V = I(R\cos\theta + X\sin\theta)$ 로 되므로 경부하시 손실이 감소되어 진상 역률이 되는 경우  $\sin\theta < 0$  이므로  $\Delta V$  는 (-)값이 되어 모선전압이 상승하게 된다.



(a) 지상 전류가 흐를 경우의 벡터도

(b) 진상 전류가 흐를 경우의 벡터도

- ② 발전기의 자기 여자 현상

장거리 송전선로에서는 수전단에 부하가 없을 경우에도 정전용량에 의한 충전전류가 송전단으로부터 공급되지 않으면 안된다. 이 충전전류는 발전

기전압보다 위상이 약 90도 앞서 있기 때문에 발전기를 충전할 경우(무부하 송전선에 발전기를 투입해서 운전할 경우)에는 발전기의 여자회로를 개방하여 발전기를 송전선로에 접속하더라도 순식간에 발전기의 전압이 상승하는 현상

③ 개폐서지의 증대

충전용량이 커지면 선로 차단시에 선로의 L, C에 의한 전압 진동이 심해져서 재기 전압이 높아지고 이 전압은 재점호를 유발하므로 선로의 개폐서지를 크게 한다.

④ 보호계전기 동작의 불확실성

충전용량 크면 사고 시 과도분 고조파 진동 주파수의 영향으로 동작이 불확실

⑤ 유효전력의 송전 제한

장거리 케이블 전송로는 가공 전선로에 비해서 정전 용량이 30~40배로 커진다. 전압까지 높아지면 교류의 경우는 그 충전전류(무효전류)가 매우 커져서 유효전류를 송전 할 수 있는 여유가 매우 작아져 장거리 케이블을 통해 송전하는 경우 교류 송전을 못하고 직류송전을 해야하는 경우가 생김

3. 충전전류의 대책

① 발전기의 자기여자 방지

단락비를 크게 한다.

② 분로 리액터 사용

수전단에 병렬리액터를 접속해서 진상 충전 용량의 일부를 상쇄

③ 동기발전기의 저여자 운전

동기발전기를 저여자로 운전하면 운전 범위는 V곡선의 좌측으로 뒤틀린 역률 운전이 되므로 계통의 진상 무효전력을 흡수

④ 동기조상기를 지상운전하여 진상무효 전력을 흡수

⑤ 중성점 접지

개폐이상전압을 억제하기 위해서 중성점을 직접 접지한다.

⑥ FACTS 설비의 활용

정지형 동기조상기인 SVC 또는 STATCON등을 활용

### 1-3. 파워퓨즈(PF)에서 한류형과 비한류형의 구조 및 특징을 설명하시오.

#### 해설

#### 1. 전력퓨즈의 종류 및 구조

##### ① 한류 퓨즈

- 1) 아크 저항을 크게하여 아크 전압이 높게 함으로써 단락전류를 제한하여 차단하는 방식의 퓨즈를 말한다.
- 2) 구조는 밀폐된 절연통의 양단을 막는 접촉 금속간에 퓨즈 엘리먼트를 연결하고 여기에 규사 등의 소호제를 넣어 밀봉한 것이다.

##### ② 비한류 퓨즈

- 1) 한류퓨즈 이외의 것을 총칭하여 비한류 퓨즈라고 한다.
- 2) 비한류 퓨즈로는 열분해 가스를 생성하는 재료로 만든 소호통 속에서 퓨즈 엘리먼트가 용단 되어 발생하는 가스를 통의 일단 또는 양단에서 분출시켜 전류영점에서 극간의 절연내력을 높여 차단하는 방출형 퓨즈가 대표적인 것이다.

#### 2. 전력퓨즈의 특징

##### ① 장점

- 1) PF 는 변성기, 계전기, 차단기의 3 가지 기능을 동시에 가지고 있어 편리하다.
- 2) 동작특성이 확실하고 오동작이 거의 없다.
- 3) 소형으로 큰 차단 용량을 갖는다.
- 4) 소형 경량이고 가격이 싸다.
- 5) 고속차단하며 한류특성이 있어서 후비 보호에 적합하다.
- 6) 유지관리가 간단하다.
- 7) 밀폐형은 동작해도 소음이 없다.
- 8) 한류형은 현저한 한류 특성을 가지고 있다.

##### ② 단점

- 1) 재투입이 불가능하다
- 2) 보호특성을 조정할 수 없다.
- 3) 일정 전류 이하에서 퓨즈 엘리먼트가 녹으면 차단불능이 되는 경우가 있다.
- 4) 한류퓨즈는 동작시에 과전압을 발생한다.
- 5) 3상 중 1상만 동작하면 결상으로 전동기 등이 소손 될 수 있다.

구 분	한 류 형	비한류형
소호 방식	높은 [아크저항]을 발생시켜 강제로 차단 (전압 0점 에서 차단)	소호가스로 극간의 [절연내력] 높여 차단 (전류 0점 에서 차단)
장점	[소형]이다. [한류효과] 커서 백업용 적당 [차단용량]이 크다	[과전압]이 발생하지 않는다. [과부하 보호] 가능하다. 퓨즈가 녹으면 [반드시] 차단한다.
단점	[과전압]이 발생한다. [최소차단전류]가 존재한다.	[대형]이다. [한류효과]가 적다.
전차단 시간	0.5(Hz)	0.65(Hz)

## 1-4. 광원에서 색온도 정의와 조도와의 관계에 대하여 설명하시오.

### 해설

#### 1. 개요

- 1) 흑체의 광색과 광원의 광색이 동일할 때, 그 흑체온도를 그 방사체의 색온도라 하고 T[K]로 표시한다.
- 2) 각 물체의 고유의 파장으로 가상의 온도를 말함 [측정온도+ $\alpha$ (손실)]
- 3) 흑체(백금등)를 고온으로 가열하면 발산하는 빛의 광색은 적색, 황색, 청록색을 거쳐서 백열상태로 변한다.

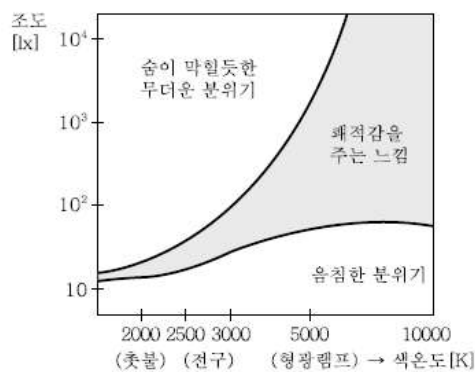
#### 2. 색온도(Color temperature)와 조도와의 관계

##### 1) 색온도가 높을때

- ① 조도를 높게 연출 - 쾌적한 분위기
- ② 조도가 낮으면 - 음산, 차가운 느낌
- ③ 백색계통의 색깔
- ④ 형광등 설계시 고조도 연출 - 사무실
- ⑤ 주간 환경을 연출 - 활동적, 명시적 욕구 충족

##### 2) 색온도가 낮을 때

- ① 조도를 낮게 연출 - 쾌적한 분위기
- ② 조도가 높으면 - 뜨거운 느낌
- ③ 붉은계통의 색깔
- ④ 백열등 설계시 저조도 연출 - 가정, 주택, 고급레스토랑, 백화점
- ⑤ 안정적 색온도에 대한 느낌



【색온도와 조도】

##### 3) 조도와 색온도에 대한 느낌

조도	K < 3300K	3300K < K < 5000K	K > 5000K
500[lx]이하 ↓ 1000~2000[lx] ↓ 3000[lx]이상	즐겁다 ↓ 적극적(유유자적) ↓ 부자연	중간 ↓ 즐겁다. ↓ 저극적	서늘하다 ↓ 중간 ↓ 즐거움

### 3. 결론

- 1) 조명설계는 조도의 밝기, 색감(색온도), 연색성을 고려하여 인간에 적합한 태양의 조건을 연출하는 것임에 따라 색온도의 높고 낮음이 조도와 긴밀한 관계속에서 실내의 분위기를 좌우함으로
- 2) 적절한 색온도와 조도를 형성하여 좋은 조명의 여건을 만들어 갈 수 있도록 세심한 노력과 배려가 필요함

## 1-5. 전기재료의 전기적 고유특성 3가지(도전, 절연, 유전)에 대하여 설명하시오.

### 해설

#### 1. 전도성

전기장이 가해졌을 때 전류를 흐르게 할 수 있는 물질의 능력으로, 저항의 역수이고, 단위는  $1/\Omega m$ 를 사용한다.

일반적으로 금속은 전기저항이 적어 전기전도도가 좋다.

##### 1) 도체 및 도전율

① 도체의 가장 중요한 특성은 도전성이다. 초전도체를 제외한 모든 도체는 저항을 가지고 있으므로 가능한 한 고유저항이 작은, 즉 도전성이 높은 도체를 사용함으로써 전력손실을 감소시키고 기기의 온도상승을 억제할 수가 있다.

② 도체는 내식성이 요구된다. 알루미늄의 경우는 염해에 의한 부식성이 있으므로 해안가 등에서는 사용하기 곤란하다

③ 저항온도계수가 작아서 온도상승에 따른 저항증가가 적어야 한다.

2) 도전율(導電率, conductivity) 또는 전도율은 물질에서 전류가 잘 흐르는 정도를 나타내는 물리량으로, 비저항(고유저항)의 역수다. 전도도와 유사한 값이나, 크기 변수인 전도도와 달리 세기 변수이다.

#### 2. 유전성

외부 전기장을 유전체에 가하면 유전분극 현상이 일어나 가해진 외부전기장에 반대방향으로 분극에 의한 전기장이 생긴다. 결과 유전체내 전기장 세기가 작아진다. 이때 작아진 비율이 유전율이다.

전기변위장은 전기장을 만드는 전하량에만 관계하는 양이다. 따라서 일정한 전하량이 있을 경우 유전율이 높을수록 전기장은 작아진다. 이는 유전체내에서 유전분극이 증가함을 의미하기도 한다.

##### 1) 유전율

전하 사이에 전기장이 작용할 때, 그 전하 사이의 매질이 전기장에 미치는 영향을 나타내는 물리적 단위이다. 매질이 저장할 수 있는 전하량으로 볼 수도 있다. 같은 양의 물질이라도 유전율이 더 높으면 더 많은 전하를 저장할 수 있기 때문에, (저장된 전하량이 동일할 때) 유전율이 높을수록 전기장의 세기가 감소된다. 그래서 높은 유전율을 가진 물질을 축전기에 넣는 유전체로 사용하면, 축전기의 전기 용량이 커진다.

#### 3. 절연성

절연성은 전기나 열을 전달하기 어려운 성질

1) 절연체

- ① 절연체의 가장 중요한 특성은 절연내력이다.
- ② 고유저항이 커야 한다
- ③ 내구성이 강해서 장기간 사용에도 열화되지 않아야 한다
- ④ 케이블 절연체의 경우에는 유연성이 있어서 포설시의 굴곡에 손상이 가지 않아야 한다.

2) 절연저항

절연물이 놓여 있는 장소의 상태에 따라 크게 변화하는 성질이 있으며 또 온도, 습도, 절연물 표면의 오손등에 의해 변동하기 때문에 이에 따라 누설 전류치도 변하게 된다. 절연물이 외부충격이나 주위여건에 의해서 자연 열화등 절연물로서의 성질에 손상을 입히게 되면 그 목적에 부합하게 되어 그 결과 절연 열화라고 하는 상태가 되고 이 절연열화에 의해 단기적 혹은 장기적 변화에 의해 서서히 절연저항이 감소되어 결국에는 절연물이 파괴되어 지락사고를 일으킨다.

## 1-6. 대지저항률 측정방법중 웨너(Wenner) 4전극법과 대지저항률 특성에 대하여 설명하시오.

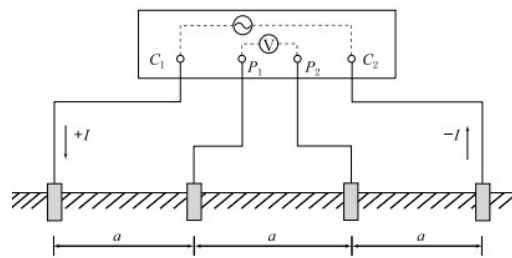
### 해설

#### 1. 대지저항률 측정법

- (1) 2전극법
- (2) 4전극법(등간격, 부등간격)
- (3) 간이 측정법(역산법)

#### 2. Wenner 4전극법(등간격 4점법)

- (1) 4개의 전극을 직선상의 동일한 간격으로 배치,  $C_1$ 과  $C_2$  사이에 전압을 공급하여 양 바깥쪽 전극간 흐르는 전류  $I$ 와 안쪽 2전극간에 유도되는 전압  $V$ 를 측정하여 대지 저항률을 산출하는 방법
- (2) 현재 대지저항률 측정방법으로 가장 많이 사용됨
- (3) 전극간격을  $a(m)$ 라 하면,  $V/I=R$ 로 부터 대지저항률  $\rho=2\pi aR(\Omega \cdot m)$



#### 3. 대지저항률 특성

- (1) 토양을 구성하는 성분, 입자의 크기, 분포, 균질성, 조밀도 등에 따라 다름
- (2) 토양 중 수분의 함유량이 증가하면 대지저항률은 급격히 감소
- (3) 온도가 높아지면 금속의 저항률은 증가하는데 비해 반도체나 전해질 (or 토양에 함유된 수분)의 저항은 감소하며 물질 온도계수에 따라 다름
- (4) 염분, 산, 알카리 등의 화학물질의 양이나 조성에 따라 변화
- (5) 수분과 온도에 관계하므로 기후나 계절에 따라 크게 변화  
(기온이 낮고 건조한 겨울철에 높고, 기온이 높고 습한 여름철에 낮다)

## 1-7. 전력계통에서의 유효접지와 비유효접지를 설명하시오.

### 해설

#### 1. 유효 접지계

##### 1) 정의

1선 지락시 건전상 대지전위 상승은 선간전압의 80%(상전압의 1.38배) 이하인 실질적인 직접 접지계를 의미

##### 2) 유효접지 조건

$$0 \leq \frac{R_0}{X_1} \leq 1, \quad 0 \leq \frac{X_0}{X_1} \leq 3 \text{을 동시에 만족해야 함}$$

$$\therefore R_0 \leq X_1, \quad X_0 \leq 3X_1 \text{(유도성 영역 내 범위)}$$

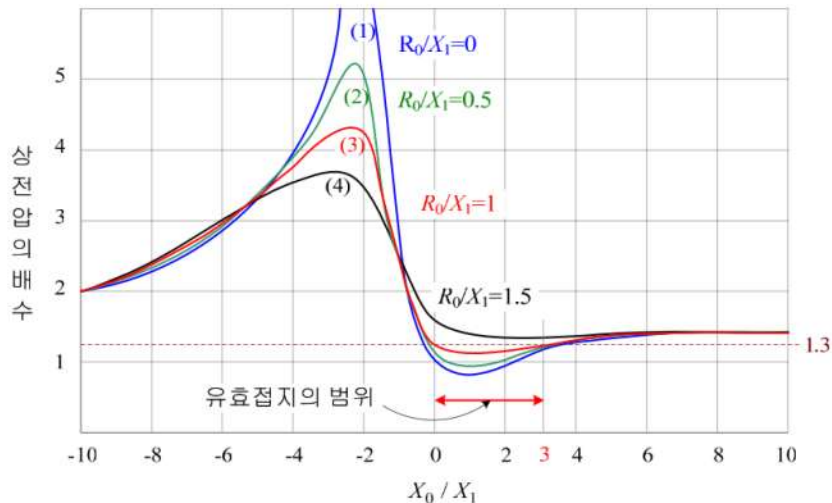


그림) 1선 지락시 건전상 전압 상승

3) 종류 : 직접접지, 저저항접지

4) 중성점 접지는 전체계통이 유효접지내(접지계수가 75~80[%]이내)에 있어야 한다.

5) 어느 점에서든 1선 지락전류는 3상 단락전류의 60[%] 이상이어야 한다.

$$6) \text{ 접지계수 } a = \frac{\text{1선 지락시의 건전상의 대지전위}}{\text{정격 선간전압}} = 0.75 \sim 0.8$$

#### 2. 비유효 접지계

##### 1) 정의

접지계수가 80%를 초과하는 유효접지 이외의 계통

2) 비유효접지 조건

- ① 건전상 대지전압은 상전압의 1.38배를 초과하는 영역이 됨
- ② 용량성 영역에 걸쳐 존재
- ③ 영상공진

$$\frac{R_0}{X_1} + j\frac{X_0}{X_1} + j2 = 0 \text{ 일 때 영상 공진 발생}$$

$$\text{즉, } \frac{R_0}{X_1} + j\frac{X_0}{X_1} = -j2 \text{ 에서 } \frac{R_0}{X_1} = 0 \text{ 일 때 } \frac{X_0}{X_1} = -2 \text{ 부근에서}$$

건전상의 대지전위가 매우 큰 이상전압을 발생

3) 종류

비접지(GVT접지 포함), 고저항접지, 소호리액터 접지

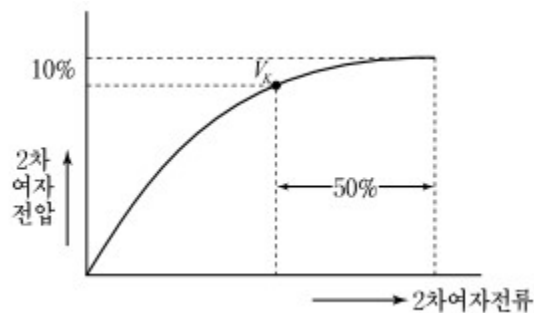
## 1-8. 변류기 Knee Point Voltage의 정의와 CT(Current Transformer)에 미치는 영향에 대하여 설명하시오.

### 해설

#### 1. Knee point Voltage(정격포화 개시 전압)

##### (1) 정의

2차 전압이 +10% 증가 될 때 2차 여자 전류가 +50% 증가되는 점의 전압



##### (2) CT(Current Transformer)에 미치는 영향

- ① 이것이 충분히 높은 특성의 CT를 계전기에 사용해야 큰 고장전류 영역에서 확실한 보호 계전기 동작을 기대 할 수 있다.

$$V_K = \frac{VA}{I} \times n$$

예) 2차 부담 25VA, 2차 정격전류 5A, 과전류정수 20인 CT

$$\Rightarrow V_K = \frac{25}{5} \times 20 = 100(V)$$

- ②  $V_K$  또는 과전류 정수 값이 크면 사고시 대전류 영역에서 계전기 동작의 신뢰성은 향상되나 계기 소손이 우려되고 그 값이 작으면 계기 보호 측면에선 유리하나 계전기 오부동작 원인 초래

## 1-9.보호계전기의 정의와 오동작방지조건에 대하여 설명하시오.

### 해설

#### 1.보호계전기의 정의

전기 회로에 이상이나 고장이 생겼을 때, 그 부분을 신속히 검출하고 차단하여 인명사고 및 기기의 손상을 줄이고, 다른 계통에 대한 사고파급을 방지하므로써 전력공급의 신뢰도 향상을 목적으로 쓰이는 계전기

#### 2. 오동작방지조건(예: 여자돌입전류)

·[비율차동 계전기] 오동작 방지대책.

##### 1) 감도저하법

- ① 여자돌입전류는 시간경과와 함께 급속히 감쇄하는 것에 착안
- ② 비율차동계전기 감도를 순간적으로(0.2초) 저하시키는 방식 (타이머를 이용)
- ③ 단점 : 저감도의 상태에서 내부사고가 발생하면 사고확대
- ④ 적용 : 10(MVA)미만 TR

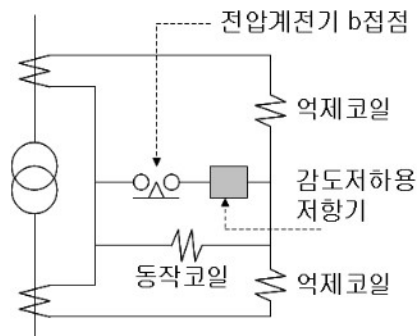


그림) 감도저하법

##### 2) 고조파 억제법

- ① 여자돌입전류에는 고조파분 특히 [제2고조파]분이 많이 포함되어 있는것에 착안
- ② 필터로 기본파와 고조파를 나누어 기본파는 동작코일에 고조파는 억제코일에 흘려주는 방식
- ③ 변압기 내부고장시 변류기 포화로 인한 고조파가 발생하여 계전기가 동작하지 않을 염려가 있다.
- ④ 적용 : 10(MVA)이상 TR

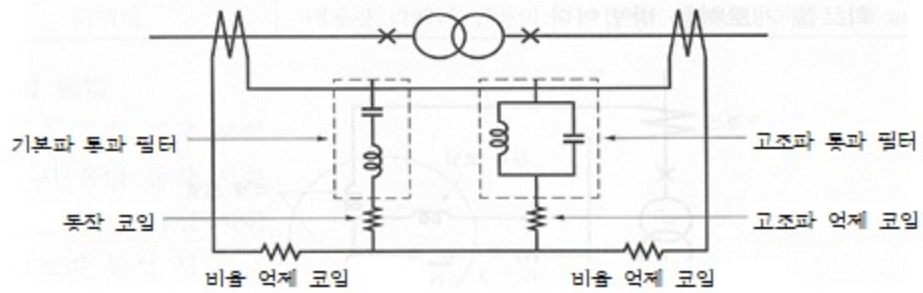


그림) 고조파 억제법

### 3) 비대칭과 저지법

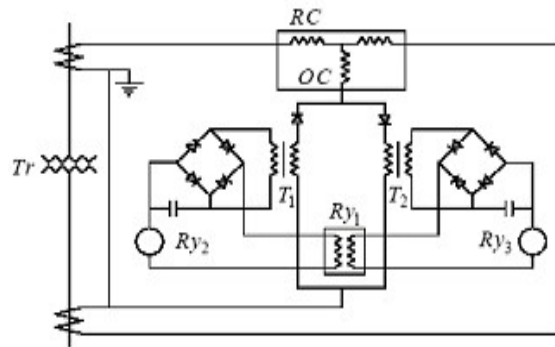


그림) 비대칭과 저지법

- ① 여자돌입전류는 반과정류파형에 가까울 정도로 비대칭이라는 점에 착안
- ② (+)(-) 반과 파형의 크기차이가 많을 때 차동 동작계전기(RY<sub>1</sub>)를 통해 동작을 억제하는 방식
- ③ 사고시 과전류계전기(RY<sub>2</sub>)(RY<sub>3</sub>)가 동작하며, (RY<sub>1</sub>)이 동작해도 차단기는 트립

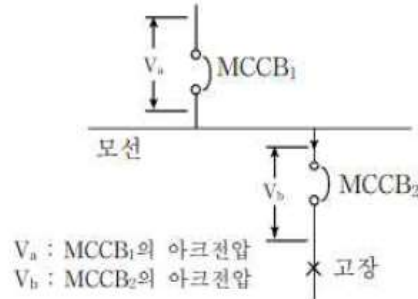
·[COS] [PF] 용단 방지대책.

- ① 변압기 정격전류 10배 0.1초 지점의 [단시간허용특성] 이하 안전통전.
- ② 변압기 정격전류 25배 2초 이내 용단될 것.
- ③ PF 투입시 무부하 투입보다는 전부하 투입검토.

·[과전류계전기(OCR)] 오동작 방지대책.

한시레버를 정정Tap치의 10배 전류에서 동작시간 0.2초로 정정한다.

1-10. 차단기의 보호협조방식에 있어 아래 그림의 X 점에서 고장이 발생할 경우 캐스케이드(Cascade) 차단방법에 대하여 설명하시오.



**해설**

1. Cascade 차단방식

1) 정의

분기회로 단락전류가 분기회로용 차단기 정격차단용량을 초과한 경우 상위 차단기로 후비보호를 행하는 방식

2) 조건

- ① 통과에너지  $I^2t$ 가 MCCB<sub>2</sub>의 허용값을 넘지 않을 것(열적 강도)
- ② 통과전류의 파괴값  $I_p$ 가 MCCB<sub>2</sub>의 허용값을 넘지 않을 것(기계적 강도)
- ③ MCCB<sub>2</sub>의 아크에너지는 MCCB<sub>2</sub>의 허용값을 넘지 않을 것
- ④ MCCB<sub>2</sub>의 전차단 특성 곡선과 MCCB<sub>1</sub>의 개극시간과의 교점이 MCCB<sub>2</sub> 정격차단용량 이하일 것
- ⑤ 고압회로에서는 적용이 불가능하고 고장전류가 10[kA] 이상인 경우 1회에 한하여 적용

3) 통과에너지  $I^2t$  및 MCCB1, MCCB2의 아크에너지

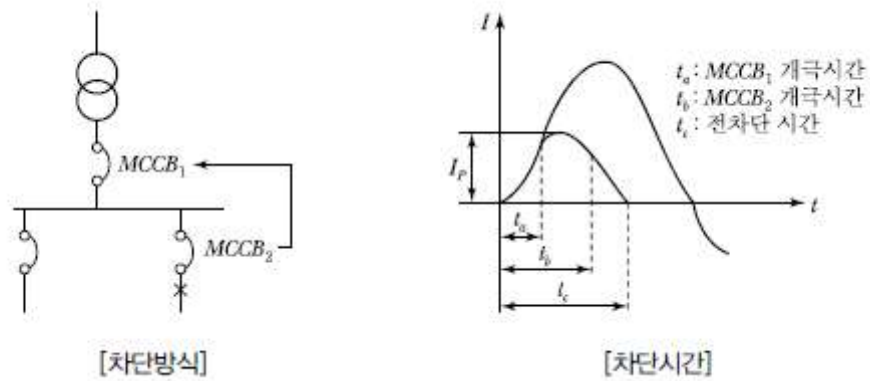
① 통과에너지  $I^2t = \int_{t_0}^{t_c} i^2 dt$

② MCCB1의 아크에너지  $E_1 = \int_{t_a}^{t_c} v_b dt$

③ MCCB2의 아크에너지  $E_1 = \int_{t_b}^{t_c} v_b dt$

여기서  $v_a$ : MCCB1의 아크전압  
 $v_b$ : MCCB2의 아크전압

4) 회로 및 동작 특성



5) 선택 차단방식과 Cascade 차단방식의 비교

구분	선택 차단방식	Cascade 차단방식
차단방법	사고회선만 차단	주차단기와 차단협조
설비가격	고가	저가
MCCB 차단용량	크다.	작다.
정전구간	사고회선에 한정	주차단기 이하 전체
적용선로	신뢰성 요구장소	경제성 요구장소

1-11. 과도현상에서 최대전력 전달조건을 R, L, C 회로별로 구분하여 설명하시오.

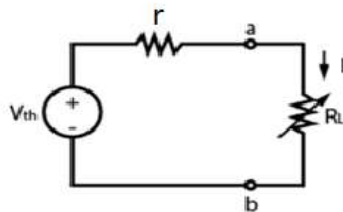
**해설**

1.개요

- 1) 과도현상이란 회로에서 스위치를 닫은 후 정상상태에 이르는 사이에 나타나는 여러가지 현상을 의미함
- 2) 최대전력전달조건이란 전력공급원에서 부하로 전력을 전달하고자 할 때 최대로 부하에 전력이 전달될 수 있는 조건을 의미함

2.최대전력전달조건

1) 회로의 구성



2) 부하에 전달되는 전력

$$P_L = I^2 R_L \dots\dots\dots(1)$$

\$r\$과 \$R\_L\$이 직렬이므로 두 저항에 흐르는 전류는 같고 그 크기는 아래와 같다

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{V}{r + R_L} \dots\dots\dots(2)$$

위 식을 (1)식에 대입하면 다음과 같다

$$P_L = I^2 R_L = \frac{V^2 \cdot R_L}{(r + R_L)^2} \dots\dots\dots(3)$$

3) 미분

\$P\_L\$을 \$R\_L\$로 미분하기 위해서는 아래의 미분공식을 사용

$$D_x \left( \frac{f(x)}{g(x)} \right) = \frac{g(x)f'(x) - f(x)g'(x)}{g(x)^2}$$

위 공식에 따라 식(3)을 미분하면 아래와 같다

$$\begin{aligned} \frac{dP_L}{dR_L} &= \frac{(r+R_L)^2 V^2 - V^2 R_L \cdot 2(r+R_L)}{(r+R_L)^4} \\ &= \frac{V^2(r+R_L)\{(r+R_L) - 2R_L\}}{(r+R_L)^4} \end{aligned}$$

부하저항이 최대전력값을 가지기 위해서는 위 식이 0이 되어야 함

$$(r+R_L-2R_L) = 0 \quad (\text{저항과 전압은 음의 값이 될 수 없음})$$

$$\therefore r = R_L$$

4) 최대전력전달조건

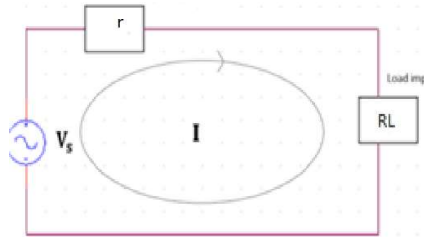
$$r = R_L$$

5) 최대전력

$$P_{\max} = I^2 R_L = \left(\frac{V}{R_T}\right)^2 R_L = \left(\frac{V}{r+R_L}\right)^2 R_L = \frac{V^2}{4R_L}$$

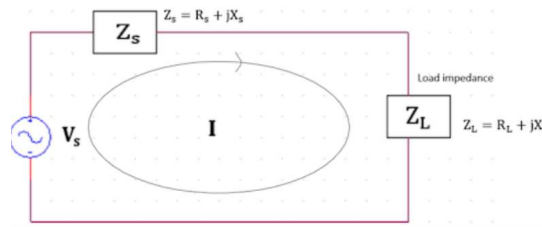
3. 회로별 구분

1) R만의 회로



$$\begin{aligned} P_{\max} &= I^2 R_L = \left(\frac{V}{R_T}\right)^2 R_L \\ &= \left(\frac{V}{r+R_L}\right)^2 R_L = \frac{V^2}{4R_L} \end{aligned}$$

2) L,C가 포함된 회로



$$X_L = -X_s$$

$$\begin{aligned} P_{\max} &= I^2 R_L = \left(\frac{V}{R_T}\right)^2 R_L \\ &= \frac{V^2}{4R_L} = \frac{V^2}{4r} \end{aligned}$$

## 1-12. 3상 유도전동기의 전기적인 제동방식 중 4가지를 설명하시오.

### 해설

#### 1. 개요

##### 1) 제동방식

전기적 또는 기계적으로 회전을 정지하는 제동법으로 정지제동(감속 후 정지), 운전제동(속도 감속)이 있음.

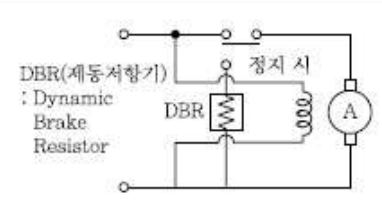
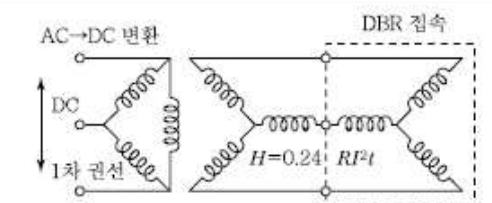
구분	기계적 제동	전기적 제동
정의	브레이크(Brake) 이용 방식	전기적 감속 제동법
분류	마찰, 유압, 공기압, Shoe, Disk, Band	발전, 회생, 역상, 직류, 단상, 와전류제동

##### 2) 제동방식별 특징

구분	기계적 제동	전기적 제동
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 정전 시에도 제동 가능</li> <li>· 저속도 영역에서 제동 가능</li> <li>· 정지 후에도 제동력 유지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 마찰, 마모부분 미발생</li> <li>· 제동효과 우수(역상제동)</li> <li>· 직류기, 교류기 모두 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 마찰 및 마찰열에 주의</li> <li>· 마모에 따른 정기적 보수 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 감속에 따라 제동력 저하 우려</li> <li>· 신속한 정리를 위한 기계적 제동과 병용 필요</li> </ul>

#### 2. 전기적 제동방식

##### 1) 발전제동

직류기	교류기
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전기자권선만 전원 분리 후 DBR 접속</li> <li>· 전동기의 발전전압을 DBR에서 저항소비 (열 발산)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 1차 전원을 교류 분리 후 직류전원 접속(1차 권선)</li> <li>· 2차 권선을 DBR에 접속하여 저항에서 열로 소비</li> </ul>

##### ① 주요 특징

- ① DBR의 저항값에 의해 제동토크와 속도 변화

- ㉠ 흡수에너지는 DBR에서 열로 소비(발열에 주의  $H=0.24 RI^2t$ )
- ㉡ 실제적인 제동보다 전동기의 과전압 소손 방지 목적

## 2) 회생제동

- ① 전동기가 동기속도 이상 운전 시 발전기 영역이 되어 회전방향과 반대방향으로 역토크가 발생하여 안전운전점으로 이동하는 원리
- ②  $N > N_s \rightarrow N < N_s$  복귀능력으로 단자전압을 제한, 전원 측으로 에너지 환원 법(ESS 활용 중)
- ③ 주요 특징
  - ㉠ 제동손실 저감, 고효율 제동
  - ㉡ 전기철도 과속 방지(언덕을 내려갈 때)
  - ㉢ 권상기, E/V, 기중기 등에 적용

## 3) 역상제동

- ① 정속방향에서 역방향 토크를 이용하여 강력한 힘으로 정지
- ② 주요 특징
  - ㉠ 제동효과 우수
  - ㉡ 발열에 주의
  - ㉢ 역상운전 시 대전류에 주의
  - ㉣ 대전류를 제한하기 위한 장치가 필요(직렬저항, 2차 저항 등)

## 4) 와전류제동(직류기의 전기철도 사용)

- ① 전기철도 차량에 이용되는 제동방식
- ② 전자석, 영구자석의 자기장을 사용하여 고속회전체의 와전류를 발생
- ③  $N \leftrightarrow S$ 극을 이용한 마찰제동법
  - ㉠ 전자석의 Pad 부에 전압 인가
  - ㉡ Rail에 와전류 형성(극성)
  - ㉢ Pad와 Rail의 극성을 이용한 전자석의 힘으로 제동하는 방식(N-S)

1-13. 정전기의 방전현상 중 코로나 방전에 대하여 설명하시오.

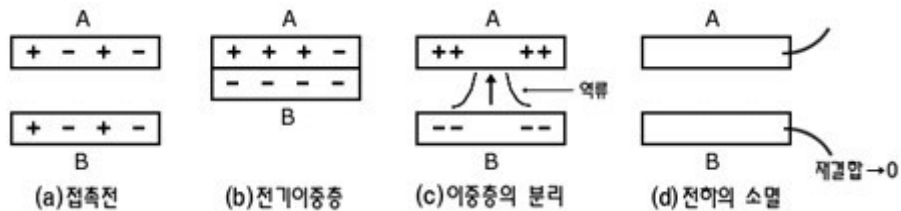
**해설**

1. 개요

- 1) 정전기는 물체에 전하가 축적된 후 이것이 방전되면서 발생함
- 2) 정전기는 여러사고나 재해를 일으켜 생산성을 저하, 극단적일 경우 폭발사고를 일으킴

2. 발생원인

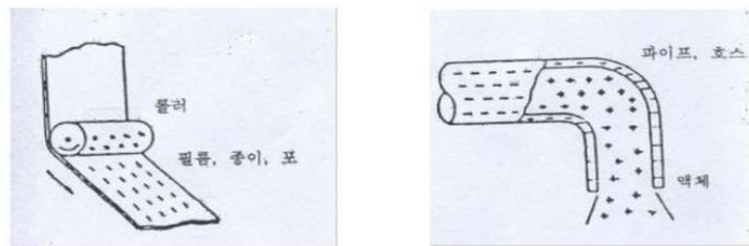
- 1) 두물체의 접촉에 의한 정전기의 발생



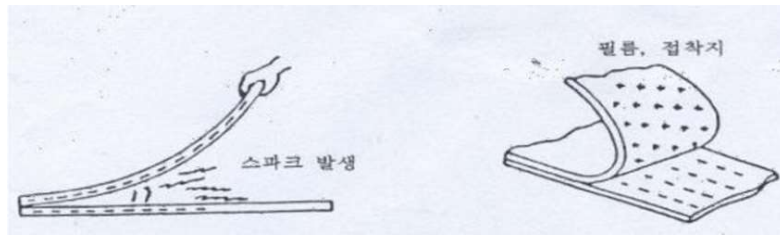
- 2) 두 물체의 접촉면에서 전기이중층을 형성하고 분리에 의한 전위상승과 분리된 전하의 소멸단계로 나누어짐
- 3) 대전현상은 이러한 단계가 연속적으로 일어나는 경우임
- 4) 정전기는 고체·액체 등의 이동 시 발생되며 순수한 기체에는 발생하지 않음

3. 대전현상의 종류

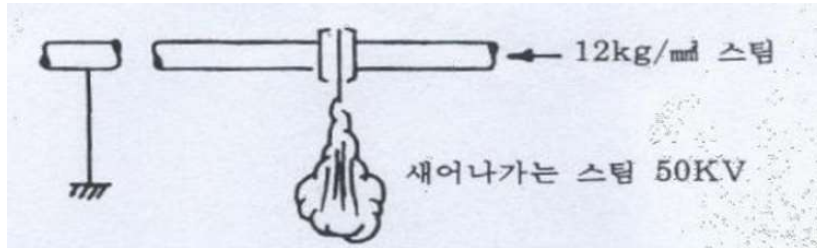
- 1) 마찰대전 2) 박리대전 3) 유동대전 4) 분출대전 5) 충돌대전



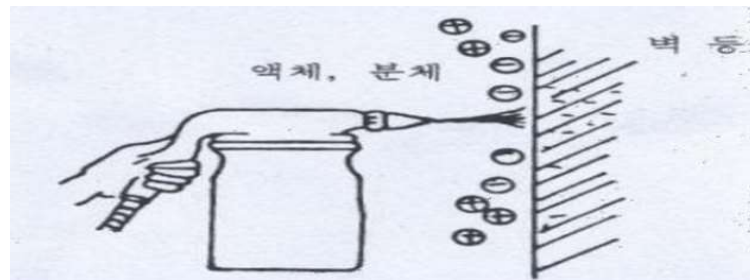
[그림. 마찰대전]



[그림. 박리대전]



[그림. 분출대전]



[그림. 충돌대전]

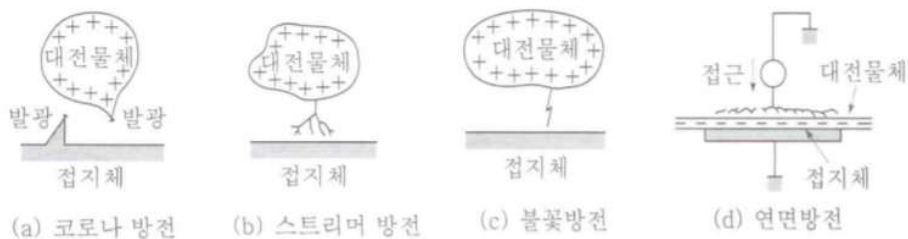
#### 4. 방전현상

##### 1) 정의

- ① 정전기의 대전량이 증가하고 부근의 공기 중의 정전계의 강도가 높아짐
- ② 공기 중의 절연파괴(30kV/cm)에 도달하여 기체가 방전되는 현상

##### 2) 종류

- ① 코로나방전 ② 스트리머방전 ③ 불꽃방전 ④ 연면방전



#### 5. 코로나방전

##### 1) 정의

- ① 공기 중에서 대전체 간의 전계가 현저하게 불균일할 때 전기력선의 밀도가

어떤 값(직류 30kV/cm, 교류 21kV/cm) 이상이 되면 대전체 표면의 공기가 이온화되어 일어나는 방전현상

② 즉, 전극사이에서 전계가 강한 국부 1개소만이 절연파괴 되어 발생하는 국부 절연 파괴현상을 말함

## 2) 임계전압

$$E_o = 24.3 m_o m_1 \delta d \log_{10} \frac{L}{r} \text{ [kV]}$$

$m_o$  : 전선 표면계수

$m_1$  : 날씨계수

$\delta$  : 상대 공기밀도

$d$  : 전선의 직경(지름, cm)

$D$  : 등가선간거리(cm)

$r$  : 전선의 반지름(cm)

## 3) 코로나손실(Peak식)

$$P_c = \frac{214}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{d}{2D}} (E - E_o)^2 \times 10^{-5} \text{ [kW/km/선]}$$

$\delta$  : 상대 공기밀도,

$f$  : 표준주파수,

$D$  : 선간거리[cm],

$d$  : 전선의 지름[cm]

$E$  : 전선의 대지전압[kV],

$E_o$  : 코로나 임계전압[kV]

## 6. 코로나 장애

### 1) 전력손실

- Peak식에 의한 손실이 발생

### 2) 코로나 잡음

- 코로나 펄스가 발생하고 코로나 잡음이 발생하여 전파장애를 일으킴

### 3) 고주파 전압, 전류의 발생

- 전압파형이 코로나 방전에 의해 고조파를 포함하게 됨

### 4) 소호리액터에 대한 영향

- 코로나 손실의 유효분 전류나 제3고주파 전류는 잔류전류가 되어 소호작용을 방해

### 5) 전력선 반송장치에의 영향

- 보호계전, 원격측정제어, 보안 등의 전력선 반송장치에 고조파가 영향을 미침

### 6) 전선의 부식

- 코로나에 의한 화학작용으로 전선을부식시킴

## 7. 방지대책

1) 굵은전선을 사용 : 전위의 기울기는 완만하게 되어 임계전압은 올라가서 공기의 절연은 튼튼하게 됨

2) 복도체를 사용 : 각 상의 전선을 2가닥 이상으로 나누어 비교적 가는 전선을

사용하여 코로나의 입계전압을 높임

- 3) 가선금구를 개량 : 표면이 거칠거나 예리한 경우에는 코로나 발생이 잦으므로 금구류의 표면을 완만하게 함.

## 【제2교시】

2-1. 대형 건축물 설계에서 변전실 선정 시 고려해야할 사항 중 다음 내용에 대하여 설명하시오.

- 1) 위치선정 시 고려사항
- 2) 기기배치 시 고려사항
- 3) 건축 상 고려사항
- 4) 변전실 면적 결정에 영향을 주는 요소

### 해설

#### 1. 개요

변전실의 설치장소는 건물의 용도, 종류, 부하의 분포상태, 설비용량 수전방식 등에 따라 각종 제약을 받지만, 가능한 한 부하의 중심으로 배전이 원활하게 이루어지는 장소가 바람직 하다.

#### 2. 변전실의 위치선정시 고려사항 및 건축상 고려사항

변전실의 위치와 구조는 건축계획의 단계에서부터

- ① 방화, 내화구조→불연재료로 구획
- ② 출입구→갑종, 을종방화문설치(비상구 방향→개폐 가능)
- ③ 조류, 짐승이 들어오지 않도록 고려
- ④ 견고한 기초, 충분한 내진조치를 한 구조로 하며, 다음사항을 고려한다.

##### 1) 건축적 고려사항

- ① 장비 반입 및 반출 통로가 확보되어야 한다.
- ② 장비의 배치에 충분하고 유지보수가 용이한 넓이를 갖고 장비에 대해 충분한 유효 높이를 확보한다.
- ③ 수변전관련 설비실(발전기실, 축전지실, 무정전 전원장치실)이 있는 경우 이와 가까워야 한다.
- ④ 수변전실은 불연재료의 구조로 구획하고, 출입구는 방화문으로 한다.

##### 2) 환경적 고려사항

- ① 환기가 잘되어야 하고 고온 다습한 장소는 피해야 하며, 부득이한 경우는 환기설비, 냉방 또는 제습장치를 설치하여야 한다.
- ② 화재, 폭발의 우려가 있는 위험물 제조소나 저장소 부근을 피한다.
- ③ 염해의 우려가 있거나 부식성 가스 또는 유독성 가스가 체류할 가능성이 있는 장소는 피한다.

- ④ 홍수 또는 물배관 사고시 침수나 물방울이 떨어질 우려가 없는 위치에 설치하고, 특히 변전실 상부층의 누수로 인한 사고의 우려가 없도록 해야 한다.
- ⑤ 수변전실에는 가연성가스, 물, 연료 등의 배관이 시설되지 않아야 한다.
- ⑥ 수변전실은 내부소음이 외부로 전달되지 않도록 하여야 한다.

3) 전기적 고려사항

- ① 수전 전원의 인입이 편리한 위치이어야 한다.
- ② 사용부하의 중심에 가깝고, 간선의 배선이 용이한 곳이어야 한다.
- ③ 용량의 증설에 대비한 면적을 확보할 수 있는 장소로 한다.
- ④ 수전 및 배전을 경제적으로 할 수 있는 곳이어야 한다.

3. 기기배치 시 고려사항

- 1) 변압기, 배전반 등 설치시 최소 이격거리는 다음 표를 참조하며, 유지보수 및 교체시를 고려하여 충분한 면적을 확보하여야 한다.

기별 \ 부위별기	앞면 또는조작·계측면	뒷면 또는점검면	열상호간(점검하는 면)
특별고압반	1,700	800	1,400
고압배전반	1,500	600	1,200
저압배전반	1,500	600	1,200
변압기등	1,500	600	1,200

주 : 1) 앞면 또는 조작 계측면은 배전반 앞에서 계측기를 관독할 수 있거나 필요조작을 할 수 있는 최소 거리이며, 뒷면 또는 점검면은 사람이 통행할 수 있는 최소거리 이상의 여유를 갖는 것을 기본으로 한다.

2) 열상호간(점검하는 면)은 기기류를 2열 이상 설치하는 경우를 말하며 배전반류의 내부에 기기가 설치되는 경우 이의 인출을 대비하여 내장 기기의 최대에 적절한 안전거리를 가산한 거리를 확보하여야 하며 앞면 또는 조작, 계측면과 같도록 하는 것을 기본으로 한다.

3) 기타 면은 변압기 등을 벽등에 연하여 설치하는 경우 최소확보 거리이며, 이 경우도 사람의 통행이 필요할 경우는 600[mm]이상으로 하는 것을 기본으로 한다.

4. 변전실 면적 결정에 영향을 주는 요소

변전실 면적은 동일용량이라도 변전실 형식 및 기기 시방에 따라 큰 차이(일반적으로 30~40%)가 생기므로 주의한다.

- 1) 변전실 면적에 영향을 주는 요소

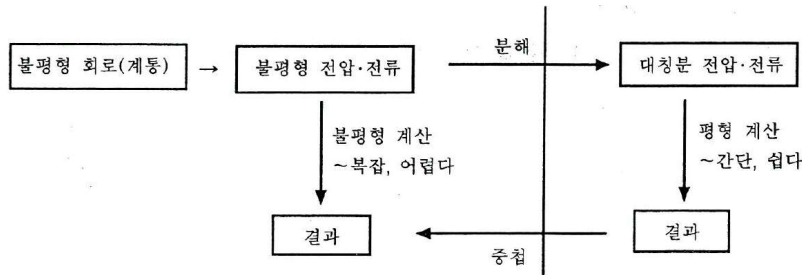
- ① 수전전압 및 수전방식
  - ② 변전설비 강압방식, 변압기용량, 수량 및 형식
  - ③ 설치 기기와 큐비클 및 시방
  - ④ 기기의 배치방법 및 유지보수 필요면적
  - ⑤ 건축물의 구조적 여건
- 2) 계획시 면적의 산정방법
- ① 계획시 개략단선도에 의하거나 계산식으로 추정하며, 설계시 실제 배치에 의해 면적을 확정해야 한다.
  - ② 계산에 의한 추정은 다음을 참고한다.
    - 변전실 면적  $A1[m^2] = K \times (TR용량(kVA))^{0.7} [m^2]$   
 여기서 K: 특·고에서 고압  $\Rightarrow 1.7$   
 특.고에서 380[V]급  $\rightarrow 1.4$   
 고압에서 저압  $\rightarrow 0.98$
    - 변전실 면적  $A2[m^2] = 3.3\sqrt{TR용량(kVA)} \times \alpha [m^2]$   
 여기서  $\alpha \rightarrow$  건물면적이 6,000[m<sup>2</sup>]  $\rightarrow 2.66$   
 건물면적이 10,000[m<sup>2</sup>]  $\rightarrow 3.55$   
 건물면적이 10,000[m<sup>2</sup>] 이상  $\rightarrow 4.3$ , 기타  $\rightarrow 5.5$
    - 변전실 면적  $A3[m^2] = 2.15 \times (TR 용량(kVA))^{0.52} [m^2]$
    - 변전실 면적  $A4[m^2] = 5.5\sqrt{TR 용량(kVA)} [m^2]$

2-2. 3상 회로의 대칭분과 불평형성분을 대칭좌표법에 의하여 관계를 정리하고, 저항 R이 있는 a상에서 1선 지락고장 발생 시 대칭분전류와 지락전류의 산출방법에 대하여 설명하시오.

**해설**

1. 대칭 좌표법

3상 회로의 불평형 문제를 푸는데 사용되는 계산법으로, 불평형인 전류나 전압을 그대로 취급하지 않고 일단 그것을 대칭적인 3개의 성분으로 나누어서 각각의 대칭분이 단독으로 존재하는 경우의 계산을 3번 실시한 다음 마지막에 그들 각각 성분의 계산 결과를 중첩시켜서 실제의 불평형인 값을 알고자 하는 방법이다.



1) 대칭분전류

- ① 그림과 같이 선로 정수가 평형된 3상 회로에 임의의 불평형 3상 교류가 흐르고 있다고 하면 다음과 같다.
- ② 이 때 a상의 전류  $i_a$ 를 기준으로 해서 다음과 같은 대칭분의 전류가 각 상에 있다고 한다.

$$i_0 = \frac{1}{3}(i_a + i_b + i_c) [A]$$

$$i_1 = \frac{1}{3}(i_a + ai_b + a^2i_c) [A]$$

$$i_2 = \frac{1}{3}(i_a + a^2i_b + ai_c) [A]$$

단,  $a^2 = 1 \angle 240^\circ = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$ ,  $a^3 = 1 \angle 360^\circ = 1$

- ③  $1 + a + a^2 = 0$ ,  $a^3 = 1$  이므로

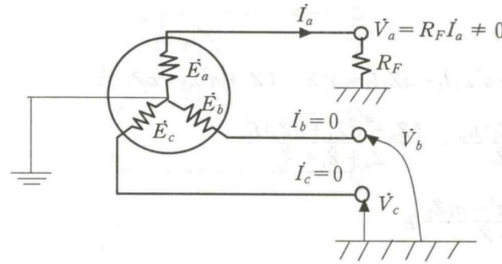
$$i_a = i_0 + i_1 + i_2 \quad i_b = i_0 + a^2i_1 + ai_2 \quad i_c = i_0 + ai_1 + a^2i_2$$

- ④  $i_0$ 는 같은 크기와 같은 위상각을 가진 평형 단상 전류로서 지락 고장시 접지 계전기를 동작시키는 전류이지만 한편으론 통신선에 대해서는 유도 장해를 일으키는 전류 이기도하다.
- ⑤  $i_1$ 은 평형 3상교류로 전원과 동일한 상회전 방향으로 되어있으며 이 전류가

전동기에 흐르게되면 회전토크를 주게 된다.

- ⑥  $I_2$ 는  $I_1$ 과 상회전이 반대인 3상 평형 전류로서 이 전류가 전동기에 흐르면 제동작용을 해서 그 만큼 전동기의 출력을 감소시키게 된다.

2. 저항 R이 있는 a상에서 1선 지락고장 발생 시 대칭분 전류와 지락전류의 산출방법



1) 고장 조건

$$V_a = R_F I_a, \quad I_b = I_c = 0$$

그러나 a상의 대지전위는 완전지락이 아니므로 영이 아니라  $V_a = R_F I_a$ 이다.

2) 대칭분 전류

$$I_0 = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c) = \frac{1}{3}(I_a + 0 + 0) = \frac{1}{3} I_a$$

$$I_1 = \frac{1}{3}(I_a + aI_b + a^2I_c) = \frac{1}{3}(I_a + a \times 0 + a^2 \times 0) = \frac{1}{3} I_a$$

$$I_2 = \frac{1}{3}(I_a + a^2I_b + aI_c) = \frac{1}{3}(I_a + a^2 \times 0 + a \times 0) = \frac{1}{3} I_a$$

$$\therefore I_0 = I_1 = I_2 = \frac{1}{3} I_a, \quad I_a = 3I_0$$

3) 발전기 기본식과 연립

$$\text{발전기 기본식 } V_0 = -Z_0 I_0, \quad V_1 = E_a - Z_1 I_1, \quad V_2 = -Z_2 I_2$$

한편 a상 전압  $V_a$ 는

$$V_a = V_0 + V_1 + V_2 = -Z_0 I_0 + E_a - Z_1 I_1 - Z_2 I_2$$

$$= E_a - (Z_0 + Z_1 + Z_2) I_0 = R_F I_a = 3R_F I_0$$

$$E_a = (Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_F) I_0$$

$$\therefore I_0 = \frac{E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_F} = I_1 = I_2 = \frac{1}{3} I_a$$

따라서, 1선지락 고장전류는 다음과 같다.

$$I_a = I_g = I_0 + I_1 + I_2 = 3I_0 = \frac{3E_a}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3R_F}$$

### 2-3. 유도전동기의 속도제어 기본식을 설명하고, 속도제어 방법의 종류와 적용방법에 대하여 설명하시오.

#### 해설

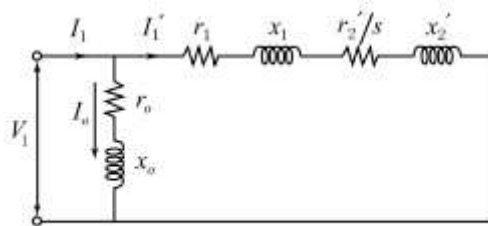
#### 1. 개요

##### (1) 정의

전동기의 속도 - 토크 특성을 변화시켜 부하의 속도 - 토크 특성과의 평형점을 찾아 속도를 조정하는 방법(안정 운전조건 :  $\frac{\partial T_M}{\partial \omega} < \frac{\partial T_L}{\partial \omega}$ )

##### (2) 제어방식 분류

농형	권선형
극수변환, 주파수 제어, 전압제어	2차 저항제어(비례추이 : $r_2'/s$ )
인버터제어( $V/f$ , 슬립주파수, 벡터제어)	2차 여자제어



간이 등가회로

#### 2. 속도제어 기본식

$$(1) N = \frac{120}{p} f(1-s) \text{ [rpm]}$$

$$(2) T = \frac{p}{4\pi f_1} \times \frac{m_1 \cdot V_1^2 \cdot r_2'/s}{(r_1 + r_2'/s)^2 + (x_1 + x_2')^2} \text{ [N} \cdot \text{m]}$$

#### 3. 농형 유도전동기의 속도제어

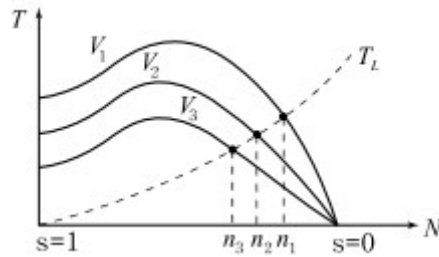
##### 1) 극수변환

고정자 권선의 접속을 전환하여 극수변환  
제어간단, 장치복잡, 불연속제어, 거의 사용안함

##### 2) 1차전압제어

##### (1) 원리

상기 토크식에서  $T \propto V^2$



$$V_1 > V_2 > V_3 \Rightarrow n_1 > n_2 > n_3$$

따라서 1차전압 변화시 토크·슬립곡선에서 부하의 평형점을 따라 속도변화

(2) 전압제어방법

단권변압기 이용, 위상제어, PWM제어

3) 전원 주파수제어

(1) 원리(가변 주파수 전원이용)

① 종래 : 발전기 전원의 주파수 가변(예 : 선박 추진모터, 인견(人絹)공장 Pot Motor)

② 근래 : Cyclo-Converter, Inverter사용

4) 인버터제어

(1)  $V/f$  일정제어(일명 VVVF)

주파수와 전압 동시가변,  $V/f$  일정유지( $\phi$ 일정)  $\rightarrow$  일정크기의 토크로 속도제어

(2) 슬립 주파수 제어

$V/f$  일정제어에 슬립 주파수 조정기능 부가(폐루프방식)

(3) Vector제어

급진된 1차전류를 Vector 적으로 소정의 계자분, 토크분 전류로 분리제어

4. 권선형 유도전동기의 속도제어

1) 2차 저항제어

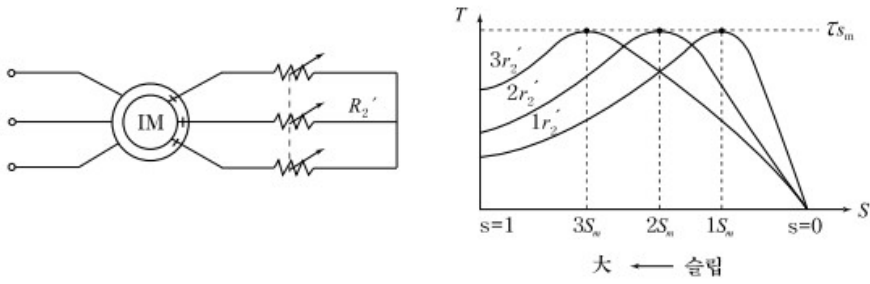
(1) 원리

Slip-ring을 통해 2차 회로에 외부저항 가변, 비례추이 원리 이용

(2) 비례추이식

$$\frac{r_2'}{s} = \frac{mr_2'}{ms}$$

2차저항  $m$ 배 변화시 슬립도  $m$ 배 증가

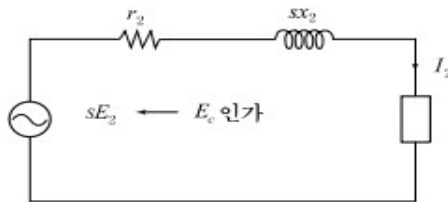


즉, 어떤점의 슬립에서도 비례추이로 동일 토크를 유지하면서 속도제어 가능

## 2) 2차여자제어

### (1) 원리

2차회로에 적당한 전력 변환장치 이용,  $sE_2$ 의 회전자 주파수에 의한 2차 전압( $sE_2$ )에 외부에서 전압( $E_c$ )을 가역적으로 인가하는 방법



(2차측 등가회로)

### (2) 제어방식

Kramer, Scherbius방식

2-4. 뇌전자기임펄스(LEMP) 보호대책시스템(LPMS)과 관련하여 다음사항을 설명하십시오.

- 1) 피뢰구역(LPZ)대책
- 2) LEMP 보호대책시스템(LPMS) 설계 및 기본 보호대책

### 해설

#### 1. 개요

##### 1) 뇌보호시스템 기본대책

##### (1) 인축의 상해(보폭, 접촉전압)

- ① 외부 노출 도전부 및 인하도선 절연, Mesh 및 등전위화
- ② 고저항 지면(아스팔트, 자갈 깔기), 물리적 제한 및 경고표시

##### (2) 물리적 손상

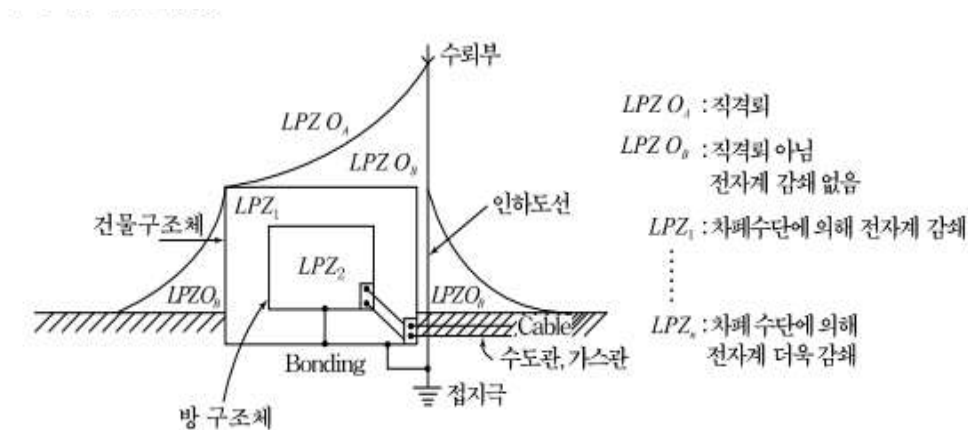
구조물-LPS, 인입 설비-차폐

##### (3) 전기전자 시스템 장애

구조물-LPMS, 인입설비-SPD, 차폐

##### 2) 관련근거 : KSC-IEC-62305, 60364-4-44, 61643-2

#### 2. 피뢰구역(LPZ)대책



#### 3. LEMP 보호대책시스템(LPMS) 설계 및 기본 보호대책

##### (1) 접지와 분당

- ① 접지시스템 : 뇌격 전류를 대지로 분산(B형 채택이 바람직)
- ② 분당망 : 전위차 최소화 및 자계 감소(기본형, 통합형/스타, 메시, 조합형)

##### (2) 자기차폐와 선로경로



## 2-5. 배터리를 이용한 대용량 에너지 저장시스템(BESS)의 구성도, 전지 종류별 특징,장단점, 기술동향에 대하여 설명하시오

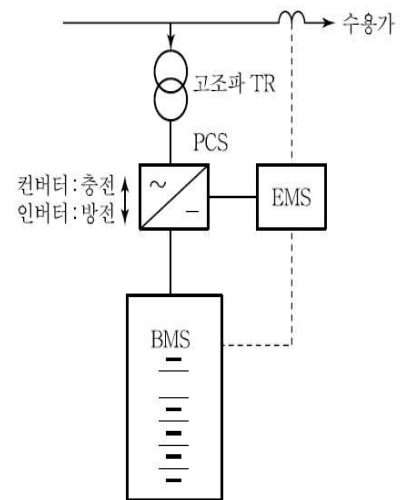
### 해설

#### 1. BESS

- 1) 2차 전지를 이용한 전력의 저장(충방전) ⇒ (전기 ↔ 화학에너지)
- 2) 최근 신재생을 이용한 연계용으로 활용(RPS 적용)
  - ① 풍력+ESS
  - ② 발전+ESS
- 3) 최근 전기철도의 회생제동전력을 이용한 BESS도 개발 상용화 중

#### 2. 주요 구성

- 1) EMS(Energy Management System)
  - ① 운전정보 수집, 충방전제어
  - ② 정출력, Peak Cut 제어
- 2) BMS(Battery Management System)
  - ① 전력저장관리 및 충방전제어
  - ② Battery 용량 검출(충전/방전)
- 3) PCS(Power Conditioning System, 전력변환장치)
  - 충전 : AC → DC : 컨버터
  - 방전 : DC → AC : 인버터



[BESS 구성]

- 4) Battery : 전력 저장
- 5) 고조파 TR : 전력변환장치에서 발생하는 고조파 제거용(Δ-Δ결선)

#### 3. 특징

- 1) 장점
  - ① 에너지 저장효율 우수(65~75[%])
  - ② 진동, 소음이 적어 친환경적
  - ③ 입지제약이 적고 수요지 부근에 설치 가능
  - ④ 에너지 밀도가 높음(연속전지 3~5배)
  - ⑤ 모듈구조로 양산하므로 건설기간 단축

- ⑥ 부하추종 특성이 우수하여 Peak 억제용으로 적합
- ⑦ 도심지 설치 가능 및 대기오염 미발생

2) 단점

- ① 설치비 고가
- ② 전자수명의 한계
- ③ 고도의 보수관리 기술 필요

3) 적용

- ① 첨두부하 공급용(Peak 억제)
- ② 전력계통 안정용
- ③ 부하변동 억제용
- ④ 주파수 안정용
- ⑤ 조상용(무효전력 흡수보상)
- ⑥ 수용가 전기요금 절감(에너지 Saving)

4) 효과

- ① Energy Saving : Peak 억제, 전기요금 경감
- ② 전력품질 향상 : 전압, 주파수제어로 전력품질 향상, 계통연계 신뢰성 확보

3. 2차 전지의 종류 및 특성

구분	리튬이온	레독스 플로	NAS	납축전지	Ni - Cd
용도	전력계통 주파수제어	Peak 제어	Peak 조정	자동차 (전류기)	항공기 철도
수명(회)	9,000	3,000~5,000	3,000	200~300	1,000
효율[%]	90	60~80	87	85	70~90
가격	고가	중가	중가	저가	저가
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고에너지 밀도</li> <li>• 단시간 충방전</li> <li>• 친환경</li> <li>• 유지보수 간단</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대용량</li> <li>• 부피 증가</li> <li>• 저효율</li> <li>• 저에너지 밀도</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대용량</li> <li>• 부피 증가</li> <li>• 고온유지 필요 ( 3 0 0 ~ 350[° C])</li> <li>• 고열폭발 우려</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저용량</li> <li>• 단수명</li> <li>• 유해물질</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메모리 효과</li> <li>• 고온 불안정</li> <li>• 환경오염</li> </ul>

4. 기술동향

1) 국내

① 2018년 ESS 설치용량은 전년대비 20배 이상 증가하였으며 연간 3.7GWh 설치전망

② ESS 특례요금제, 공공기관 ESS 설치의무화에 따라 수요가 증가

2) 해외

① 세계 ESS 설치 용량은 2017년 4.8GW에서 연평균 40%씩 성장. 2025년에는 70.5GWh까지 늘어날 전망

② 유럽 및 호주는 전기요금 절감, 재생에너지 확대, 정전사태 대응 및 전력계통 불안정성 완화 등의 목적으로 ESS가 설치되고 있음.

## 2-6. 변류기에 대하여 다음을 설명하고 계산하시오

- 1) 비오차
- 2) 합성오차
- 3) 비보정 계수(Ratio Correction Factor)
- 4) 100/5의 변류기 1차에 100A가 흐르고 2차에 4.96A가 흐를 경우 변류기 비오차를 계산하시오

### 해설

#### 1. 개요

- 1) 계기용 변성기는 고전압/대전류를 일정비율의 저전압/소전류로 변성하는 기기로 용도상 계측기용과 보호용으로 구분된다.
- 2) 계기용 변성기를 통해서 접속하게 되면 측정관계의 비용이 절약되고 계기회로를 선로전압으로부터 절연하므로 위험이 적다.
- 3) 계측기용 CT 와 보호용 CT 비교

항 목	계측기용	보호용
오차계급	0.1 0.2 0.5 1.0 3.0 5.0	5P 10P
과전류에 대한 1차정격	IPL	정격오차 1차전류
과전류에 대한 규정	FS (규정 없으나 적을수록 좋음)	과전류 정수 (5 10 15 20 40)

#### 2. 비오차와 합성오차, 비보정계수

- 1) 실제 변류비가 공칭 변류비와 얼마만큼 다른지를 나타냄
- 2) 비오차

$$\varepsilon = \left( \frac{\text{공칭 변류비 } K_n - \text{실제 변류비 } K}{\text{실제 변류비 } K} \right) \times 100[\%]$$

#### 3) 합성오차

비오차와 위상오차를 동시에 고려한 것을 합성오차라고 부르며, 합성오차는 다음식으로 산출할 수 있으며 IEC규격에서 다룬다

$$\varepsilon = \frac{100}{I_2} \sqrt{\left( \frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_2 - i_1)^2 dt \right)}$$

4) 비보정 계수(Ratio Correction Factor)

$$RCF = \frac{\text{실제 변류비 } K}{\text{공칭 변류비 } K_n}$$

3. 100/5의 변류기 1차에 100A가 흐르고 2차에 4.96A가 흐를 경우 비오차를 계산

1) 비오차의 계산식

$$\vartheta = \left( \frac{\text{공칭 변류비 } K_n - \text{실제 변류비 } K}{\text{실제 변류비 } K} \right) \times 100[\%]$$

2) 조건

- ① 변류비 : 100/5
- ② 1차전류 : 100A
- ③ 2차전류 : 4.96A
- ④ 공칭변류비 :  $100/5 = 20$
- ⑤ 실제변류비 :  $100/4.96 = 20.16$

3) 계산식에 대입하면

$$\begin{aligned} \vartheta &= \left( \frac{\text{공칭 변류비 } K_n - \text{실제 변류비 } K}{\text{실제 변류비 } K} \right) \times 100[\%] \\ &= \left( \frac{20 - 20.16}{20.16} \right) \times 100[\%] = -0.8\% \end{aligned}$$

## 【제3교시】

### 3-1. 수변전설비 시스템에서 변압기 뱅크의 구성방법과 변압기 모선 구성방식에 대한 특징을 각각 설명하시오.

#### 해설

#### 1. 변압기의 뱅크구성 방법

변압기회로 구성시 변압기의 상수, 변압기의 회로수, 변압기 회로의 결선방식, 변압기 결선 등을 검토하여 뱅크 구성과 회로의 결선방식을 선정하여야 한다.

##### 1) 뱅크 구성시 검토사항

- ① 500kVA를 초과하는 수전시설은 조명용과 전열용으로 구분하여 시설한다.
- ② 교대 및 계절성 부하가 있는 경우 별도의 변압기 뱅크를 구성하여 변압기 손실을 줄인다.
- ③ 고조파 발생부하 및 비상부하용으로 비상발전기와 연계하는 변압기 뱅크는 분리시설 한다.
- ④ 첨두부하 피크컷용으로 하거나 뱅크분리 또는 상용발전기를 도입하는 경우 따른 구성방법을 검토한다.

##### 2) 뱅크 수 선정기준

- ① 1500kVA 미만 → 1뱅크
- ② 1500kVA~3000kVA → 1~2뱅크
- ③ 3000kVA 초과 → 2뱅크로 한다.

##### 3) 회로의 결선방식

##### ① 1뱅크 방식

가장 간단하고 경제적이므로 소규모설비에 많이 채용한다.

변압기 사고시 정전시간이 길어진다.

##### ② 2뱅크 방식

단독운전 및 병렬운전이 가능하다.

계통의 운용 및 급전 신뢰도가 향상된다.

변압기 부하율은 1/2로 하여 변압기 고장시 1대로 급전이 가능하다.

변압기 단시간 과부하 용량을 고려한 부하율에서 변압기용량 결정한다.

##### ③ 3뱅크 방식

Spot Network 방식이 가능하다.

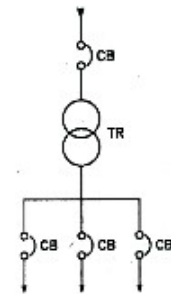
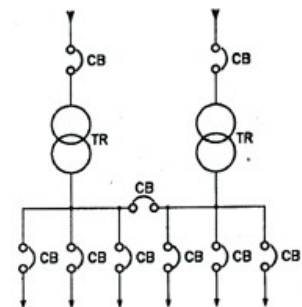


그림 6) 1뱅크 방식



2뱅크 방식

무정전 전원공급이 가능하다.

2차 단락전류는 전체 변압기 대수의  
곱과 같다.

시설비가 비싸서 중요부하에 채용한  
다.

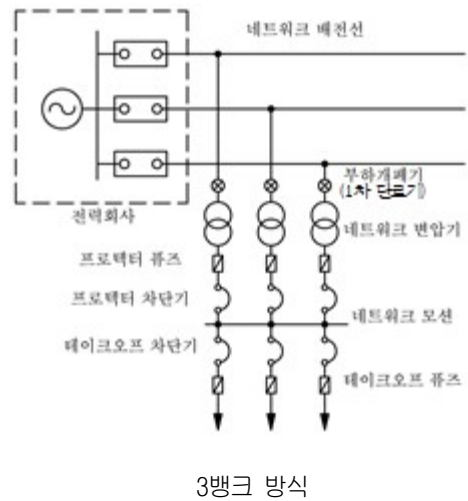
#### 4) 변압기 결선

① 변압기 결선의 종류 :

$\Delta-\Delta$ ,  $Y-Y$ ,  $\Delta-Y$ ,  $Y-\Delta$

② 변압기 결선의 선정 :

수전방식, 병렬운전방식,  
접지방식 등과 부하의 전압  
에 따라 결정한다.



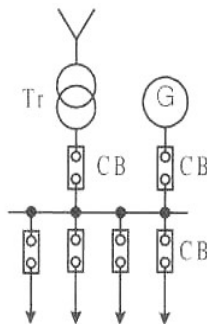
## 2. 변압기 모선 구성방식

변압기 모선방식은 단일모선, 전환가능 단일모선 방식, 이중모선으로 구분되며  
설계 시 부하의 중요도, 설비용량, 운용방법에 따라 선정한다.

### 1) 단일모선

① 가장 간단하며 경제적이다.

② 모선사고 및 점검시 정전이 길어지므로 폐쇄형·절연모선을 사용하여 사고확률을 감소한다.

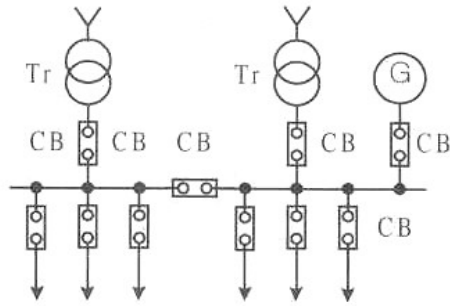


### 2) 섹션구분 단일모선

① 간단하고 급전에 융통성이 있다.

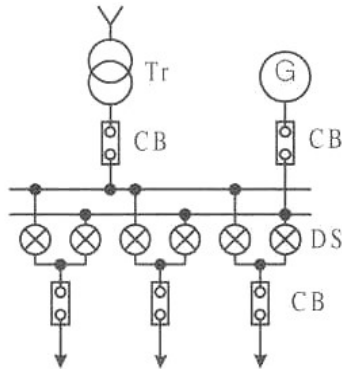
② 한쪽 뱅크 모선 사고시 모선 연락차단기를 개방하고 건전한 뱅크  
측에서 부하공급이 가능하다.

③ 소, 중규모에 적용한다.



### 3) 이중모선

- ① 모선사고 또는 점검시 정전 없이 송전가능하다.
- ② 운용에 예비성이 있으며 공급 신뢰도가 높다.
- ③ 구성이 복잡하고 설치면적이 증가하며 시설비가 비싸다.
- ④ 중요부하, 대규모 시설에 적용한다.



### 3-2. 건축전기설비의 내진설계 시 고려사항과 변압기, 발전기, 배전반, 간선, 승강기의 내진대책에 대하여 설명하시오.

#### 해설

#### 1. 개요

- 1) 건축전기설비의 내진대책은 지진으로 인하여 전기기기 및 배관등이 파손되거나 기능을 상실하는 것을 방지하는 것으로서,
- 2) 인명의 안전을 도모하고, 재산보호, 지진후 필요한 활동을 가능케 함이다.

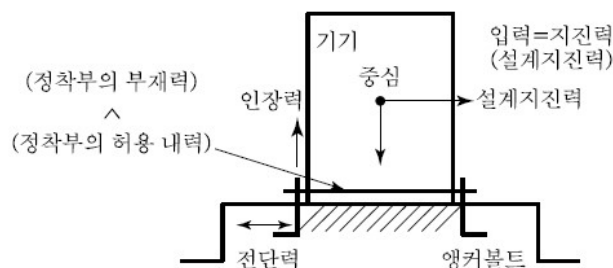
#### 2. 대상 건축물

- 1) 층수가 2층 이상인 건축물
- 2) 면적이 200제곱미터 이상인 건축물. 다만, 창고, 축사, 작물 재배사 및 표준설계도서에 따라 건축하는 건축물은 제외한다.
- 3) 높이가 13미터 이상인 건축물
- 4) 처마높이가 9미터 이상인 건축물
- 5) 기둥과 기둥 사이의 거리가 10미터 이상인 건축물
- 6) 국토교통부령으로 정하는 지진구역 안의 건축물
- 7) 국가적 문화유산으로 보존할 가치가 있는 건축물로서 국토교통부령으로 정하는 것
- 8) 제2조 제18호 가목 및 다목의 건축물

#### 3. 건축전기설비의 내진설계

##### 1) 기본개념

70m를 초과하는 건물에 설치된 건축전기설비는 동적해석법을 적용하여 건물의 총지진력을 계산하고, 설비의 동적증폭을 고려하여 기기의 중심에 작용하는 설계 지진력을 결정한다.



2) 내진설계 절차

- 1) 설비 설치위치 및 제원 결정
- 2) 설비 중요도 등급 및 내진설계 여부 결정
- 3) 설비 정착부 형식 결정
- 4) 설계 지진력 산정 및 하중 조합
- 5) 정착부 구조설계

3) 내진설계 시 고려사항

(1) 내진 중요도 설정 전력시설물의 내진성은 건물의 사회적 중요도나 용도를 고려해서 등급을 설정한다.

① 중요도 A

건물의 기능유지 및 재해의 경우 인명안전 확보상 중요설비 비상발전기, 비상용승강기, 비상간선 등이 해당한다.

② 중요도 B

설비의 손상으로 인명 및 중요설비 기능에 대해 2차 재해가 발생할 염려가 있는 설비 일반변압기, 일반간선, 배전반 등

③ 중요도 C

설비기능에 피해가 있어도 비교적 간단히 보수, 복구가 가능한 것.

(2) 설비계의 지진입력 예측

① 건물의 지진입력을 고려하여 그 이상의 내구력을 가진 설계, 시공방법으로 해야 한다.

② 기기에 작용하는 지진입력 계산

$$\text{수평 지진력 } F_H = K \cdot W \text{ [kg]}$$

여기서,  $W$ : 기기의 중량 [kg],  $K$ : 설계용 수평진도

$$\text{연직 지진력 } F_V = \frac{1}{2} F_H \text{ [kg]}$$

③ 설비의 적정배치

중요도가 높은 전력용 기기는 작용 지진력이 적은 건물 저층부에 배치한다.

지진입력으로 오동작 할 수 있는 설비는 작용 지진력이 적은 아래쪽에 배치한다.

지진 시 다른 설비의 접촉으로 손상을 받지 않는 경로에 배치

한다.

점검, 확인 및 보수하기 쉬운 장소에 배치한다.

④ 사용자재의 강도확보

지진입력으로 인한 설비의 분성력과 변위에 대해 허용 강도를 가진 자재를 사용한다.

⑤ 공진방지

건물의 지진반응으로 전기설비가 건물과 공진이 되지 않게 설계·시공해야 한다.

철골조 공진주기  $T_1=0.028H$ [초] (여기서,  $H$ [m]: 건물의높이)  
기타, 철근 콘크리트조, 철골 철근 콘크리트조 공진주기  
 $T_2=0.020H$ 초

⑥ 기능보전

지진중의 운전조건 : 지진 중에 운전 또는 자동 및 수동 정지할 수 있어야 한다.

지진후의 운전조건 : 자동 재운전 또는 점검 후 재운전할 수 있어야 한다.

#### 4. 전기설비의 내진 대책

##### 1) 수전변압기

- 기초볼트의 정적하중이 최대 체크포인트이다.
- 방진장치가 있는 것은 내진스토퍼를 설치한다.
- 애자는 0.3G, 공진3파에 견디는 것으로 설치한다.
- 저압측을 부스바로 접속하는 경우 가요성 도체를 사용하고 절연커버를 설치한다.

##### 2) 배전반

- 기초볼트나 베이스와 프레임의 고정볼트가 지진입력에 의한 인장력과 전단력에 견디는 것을 사용한다.
- 사용부재의 강성을 높이고 기초부를 보강한다.
- 몸체를 벽체에 고정하는 것도 전도 방지에 유효하다.
- 내진성이 문제가 되는 것은 반 높이를 1/2 이하로 배치한다.
- 내진 Stopper 를 설치하고 상부를 보강한다
- 지진에 의해 보호계전기가 오동작 하는데 대한 대책을 강구한다

### 3) 간선

- 케이블트레이는 적정 개소마다 보강대로 보강한다
- 접속개소의 볼트강도를 보강한다
- 버스덕트는 적정 개소마다 Spring Hanger, Expansion Joint를 설치한다
- 버스바는 접속개소를 Flexible 접속한다
- 버스바 지지애자의 강도를 보강한다
- 전선관은 건물의 Expansion Joint 가 있는 개소마다 Flexible Conduit 로 접속한다

### 4) 자가발전설비

- 발전기 연료는 외부공급방식이 아닌 자체 저장시설에서 공급하는 방식일 것
- 발전기 냉각방식은 외부시수이용 냉각방식이 아닌 자체 라디에이터 냉각방식일 것
- 엔진과 발전기에 방진장치를 시설할 경우에는 지진하중이 엔진발전기의 중심에 작용한 경우 수평과 연직 방향의 변위에 대해 구속하는 스톱퍼를 시설한다.
- 엔진의 급·배기, 냉각수, 연료, 엔진오일, 시동용 공기의 각 출입구 부분에는 변위량을 흡수하는 가요관을 시설한다.
- 보조기, 탱크류의 가대, 배관류, 배전반의 보강, 지지방법을 구체적으로 명시할 것
- 건물 중요도에 따라 내진형과 지진관제형을 구분 결정하고 지진의 경우 안전 및 확실한 운전을 할 수 있도록 대책을 세운다.

### 5) 엘리베이터설비

- 설계진도의 지진하중에 대하여 기기의 이동, 전도가 없이 구조부분에는 위험한 변형이나 레일이 이탈하지 않도록 한다.
- 지진시에 로프나 케이블이 승강로 내의 돌출물에 영향을 주어 Car 운행에 지장을 주어서는 안 된다.
- 지진 등 비상시에 대비 「지진시 관제운전장치」 를 설치한다.

### 3-3. 신.재생에너지의 정의 및 특징과 그종류(11가지)에 대하여 설명하시오.

#### 해설

#### 1. 신·재생에너지의 정의

신·재생에너지는 ‘신에너지 및 재생에너지 이용, 개발, 보급 촉진법 제2조’에 의해 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생명유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 11개 분야 지정

- (1) 신에너지 : 연료전지, 수소에너지, 석탄액화가스화 (3개 분야)
- (2) 재생에너지 : 태양열, 태양광발전, 바이오에너지, 풍력, 소수력, 지열, 해양 에너지, 폐기물에너지(8개 분야)

#### 2. 신·재생에너지 특징

- (1) 공공미래에너지 : 시장창출 및 경제성확보를 위한 장기적인 개발보급정책 필요
- (2) 환경친화형 청정에너지 : 화석연료 사용에 의한 이산화탄소의 발생이 거의 없음
- (3) 비고갈성 에너지 : 태양광, 풍력 등 재생가능 에너지원으로 구성
- (4) 기술 에너지 : 연구개발에 의해 에너지자원 확보 가능
- (5) 화석 연료에 비해 비교적 지구 상에 고르게 분포한다.
- (6) 발전소를 건설할 때 자연환경의 영향을 많이 받는다.
- (7) 개발 초기에 투자 비용이 많이 들고, 경제성이 낮은 편이다.

#### 3. 신.재생에너지의 종류

##### 1) 연료전지

- (1) 연료전지는 수소에너지로부터 전기 에너지를 발생시키는 미래의 환경친화적 신에너지

- (2) 고효율, 무공해, 무소음, 모듈화, 다연료사용, 열병합 활용가능

##### 2) 수소에너지

수소를 연소시켜 얻는 에너지. 수소의 열량은 석유의 세 배이며, 물이 원료이므로 수송이나 저장이 쉽다. 무공해 연료로 석유를 사용하는 모든 분야에서 사용할 수 있다.

##### 3) 석탄액화가스화 에너지

석탄을 정제해 가스를 만든 다음 정화공정을 거쳐 가스터빈에서 1차적으로 발전하고, 증기 터빈에서 배기 가스열을 이용해 보일러로 증기를 발생시켜 2차적으로 발전하는 방식이다.

석유보다 가격이 저렴하며 자원이 풍부하지만 공해대책이나 저장 및 수송이 제한된다.

#### 4) 태양열

태양열을 흡수, 저장, 변환하여 에너지로써 사용하는 태양열에너지는 우리에게 가장 많이 알려져있는 재생에너지입니다. 무공해, 무한량, 무가격이라는 장점을 지니고 있다.

#### 5) 태양광발전

- (1) 광전 효과(물질이 빛을 흡수하면 물질의 표면에서 전자가 이동하여 전기가 발생하는 효과)를 이용하여 직접 전기 에너지를 생산
- (2) 태양의 빛에너지를 변환시켜 전기에너지로 변환시키는 기술로 설치 후에는 유지비용이 적고 무공해라는 장점이 있다.

#### 6) 바이오매스

- (1)유기물 및 유기물을 소비하여 생성되는 모든 생물 유기체의 에너지.
- (2)잠재적 에너지 가치가 높은 재생에너지로 평가 받고 있음.

#### 7) 풍력에너지

- (1) 바람에너지를 전기에너지로 변환시키는 에너지로 무한정의 청정에너지원
- (2) 시설 설치 비용이 적은 장점 또한 있으나 효율이 낮고 항상 바람이 부는 것은 아니므로 이에 대한 대책도 필요함.

#### 8) 소수력에너지

개천이나 강, 호수 등의 물의 흐름으로 얻은 운동에너지를 이용하는 기술로 무공해에너지.단, 지역적인 조건이 갖춰줘야함

#### 9) 해양에너지

조력발전, 파력발전, 조류발전, 해수 온도차를 이용한 발전 등 해양에너지를 이용하는 방법으로 각 발전마다의 특징이 있지만 청정에너지라는 공통점이 있다.

#### 10) 지열에너지

땅의 열을 이용하여 에너지를 사용하는 기술로써 에너지의 원천이 땅속에 있는 만큼 태양열이나 풍력에너지보다 날씨나 기후의 영향이 적다는 장점

#### 11) 폐기물에너지

에너지 함량이 높은 폐기물을 변환시켜 연료 및 에너지를 생산하는 방법  
쓰레기의 양을 줄이고 폐기물에 의한 환경오염을 방지할 수 있다는 장점이 있  
으나 아직까지는 기술개발과 연구가 필요함

### 3-4. 초고층 건축물의 수직간선 계획 및 설계시 아래사항에 대하여 설명하시오.

- 1) 초고층 건축물의 정의
- 2) 수직간선선정시 고려사항
- 3) 간선의 부설방법에 따른 문제점 및 대책

#### 해설

#### 1. 초고층 건축물의 정의

- 1) 국내 건축법 시행령( 제2조 제15호)

층수가 50층 이상이거나 높이가 200m 이상의 건축물

- 2) 국제초고층협회 ( Council on Tall Buildings and Urban Habitat)

- 50층 이상이거나 300m( 984 feet)가 넘는 건물

- 바람, 지진 등 횡하중이 구조계획에 주된 영향을 끼치는 건축물

- 세장비(밀면과 높이의 비율)가 최소 1:5 이상인 건축물

#### 2. 수직간선선정시 고려사항

- 1) 용도 및 사용전압에 따른 부하의 계통 분류

(1) 부하용도(전등/전열/동력, 세대/공용, 일반/비상) 및 설치장소

(2) 저압/고압/특고압

- 2) 용도별 부하량 계산 및 간선의 구성

(1) 용도별 간선의 배선방식 결정 및 부하 용량 합산

(2) 간선 공급방식을 저층부, 중층부, 고층부로 나누어 구성한다

- 3) 간선 선정

(1) 간선의 종류 선정 (EPS의 구성과 면적, 배관 방식에 따라 / 부하 용도에 따라)

(2) 간선의 종류, 배선 방식에 따른 간선(차단기 보다 허용전류가 이상 인것) 적정성

(3) 부하용량 및 거리에 따른 전압강하 적정성 검토

(4) 간선의 방재대책, 무정전대책

(5) 장래 부하증설에 따른 여유확보, 유지보수성, 안정성 검토

(6) 저압간선은 가능한 한 전압별로 대용량화하여 경량, 경제성 검토

(7) 초고층 빌딩의 경우 저압 대용량 간선에 적용되는 주요간선

- AL-Fe Low Impedance Bus Duct
- 알루미늄 파이프 모선
- 알루미늄 파이프 절연모선
- ACSR-VV모선

#### 4) 초고층 특성에 따른 고려 사항

- (1) 간선의 대용량화 : 단락전류에 따른 열적,전자기계적강도
- (2) 간선재료 및 재료의 종류와 배선방법에 따른 하중 분산법
- (3) 건물의 변위(최대/층간) 영향
- (4) EPS실 이중화,관통부 방화구획
- (5) 변전실 몇 개층 단위로 ZONNING화하여 구성

### 3. 간선의 부설방법에 따른 문제점 및 대책

#### 1) 문제점

##### (1) 매입배관 또는 금속관에 의한 절연전선 배선

=> 초고층 건축물에서는 부적합

- 골조내부 매입배관의 점유율이 과도할 경우 구조상 취약하게 되며, 노출배관일 경우 시공 비용이 증가함,
- 절연전선의 부하 사용가능 용량(전선의 허용전류)이 상대적으로 가장 적다.
- 고층아파트일 경우 수직배관내부 배선 무게로 인한 장력 분산을 고려해야 한다.
- 유지보수가 상대적으로 난해하며, 용량증설 등에 가장 많은 제한이 따른다.

##### (2) 케이블트레이에 의한 케이블 배선 방식

- 가장 공간이 많이 필요함. [관리상, 미관상 일반적으로 별도의 실(EPS) 구성함]
- 사용 가능용량은 절연전선에 비하여 크나, 부스덕트에 비하여 작다
- 케이블 트레이를 시공하여야 하며, 층간 관통부위 방화실란트 처리비용이 발생
- 간선케이블 수직포설시 클리트 지지점의 하중,줄열팽창,자중과 열응력에 의한 반복하중,단락시 전자력에 의한 하중고려

##### (3) 부스덕트 방식

- 접속개소가 많으며, 다른방식에 비하여 상대적으로 시공비용이

많이 발생

- 다른 방식보다 내진 및 물에 취약함
- 문제 발생시 파급효과가 가장 크며(용량을 크게 할 수 있기 때문에 많은 부하가 연결됨), 보수비용이 많이 발생

## 2) 대책

### (1) 간선의 지지

- 간선의 정 하중에 대하여 충분한 강도를 가지는 것은 물론지진 발생시에 무리한 응력이 가해지지 않도록 시공방법을 취해야 한다. 또, 간선의 열신축에 의한 간선 및 구조물에 무리한 응력이 가해지지 않도록 고려해야만 한다.
- 케이블을 고정하는 H빔은 케이블 정하중 3배의 안전율이상을 고려한다.
- 케이블공사 등과 같이 가요성이 있는 것은 비교적 대처하기가 용이하지만 Bus-Duct 같이 가요성이 없는 것에 대해서는 상 지지에 방진고무, 코일, 스프링 등을 사용하고 필요개소에 Flexible Joint 등을 설계하여 응력을 흡수할 필요가 있다.
- 일반 케이블의 경우 별도 주문제작을 요한다.  
(케이블 내부에 강선삽입으로 기계적 강도 보장).

### (2) 간선의 분기 방법

- 고압간선은 주로 케이블을 사용하고 저압간선은 Bus duct를 사용한다.
- 대용량 간선(저압간선)에는 거의 AL Bus duct가 사용되고 있다. 따라서, 접속개소의 전기적 신뢰성이 높은 접착방법을 강구하지 않으면 안 된다.
- 분기에 대해서는 현장에서의 접속작업은 신뢰성이 없고 제작도 어려우며 시간 또한 많이 걸리므로 정확한 Order Made 방식이 바람직하다.  
제작된 제품을 현장조립 형식으로 처리하는 것이 표준적인 시공방법이다.

### 3-5. 조명기구의 특성에 따른 다음의 각 기능을 설명하시오

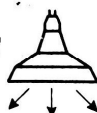
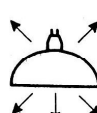
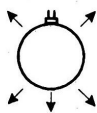
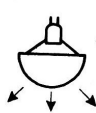
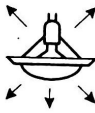
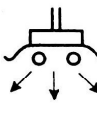
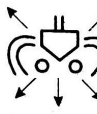
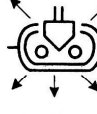
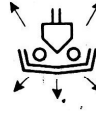
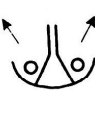
- 1) 배광효율 2) 휘도특성 3) 기구효율

#### 해설

##### 1. 개요

- 1) 조명기구의 형태에 따라서 직접, 반직접, 전반확산, 반간접, 간접 조명으로 분류됨
- 2) 등기구의 종류에 따라서 다르게 각각 모양이나 재료에 따라 다름
- 3) 외구의 재료가 전반확산면의 경우 휘도는 균등함

##### 2. 배광에 의한 분류

조명 기구 증폭조명	직접 조명 기구	반직접 조명	전반 확산조명	반간접 조명	간접 조명
백열전구 배광	상방 0~10(%)  하방 100~90(%)	10~40(%)  90~60(%)	40~60(%)  60~40(%)	60~90(%)  40~10(%)	90~100(%)  10~0(%)
형광 램프 배광	 (직접)	 (반직접)	 (전반확산)	 (반간접)	 (간접)
적용장소	공장 다운라이트천장 매입	사무실 학 교 상 점	사무실 학 교 상 점	병 실 침 실 다 방	병 실 침 실 다 방

[그림. 각 조명기구의 배광상태]

##### 1) 직접조명방식

- ① 발산광속 중 90~100% 가 작업면을 직접 조명하는 기구
- ② 장점 : 높은 조도를 얻을 수 있다.
- ③ 단점 : 심한 휘도차, 눈부심, 그림자 등으로 작업 능률을 저하시킴

##### 2) 반직접 조명방식

- ① 발산광속 중 상향광속은 10~40%가 되고 하향광속은 90%가 되므로 하향 광속은 작업면에 직사시키고 상향광속은 반사광으로 조도를 증가시키는 방식
- ② 용도 : 학교, 일반사무실, 상점, 주택조명에 사용

##### 3) 전반확산조명

- ① 상향광속과 하향광속이 거의 동일하게 하여 조도를 증가시키는 방식

② 용도 : 고급사무실, 상점, 주택, 공장 등의 전반조명에 사용

4) 반간접 조명방식

① 상향광속이 60~90%, 하향광속이 10~40%정도의 조명방식

② 용도 : 세밀한 일을 오랫동안 하는 장소에 사용

5) 간접조명방식

① 발산광속 중 상향광속이 90~100%가 되어 대부분을 상향광속으로 사용

② 장점 : 우수한 확산성, 낮은 휘도를 얻을 수 있음

③ 단점 : 설치비·경상비가 많이 들며, 효율이 낮다

2. 휘도특성

1) 정의 : 광원이 빛나는 정도와 그 면의 밝기, 광원의 밀도를 의미

2) 기호 : B, 단위 : [nt] 또는 [sb]

3) 눈부심을 느끼는 한계 : 0.5 [sb]

$A \leq 0.2[sb]$	$0.2[sb] < A \leq 0.5[sb]$	$0.5[sb] < A$
눈부심이 발생하지 않는 영역	때때로 눈부심이 발생하는 영역	눈부심이 발생하는 영역

4) 형광램프 휘도 : 0.35[sb]

3. 기구효율

1) 방사효율

① 방사속에 대한 광속의 비

②  $\eta = \frac{F}{\phi} [lm/W] \rightarrow 680 [lm/W]$ 가 최대

2) 기구효율

① 소비전력에 대한 광속의 비

②  $\eta = \frac{F}{P} [lm/W]$

4. 결론

1) 조명기구의 종류에 따라 배광특성이 다르게 나타나며 직접조명의 경우 휘도가 가장 높고, 간접조명의 경우가 휘도가 가장 낮다.

2) 따라서 휘도에 따른 눈부심의 대책을 세우기 위해서는 조명기구별로 배광특성을 파악하여 눈부심을 감소시켜야 한다.

### 3-6. 다음 조건에서 변압기의 여자돌입전류가 발생하는 메커니즘을 설명하시오

- 1) 전압이 최대일 때 투입하는 경우
- 2) 전압이 0일 때 투입하는 경우

#### 해설

##### 1. 개요

변압기 여자돌입전류란 무부하 상태에서 변압기에 급격히 전전압을 인가하게 되면 순간적으로 흐르는 큰 충격전류를 말한다. 과도여자전류는 무전압에서 순간 전전압으로 여자 되면서 발생하는 것으로 크기는 인가전압의 투입위상, 변압기 철심의 잔류자속에 따라 결정된다.

##### 2. 여자돌입전류 특징

- 1) 변압기 여자전류는 주자속을 만들기 위해 1차 권선에 흐르는 전류를 말한다.
- 2) 여자돌입전류란 전원을 투입하는 순간 경우에 따라 변압기 정격전류의 8~10배 이상 순간적으로 흐르는 큰 충격전류를 말한다. 지속시간은 0.1~60sec 정도
- 3) 여자돌입전류는 감쇄시간이 비교적 길어서 보호계전기가 오동작하는 경우가 있다.

##### 3. 여자돌입전류의 발생원인

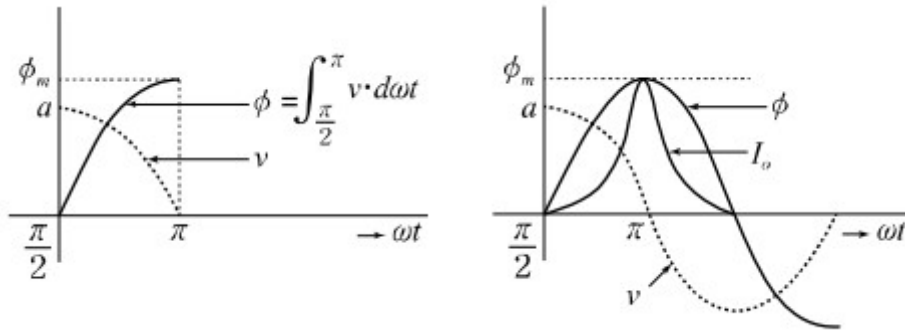
- 1) 투입전압의 위상이 0인 경우
- 2) 철심의 잔류자속이 있을 경우
- 3) 전원(계통) 임피던스가 적은 경우
- 4) 냉간 압연 철심 또는 저압측에서 여자하는 경우

##### 4. 여자돌입전류의 발생 메커니즘

- 1) 전압위상이 최대로 된 순간 전원 투입시(철순, 잔류자기 무시)

전원이 파고치에 도달한 점(a)에서 스위치를 투입하면 자속  $\phi$ 는  $\frac{\pi}{2}$  시점인 0점에서 출발,

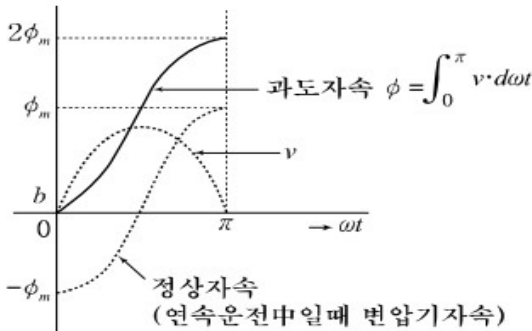
$\frac{1}{4}$  주기동안 전압은 적분한  $\phi_m$  크기의 정상자속이 되어 여자전류는 작은 값이 된다.



2) 전원전압 0인 순간 전원 투입시(철손, 잔류자기 무시)

1) 자기포화 무시

전압 0점 (b)에서 스위치를 투입하면 최초의 변압기 자속은 0(잔류자속무시)이므로 자속은 0점 부터 시작하여 반주기동안 전압을 적분한 면적에 해당되는  $2\phi_m$  만큼 변화시켜야 하므로 이에 따른 여자전류도 급증하게 됨



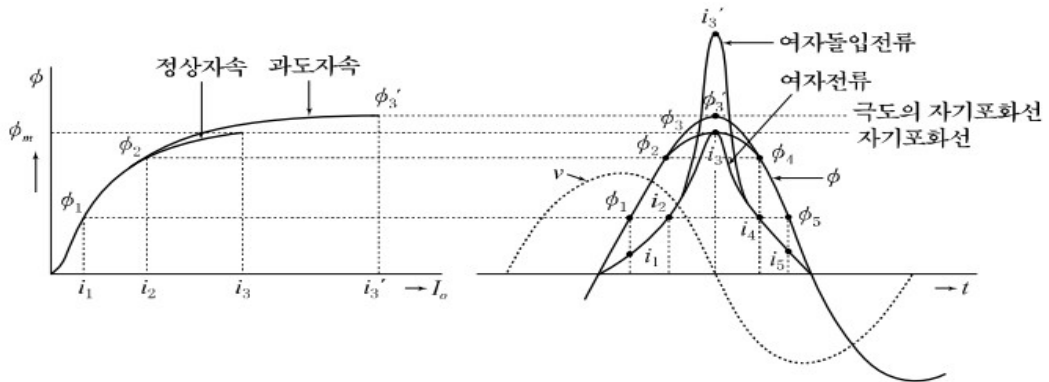
2) 자기포화의 영향

실제로는 철심의 자기포화 영향으로 과도자속( $\phi_3'$ )은 정상자속의 자기포화선( $\phi_m$ )을 넘어서게 되면 극도로 자기포화를 이루면서 더 이상 증가하지 않은 채 과도자속을 생성 시키는데 필요한 여자전류( $i_3'$ )가 급증하게 되는데 이를 여자돌입전류라 하며 보통 1차측에 정상전류의 7~8배 정도의 크기가 순간적으로 흐르다 시정수에 따라 감쇄한다.

## 5. 여자돌입전류의 방지대책

1) 비율차동계전기

- (1) 감도 저하식 : 동작코일과 병렬로 By Pass회로를 삽입하여 여자전류가 감쇄하는 수초 동안 동작감도를 낮추는 방식이다.
- (2) 고조파 억제식 : 기본파 필터와 제2고조파 필터를 설치하여 기본파 필터는 동작력을 고조파 필터는 억제력을 발생시키는 방식이다.



- (3) 비대칭과 저지법 : 반파 정류파에 가까운 비정현파를 차동동작계전기가 차단 하여도 차단기 트립회로를 유지하는 방식이다.
- 2) 과전류계전기(OCR) : 순시탐을 변압기 정격전류의 10배 전류에서 동작시간 0.2 초 정도로 정정한다.
  - 3) 전력퓨즈와의 협조 : 변압기 전부하 전류의 10배 0.1초점이 퓨즈의 단시간 허용 특성 이하에 있도록 한다.

## 【제4교시】

4-1. 예비전원 설비에서 축전지설비의 축전지용량 산정방법에 대하여 설명하시오.

### 해설

#### 1. 개요

1. 축전지 설비는 독립된 순수 직류전원으로써 정전시 무순단으로 단시간에 전기를 공급할 수 있는 신뢰성이 매우 높은 예비전원 설비이며 중요부하에 그 사용이 증가 추세임
2. 축전지 설비 구성 : 축전지, 충전장치, 제어장치, 보안장치

#### 2. 축전지용량 산정방법

##### (1) 부하의 종류결정

- ① 순시부하 : 차단기 조작전원
- ② 상시부하 : 비상조명, 제어회로 전원

##### (2) 방전전류( $I$ ) 산출

일반축전지	UPS용 축전지
$I = \frac{\text{부하용량}(VA)}{\text{정격전압}(V)} [A]$	$I = \frac{P \cdot P_f \times 10^{-3}}{V_f \cdot N \cdot \eta \times k}$ <p> <math>P</math> : UPS 출력용량(kVA)  <math>P_f</math> : 부하역률,                      <math>\eta</math> : UPS 효율  <math>V_f</math> : 방전종지전압(V/cell)    <math>N</math> : 셀수  <math>k</math> : 저감율(병렬운전의 경우)                 </p>

##### (3) 방전시간 결정

- ① 건축법, 소방법 : 30분
- ② 발전기 설치시 : 10분

##### (4) 예상 부하특성( $I-t$ )곡선 작성

가급적 방전 말기에 대전류가 방전되도록 고려하여 작성

##### (5) 축전지 종류결정

- ① 연 축전지 : CS형(완방전형), HS형(급방전형)  
가격면에서 유리(주로 HS형 사용)
- ② 알카리 축전지 : 포켓식(AL, AM, AMH), 소결식(AH-S, AHH)

성능, 유지보수면에서 유리(주로 AMH형 사용)

(6) 축전지 Cell수 결정  $\rightarrow N = \frac{V}{V_B}$  ( $V_B$  : 공칭전압,  $V$  : 정격전압)

종류	셀수/(표준)	공칭전압(V/Cell)	정격전압(V)
연 축전지	52~55(54)	2.0	$2.0 \times 54 = 108(V)$
알카리 축전지	80~86(86)	1.2	$1.2 \times 86 = 103(V)$

(7) 허용 최저전압 결정(방전 종지전압)

$$V_f = \frac{V_a + V_c}{N} \text{ (V/cell)}$$

단,  $V_a$  : 부하의 최저 소요전압

$V_f$  : 방전 종지전압

$V_c$  : 축전지와 부하간 전압강하

(8) 최저 전지온도 결정

① 축전지 온도가 너무 낮거나 높으면 방전특성 저하(30~40℃가 최적)

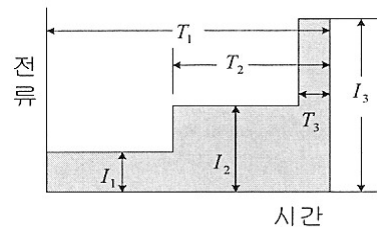
② 최저 축전지온도 : 실내(+5℃), 옥외 Cubicle 내(5~10℃), 한냉지(-5℃)

(9) 용량 환산시간 “K값” 결정

허용 최저전압, 전지 최저온도, 방전시간에 따라 결정

(10) 축전지 용량산출

① 방전전류 증가패턴



$$C = \frac{1}{L} \{K_1 I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + \dots + K_n (I_n - I_{n-1})\} [\text{Ah}]$$

단,  $C$  : 25℃에서의 축전지 정격환산용량(Ah)

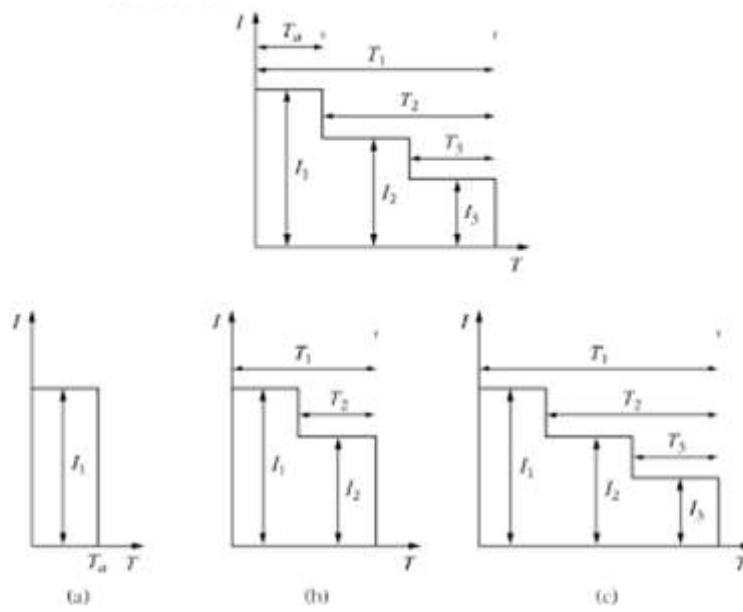
$L$  : 보수율(0.8)

$K$  : 용량 환산시간

$I$  : 방전전류

② 방전전류 감소패턴

전류 감소구간 분해, 각각 용량 산출 후 가장 큰 값 적용



(a)  $C_a = \frac{1}{L} K_1 l_1$ ,

(b)  $C_b = \frac{1}{L} [K_1 l_1 + K_2 (l_2 - l_1)]$

(c)  $C_c = \frac{1}{L} [K_1 l_1 + K_2 (l_2 - l_1) + K_3 (l_3 - l_2)]$

#### 4-2. 건물일체형 태양광발전(BIPV) 시스템과 관련하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 모듈구조
- 2) 특징
- 3) 일반 태양광발전(PV)시스템과 건물일체형 태양광발전(BIPV)시스템의 비교
- 4) 설계 시 고려사항

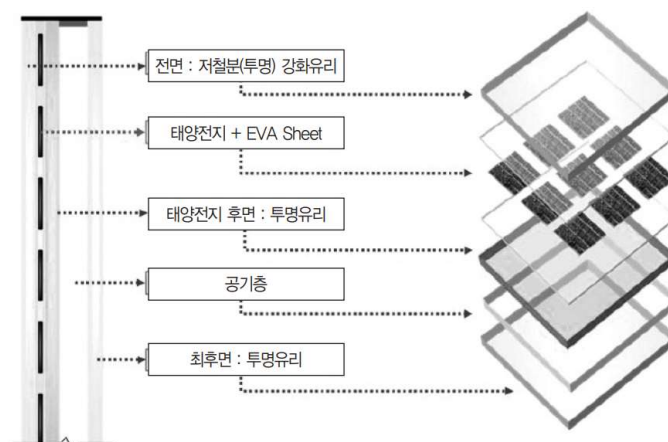
### 해설

#### 1. 정의

- 1) BIPV란 건축물의 외피 마감재로 PV를 이용하는 것으로, [건물통합형] 또는 [건물일체형] 태양광발전 시스템을 의미한다.
- 2) BIPV 태양전지 모듈은 필요한 건축물의 외장 자재의 일부 기능을 변경하여 전기생산과 건축자재 역할 및 기능

#### 2. 모듈구조

- 1) 현재 건축물에 가장 많이 사용되는 BIPV모듈은 Cell의 재질에 따라 결정질과 비정질(박막형)로 구분된다. 또한 유리의 접합 방식에 따라 PV모듈의 양면에 유리를 사용하는 투광형 G to G 타입(Glass to Glass)과 전면에 투명유리를 사용하고 후면에 불투명 금속체를 접합한 불투광형인 G to T 타입(Glass to Teddlar)으로 구분된다.
- 2) 일반적으로 커튼월 구조의 비전(Vision)부의 창호재로 사용되는 BIPV모듈은 PV모듈의 Back Sheet 대신에 단열성능을 강화하기 위해 공기층을 두고 유리를 덧붙인 구조(G to G)이다.



## 2. 특징

- 1) 전력생산과 건물의 외피재료의 기능을 동시에 수행한다.
- 2) 별도의 부지확보가 필요 없다. (경제성 향상)
- 3) 건축물 부재의 대체효과가 있다. (경제성 향상)
- 4) 적용가능 요소 : 창호, 벽면, 지붕, 차양 등
- 5) 시공이 간편하다.
- 6) 건물 미관을 해치지 않는다.
- 7) 모듈이 고가이며 효율이 떨어진다.

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건물외장재로 사용되어 그에 상응하는 비용 절감</li> <li>○ 건물과의 조화로 건물 부가가치 향상</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실내 온도상승으로 별도 건물 설계 방안 필요</li> <li>○ 수직으로 설치되어 발전량 일부 감소</li> </ul>

## 3. 일반 태양광발전(PV)시스템과 건물일체형 태양광발전(BIPV)시스템의 비교

	BIPV	PV
장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지보수가 용이하고, 무인시스템에 의한 원격관리 가능</li> <li>- 고장시 진단 및 부품교환 용이함</li> <li>- 건물의 전기 사용에 따른 전력 피크 완화에 도움</li> <li>- 건물의 외장재로 사용하기 때문에 협소한 장소에 적합</li> <li>- 태양광 모듈지지대 건설비용 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 유지보수가 용이하고, 무인시스템에 의한 원격관리 가능</li> <li>- 고장시 진단 및 부품교환이 용이함</li> <li>- 건물의 전기 사용에 따른 전력피크 완화에 도움</li> <li>- 집광 경사각 조종으로 발전량 증대</li> <li>- 잉여전력 발생시에 판매 수익 창출</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계절·기후·시간 등 운용조건에 따라 전기 발전량에 차이가 많음</li> <li>- 초기 투자비용이 가장 높음</li> <li>- 동일 투자비용 대비 에너지효율이 매우 낮음</li> <li>- 대부분 수직/수평부에 설치되므로 PV형 대비 발전량 적음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계절·기후·시간 등 운용조건에 따라 전기 발전량에 차이가 많음</li> <li>- 초기 투자비용이 높음</li> <li>- 동일 투자비용 조건에서 지열설비 대비 에너지효율이 낮음</li> <li>- 건물 상부에 설치시, 구조적 안전 검토를 위한 비용이 추가 발생함</li> </ul>

## 4. 설계 시 고려사항

### 1) 일사량에 따른 발전성능

BIPV 설치 경사각과 방위각에 따른 발전성능을 사전에 예측하여 적절한 설치 위치를 선정해야 한다.

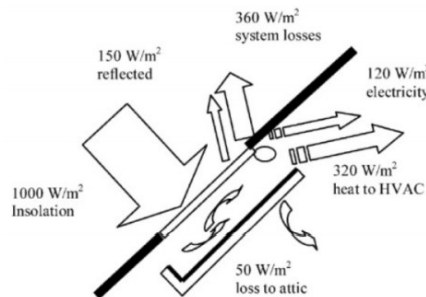
### 2) 음영에 따른 발전성능

- ① 음영은 건물자체에 있는 매스요소(난간, 냉각탑 등), 인접건물과 식재 등의 장애물 또는 PV모듈 구조체 상호간에 의해 발생된다.

- ② PV모듈에 음영이 드리워질 경우 직달 일사량 자체가 줄어들기 때문에 발전량이 감소하는 것이 당연하지만 부분 음영에 의한 전체 시스템의 발전량 감소도 매우 큰 영향요소이다. 직렬로 연결된 태양전지의 일부분에 음영이 지면 마치 배관 내 일부분에 병목 현상이 발생하는 것과 같은 원리로 전체 시스템의 발전효율도 크게 감소한다.
- ③ 이에 대한 대책으로 태양전지 어레이 최적 설계 및 음영이 드리워진 부분을 바이패스(By-Pass)할 수 있도록 바이패스 다이오드(By-Pass Diode)를 PV모듈 내부에 삽입하여 설계하고 일반적으로 그들과 같은 방향으로 직렬 배선하는 것이 유리하며, 최적의 설계는 그들의 모양이나 움직이는 방향이 다양하기 때문에 음영도를 작성한 뒤에 종합적으로 배선 계획을 검토하는 것이 필요하다.

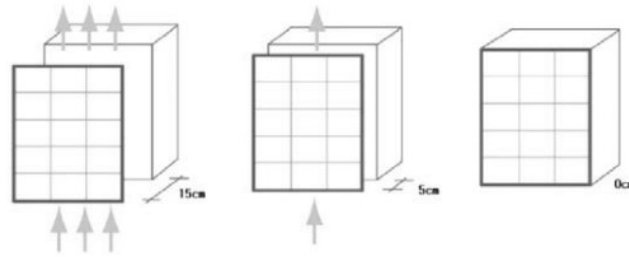
### 3) 온도에 따른 발전성능

PV모듈의 표면에 입사하는 일사량에 의한 에너지 흐름과 변환효율은 [그림]과 같이 표현할 수 있다. 전기를 생산하는 과정에서 자체적으로 발생하는 열과 주변대기의 상태에 따라 주변에 비해 상승하는 온도는 실내공간의 열부하 증가와 시스템 변환 효율에 영향을 미친다.



PV 시스템의 에너지 흐름

- ① 태양전지의 온도가 증가할수록 VOC는 감소하고, ISC는 미세하게 증가하나 출력 P는 전체적으로 감소한다.
- ② 일반적으로 PV시스템의 최대 효율을 얻기 위해서는 태양전지의 온도상승을 70℃ 이하가 되게 하는 것이 가장 이상적이고, PV모듈의 설치 방법에 따라 발전량에 대한 손실률을 낮출 수 있다.
- ③ 아래 그림에서 PV모듈과 건물외피 사이에 에어갭이 없는 경우 총 발전량의 약 10%가 손실되며, 5cm정도 에어갭을 확보했을 경우에는 약 5%의 손실 그리고 15cm정도의 에어갭을 확보했을 경우 온도에 의한 손실률을 최소화할 수 있다.



BIPV 적용 방법에 따른 에너지 손실

4) 단락전류, 개방전압에 따른 발전성능

PV시스템의 전기적 특성에 따라, 고전압 시스템의 경우 전압을 높이기 위해 PV모듈을 직렬연결하고, 대전류 시스템의 경우 전류를 높이기 위해서 모듈을 병렬로 연결하여 어레이를 구성한다. 따라서 전류, 전압 특성이 다른 태양전지를 직·병렬 연결할 때는 태양전지의 발전량이 감소하고 연결부위에서 발열이 발생하므로 동일한 전기적 특성을 가지고 있는 모듈을 연결하여 사용해야 한다.

5) PCS(Power Conditioning System)의 설계

PCS는 BIPV 어레이에서 발전한 직류전력을 상용전력 계통과 같은 전압과 주파수의 교류전력으로 변환하고 BIPV모듈에서 최대출력을 얻기 위해 전기적인 감시, 보호기능을 수행한다.

① 집중형(Central)

PV 어레이가 여러 개의 군으로 되어 있는 것을 하나의 전력변환기로 계통에 연결되어 음영의 영향을 피할 수는 없지만 전력변환기의 집중으로 가격 절감을 이룰수 있는 구조이다.

② 스트링 구조

하나의 PV 어레이군과 하나의 전력변환기가 1 : 1로 한 조가 되어 계통에 여러 개의 시스템이 연계되는 형태로, PV 어레이의 설치 위치별로 생산되는 에너지가 다를 때, 즉 그림자의 영향을 최소화 할 수 있는 연결방법이다.

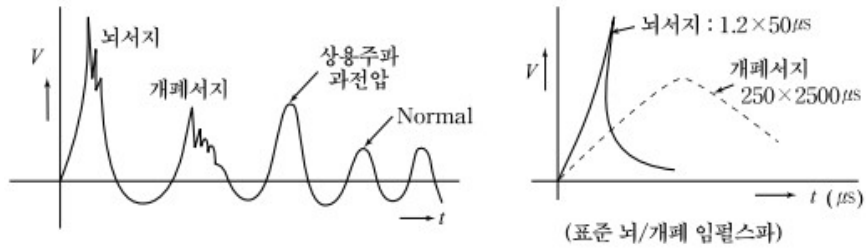
③ 멀티스트링 구조

여러 개의 PV 어레이에 각각 최대전력 추종기법이 내장되어 있는 컨버터를 할당하여 그림자의 영향을 최소화할 수 있지만, 계통연계용 인버터가 고장 날 경우 모든 전력변환이 중단되는 단점이 있다. AC모듈은 최대전력 효율도 높이고, 그림자 악영향을 최소화할 수 있으며, 유지보수 측면에서 가장 신뢰성이 높은 구성법이라 할 수 있다.

### 4-3. 선로의 이상전압 발생원인과 보호대책에 대하여 설명하시오.

#### 해설

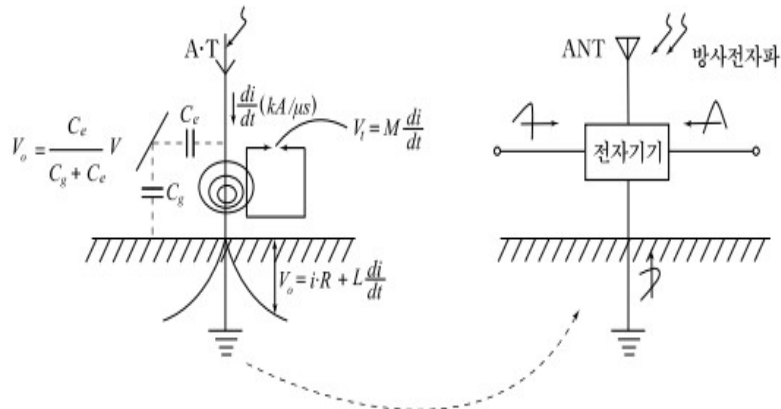
#### 1. 이상전압 (Surge)과형



#### 2. 이상전압 발생원인

##### 1) 뇌에 의한 이상전압

- (1) 정의 : 뇌방전에 의해 발생하는 급준파 서지
- (2) 종류 : 직격뢰, 간접뢰(유도뢰, 측뢰, 역류뢰)
- (3) 침입경로



##### 2) 개폐에 의한 이상전압

###### (1) 정의

전원계통에서 개폐조작 조건의 갑작스런 변동에 의한 과도현상으로 고주파 또는 감쇠 진동성 서지, 대기서지에 비해 크기 작고 상승시간 늦음

###### (2) 종류

- ① 무부하 선로 개폐서지 : 투입서지, 차단시 재점호 서지
- ② 유도성 소전류 차단서지 : 전류절단, 반복재발호, 유발재단 서지
- ③ 기타 : 고장전류 차단서지, 3상 비동기 투입서지, 고속도 재폐로서지 등

##### 3) 지락사고에 의한 이상전압

- (1) 유효접지계:1선 지락시 건전상 대지전위 상승은 상전압의 1.38배 이하
- (2) 비유효접지계:1선 지락시 건전상 대지전압은 상전압의1.38배 초과
- (3) 고압계통 지락시 저압계통 고장전압 및 스트레스전압 발생

### 3. 기기 보호대책

#### 1) 뇌 이상전압 대책

##### (1) 수전설비

수용가 인입측 LA설치

##### (2) LPS(Lightning Protection System)

- ① 외부 뇌보호 : 수뢰부, 인하도선, 접지전극
- ② 내부 뇌보호 : 뇌 등전위 본딩, 전기적 절연

##### (3) SPM (LEMP 방호대책)

###### ① 접지 및 본딩

㉠ 바닥 메시화 + 1점접지 : 서지임피던스 저감, 기준전위 안정화 (ZSRG)

㉡ 본딩망 구축 : 기기간 전위차 최소화, 자계감소

② 차폐 : 공간차폐, 내부 배선차폐 (차폐 Cable, Cable Tray, 금속덕트 이용)

③ 선로 적정배치 : 유도 루프 최소화

###### ④ 협조된 SPD 시스템

㉠ LPZ별 에너지 협조, 내부 및 외부서지 영향으로부터 단계적 보호

㉡ 기기 정격 임펄스 내전압(SPD사양은 아래값 이하로 선정)

뇌 임펄스 Category		IV	III	II	I
임펄스 내전압(kV)	단상 120~240V	4	2.5	1.5	0.8
	3상 230/400V	6	4	2.5	1.5
대상설비		설비인입구	간선 및 분기회로	부하기기	특별보호기기
SPD 등급 및 설치장소		Class I (배전반)	Class II (분전반)	Class III (제어반)	

⑤ 절연 인터페이스 : 레벨 II 절연기기, 절연변압기, 광케이블, 광결합기, SPD 이용

#### 2) 개폐 이상전압 대책

(1) 차단기 : 고속, 저항차단방식 채용, 절연내력 높은 매체사용

(2) 선로측 : 중성점접지, 분로리액터 설치

(3) 기기측 : SA, SPD설치

(4) TR 고·저압 권선간 정전 차폐(정전 이행전압 방지)

(5) FACTS 또는 Custom Power 기기활용 : SVC, SVG, Active Filter 등

3) 지락사고 이상전압 대책

- (1) 피뢰기 설치로 이상전압 제한
- (2) TT, TN, IT 계통별 저압계통 고장전압과 스트레스전압에 대한 허용요건이 충족되도록 접지설비 조정
- (3) 스트레스 전압의 크기와 지속시간은 허용값 이내

저압설비의 기기 허용 스트레스 전압(V)	차단시간(sec)
$U_0+250V$	>5
$U_0+1200V$	≤5

#### 4-4. 박물관이나 미술관의 전시조명 설계시 고려사항에 대하여 설명하시오.

##### 해설

##### 1. 개요

- ① 박물관이나 미술관에서는 미술품, 문서, 역사적 유물 등의 자료를 현존하는 사람에게 전시하는 동시에 후세에게 보일 수 있도록 보존한다.
- ② 이 자료들이 갖고 있는 고유의 아름다움을 충분히 표현함으로써 조명 효과를 얻고, 감상자에게 기쁨을 주며 작자의 의도와 그 예술품의 아름다움을 충분히 표현하고, 더불어 작품 손상 방지 대책이 강구되어야 한다.

##### 2. 전시 조명의 목적

###### (1) 전시 조명의 목적

- ① 전시품을 손상시키지 않고 조명
- ② 주광에 근접한 색채 감각을 재현
- ③ 심리적 불쾌감을 주지 않는 쾌적한 관람

###### (2) 전시 조명의 조건

- ① 물체의 보임을 좌우하는 조명의 요소는 밝기, 물체의 크기, 휘도의 대비, 시간이다.
- ② 전시실 조명은 단순히 물체의 형상을 파악하거나 색상의 구별이 아니다.
- ③ 보고자 하는 시각 대상물의 다양한 형태 및 색상의 아름다움을 표현할 수 있어야 한다.
- ④ 큐레이터의 연구 결과와 축적된 성과의 표현을 통해 가치의 발견과 이해를 줄 수 있어야 한다.

###### (3) 전시 조명의 요건

- 1) 조도와 광량
- 2) 휘도 분포
- 3) 연색성
- 4) 조도 균제도
- 5) 눈부심
- 6) 색온도에 따른 광 색감
- 7) 광의 방향성과 확산성
- 8) 전시에 따른 이상적인 기상 환경 조건

##### 3. 조명에 의한 전시품의 노화 방지 대책

###### 1) 연간 적산 조도량의 제한(기간이나 횟수 조정)

###### (1) 전시물의 손상

- ① 빛에 대단히 민감한 전시물 : 연간 120,000[lm.h]

② 빛에 비교적 민감한 전시물 : 연간 480,000[lm.h]

③ 손상 계수 : 조도 x 시간에 비례 (손상, 변퇴색은 조사된 빛의 양)

2) 연간 적산량의 제한

구분	서양	일본	한국	적산량 [lx]·h/ 년]
빛에 매우 민감한 것	50~150	150~300	75~300	120,000
빛에 비교적 민감한 것	75~200	300~750	300~750	480,000
빛에 민감치 않은 것	제한없음	750~1,500	700~1,500	제한없음

$$200[\text{lx}] \times 8[\text{h}] \times 300\text{일} = 480,000[\text{lx}] \cdot \text{h}/\text{년}$$

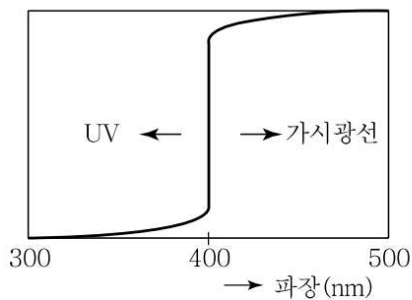
3) 광량의 최소화를 위하여 조도를 낮게 유지

2) 자외 방사에 의한 손상 방지

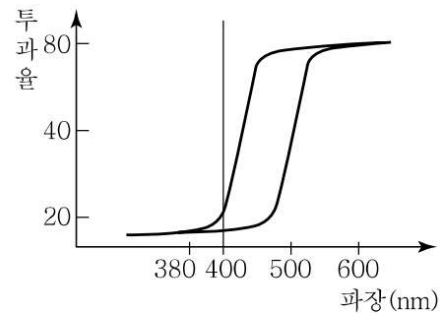
(1) UV 흡수 필터 설치

① 광원의 400[nm] 이하의 단파장이 전시물에 손상을 주므로 자외선 차단 UV 필터를 설치한다.

② 필터를 쓸 수 없는 경우에는 퇴색 방지형 형광등을 사용한다.



(a) 이상적인 Filter



(b) 일반적인 Filter

(2) 퇴색 방지 형광등(자외선 투과율 1[%] 이하)

필터를 적용할 수 없는 경우에 적용하는 것으로 자외 방사의 투과율이 1[%] 이하 이다.

3) 적외 방사에 의한 손상 방지

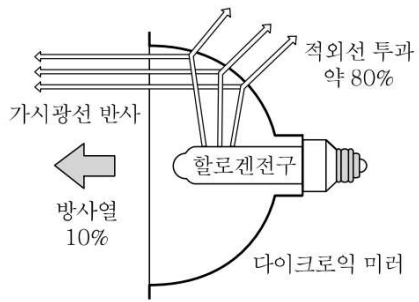
(1) 할로겐 전구 사용(박물관, 미술관용)

① 가시광 투과 적외선 반사막 할로겐 전구

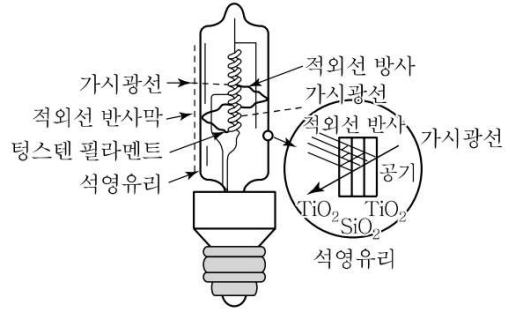
㉠ 80[%]의 적외선을 반사막을 통해 필라멘트로 되돌려서 적외선 반사를 40[%] 삭감하고, 적외선의 효율을 15[%] 향상시킨다.

㉡ 60[W], 85[W], 130[W] 제품이 있다.

② 적외선 투과 반사경체 할로겐 전구



다이크로익 미러부 할로겐 전구



적외반사막용 할로겐 전구

(2) 할로겐 전구의 손상 작용

- ① 열적 손상 작용(균열, 박리, 박락 -> 물리적 손상)
- ② 에너지 분포
  - ㉠ 백열 전구 : 가시광선 7~12[% ], 적외선 84~93[%]
  - ㉡ 할로겐 전구 : 자외선 0.1[% ], 가시광 14[% ], 적외선 80[%]
  - ㉢ 형광등 : 자외선 0.5[% ], 가시광 18.8[%], 적외선 40.7[%]

(3) 기타

- ① 안정기, 변압기 등 발열 부분은 진열장 외부에 설치하고 통풍용 Fan(무소음 Fan)을 설치한다.
- ② 진열장 내에는 온도와 습도 주의(1[m<sup>2</sup>]당 10[g] 수분) : 10[g/m<sup>2</sup>]

4. 설계시의 Point

박물관의 전시 조명은 쾌적한 관람 분위기 속에서 전시물에 대한 감상과 살아 있는 지식을 얻을 수 있는 조명과 전시 유물의 보존성을 감안하여 광방사 에너지에 의한 유물손상을 최소화할 수 있는 조명을 기획하고, 전시 조명의 요건을 만족할 수 있도록 철저한 사전 기획이 필요하다.

#### 4-5. 한국전기설비규정(KEC)의 접지방식 중 저압전로의 보호도체 및 중성선의 접속 방식에 따른 TN, TT, IT 계통접지에 대하여 설명하시오

##### 해설

##### 1. 개요

- 1) 저압전로의 보호도체 및 중성선의 접속 방식에 따라 접지계통은 다음과 같이 분류한다.
- 2) 접지계통 분류
  - ① TN 계통
  - ② TT 계통
  - ③ IT 계통

##### 2. 계통접지에서 사용되는 문자의 정의

###### 가. 제1문자-전원계통과 대지의 관계

T: 한 점을 대지에 직접 접속

I: 모든 충전부를 대지와 절연시키거나 높은 임피던스를 통하여 한 점을 대지에 직접 접속

###### 나. 제2문자-전기설비의 노출도전부와 대지의 관계

T: 노출도전부를 대지로 직접 접속. 전원계통의 접지와는 무관

N: 노출도전부를 전원계통의 접지점(교류 계통에서는 통상적으로 중성점, 중성점이 없을 경우는 선도체)에 직접 접속

###### 다. 그 다음 문자(문자가 있을 경우)-중성선과 보호도체의 배치

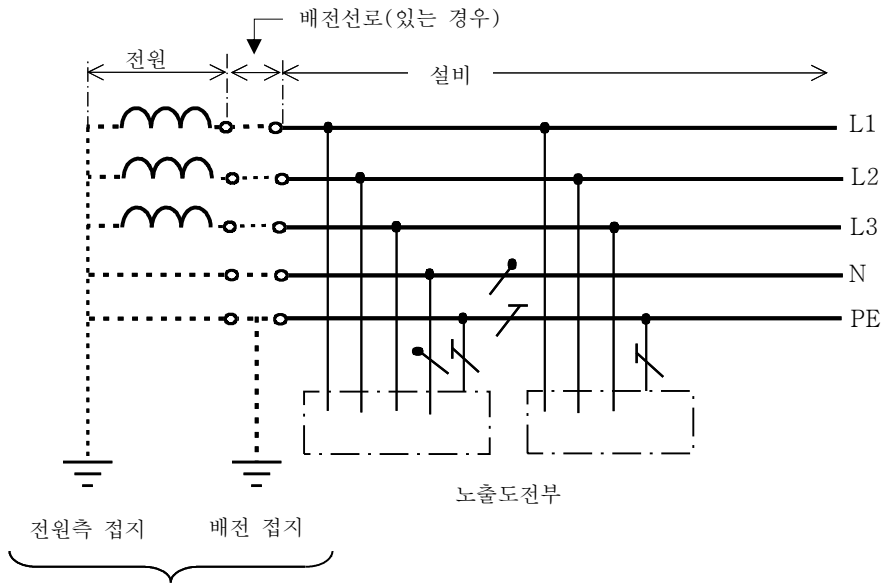
S: 중성선 또는 접지된 선도체 외에 별도의 도체에 의해 제공되는 보호 기능

C: 중성선과 보호 기능을 한 개의 도체로 겸용(PEN 도체)

##### 3. 접지계통별 구성도

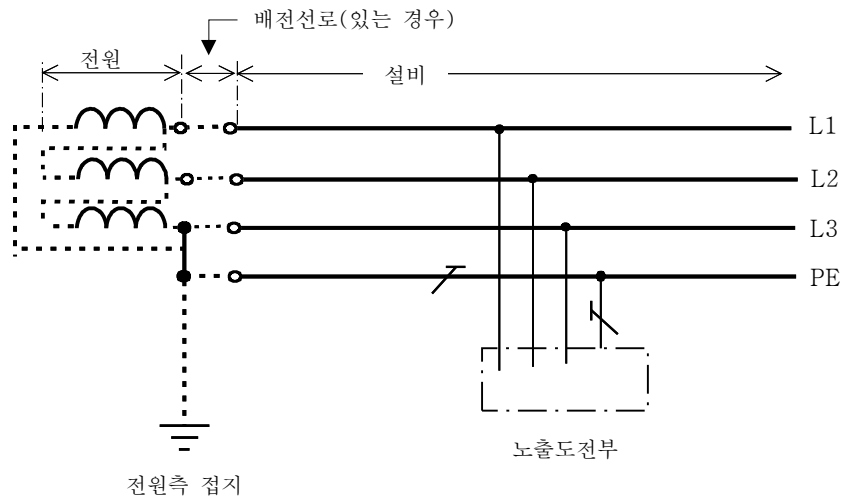
###### 1) TN 계통

- ① 전원측의 한 점을 직접접지하고 설비의 노출도전부를 보호도체로 접속시키는 방식으로 중성선 및 보호도체(PE 도체)의 배치 및 접속방식에 따라 다음과 같이 분류한다.
- ② TN-S 계통은 계통 전체에 대해 별도의 중성선 또는 PE 도체를 사용한다. 배전계통에서 PE 도체를 추가로 접지할 수 있다.

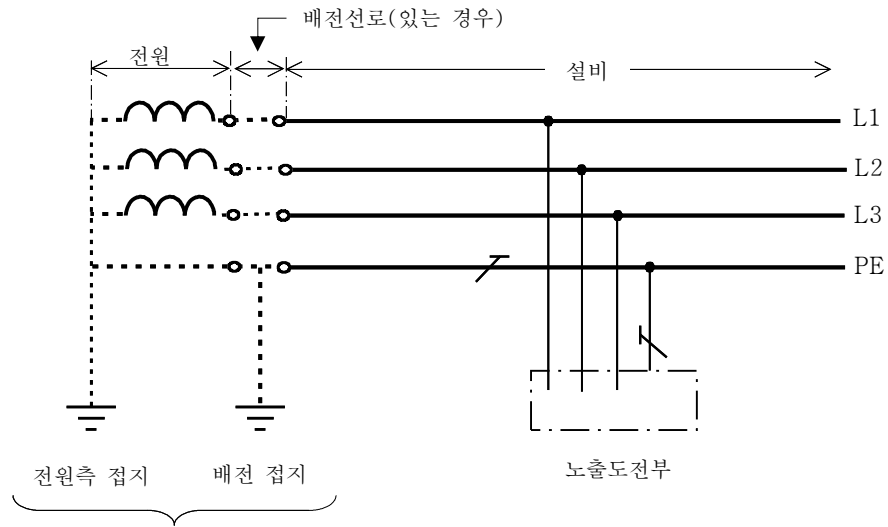


하나 또는 그이상의  
접지도체를 통한 계통접지

가. 계통 내에서 별도의 중성선과 보호도체가 있는 TN-S  
계통



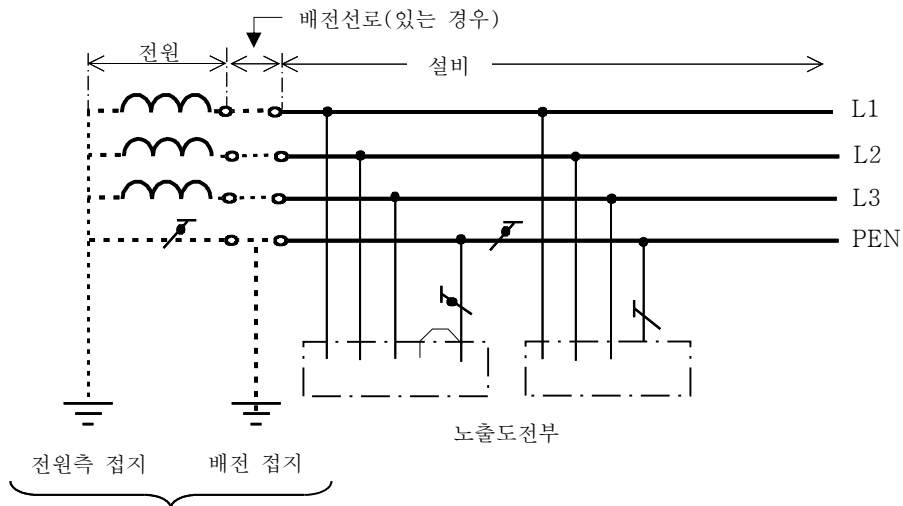
나. 계통 내에서 별도의 접지된 선도체와 보호도체가 있  
는 TN-S 계통



하나 또는 그이상의  
접지도체를 통한 계통접지

다. 계통 내에서 접지된 보호도체는 있으나 중성선의 배선이  
없는 TN-S 계통

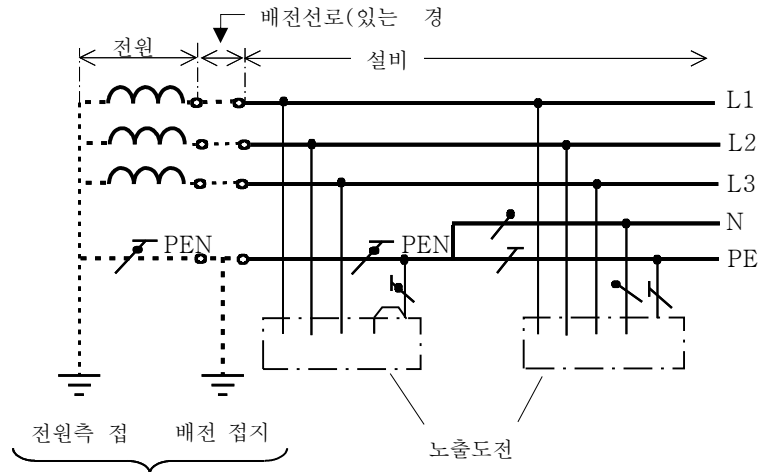
- ③ TN-C 계통은 그 계통 전체에 대해 중성선과 보호도체의 기능을 동일도체로 겸용한 PEN 도체를 사용한다. 배전계통에서 PEN 도체를 추가로 접지할 수 있다.



하나 또는 그이상의  
접지도체를 통한 계통접지

TN-C 계통

- ④ TN-C-S계통은 계통의 일부분에서 PEN 도체를 사용하거나, 중성선과 별도의 PE 도체를 사용하는 방식이 있다. 배전계통에서 PEN 도체와 PE 도체를 추가로 접지할 수 있다.

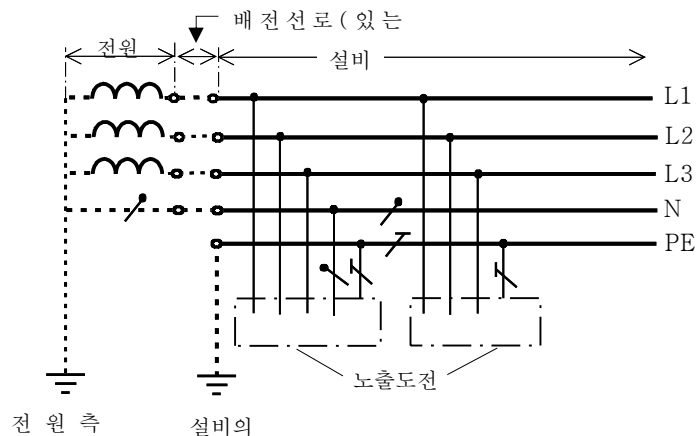


하나 또는 그이상의 접지도체를 통한 계통접지

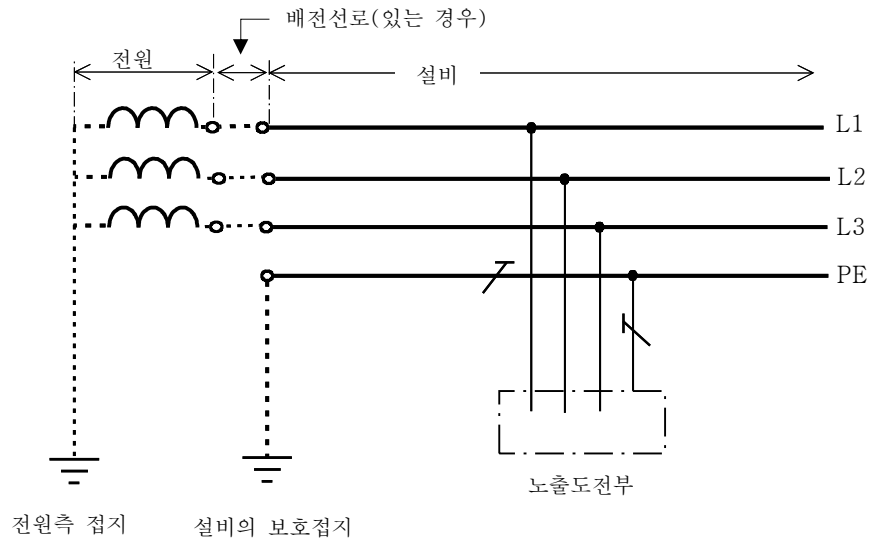
설비의 어느 곳에서 PEN이 PE와 N으로 분리된 3상 4선식 TN-C-S 계통

## 2) TT 계통

전원의 한 점을 직접 접지하고 설비의 노출도전부는 전원의 접지전극과 전기적으로 독립적인 접지극에 접속시킨다. 배전계통에서 PE 도체를 추가로 접지할 수 있다.



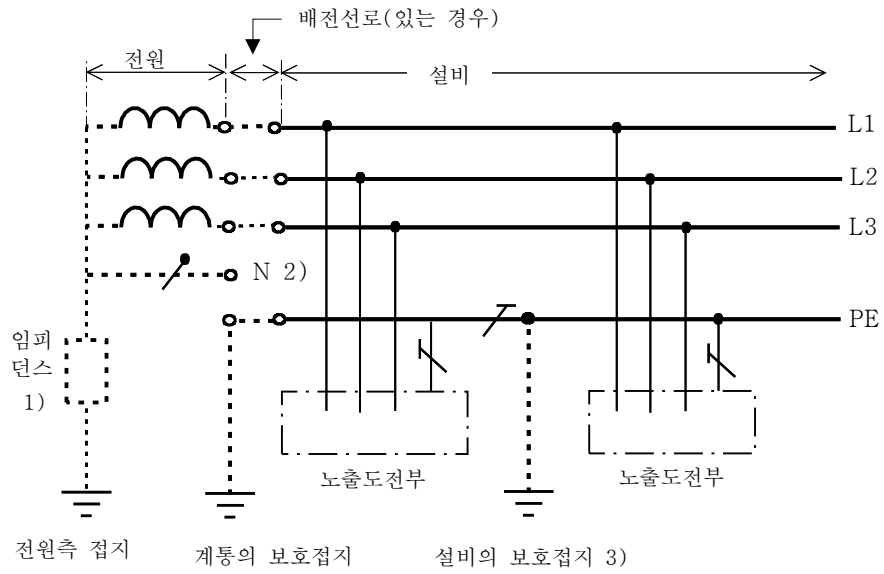
가. 설비 전체에서 별도의 중성선과 보호도체가 있는 TT 계통



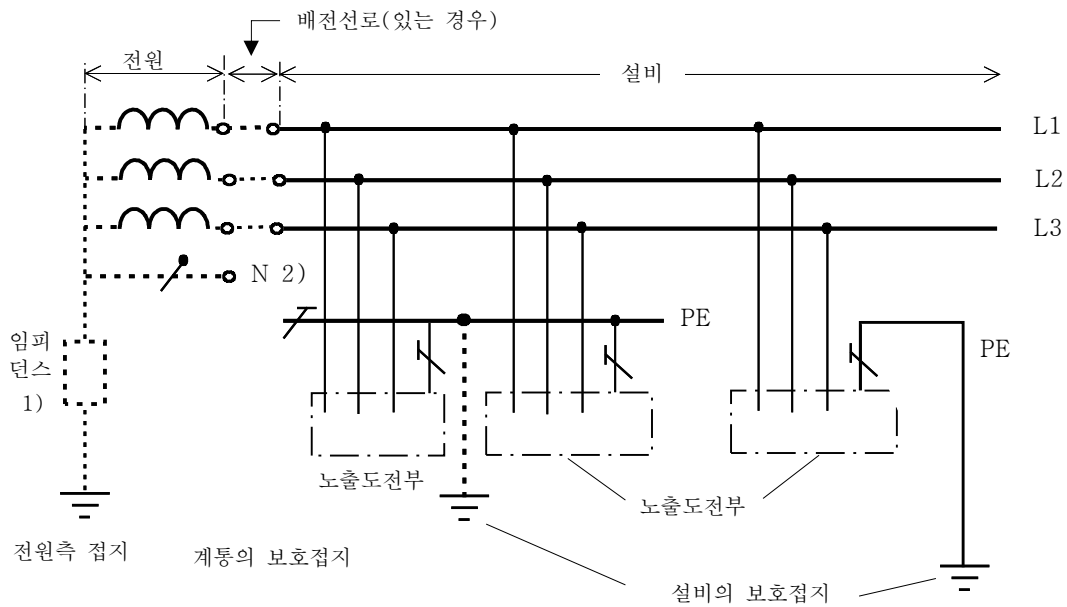
나. 설비 전체에서 접지된 보호도체가 있으나 배전용 중성선이 없는 TT 계통

### 3) IT 계통

- ① 충전부 전체를 대지로부터 절연시키거나, 한 점을 임피던스를 통해 대지에 접속시킨다. 전기설비의 노출도전부를 단독 또는 일괄적으로 계통의 PE 도체에 접속시킨다. 배전계통에서 추가접지가 가능하다.
- ② 계통은 충분히 높은 임피던스를 통하여 접지할 수 있다. 이 접속은 중성점, 인위적 중성점, 선도체 등에서 할 수 있다. 중성선은 배선할 수도 있고, 배선하지 않을 수도 있다.



가. 계통 내의 모든 노출도전부가 보호도체에 의해 접속되어 일괄 접지된 IT 계통



나. 노출도전부가 조합으로 또는 개별로 접지된 IT 계통

## 4-6. 에스컬레이터 전원용량 산정방법과 안전장치에 대하여 설명하시오

### 해설

#### 1. 개요

- 1) 에스컬레이터는 철골구조 트러스 두 대에 스텝체인 발판을 설치하고 이를 구동시켜 승객을 운반하는 장치이다.
- 2) 에스컬레이터는 일정한 속도로 연속적으로 운전되기 때문에 안전장치가 필요하며 어린이들의 장난이나 정상적이 아닌 승차방법에 대해서도 안전대책을 세워야 한다.

#### 2. 에스컬레이터 전원용량 산정방법

##### 1) 변압기 용량

$$\text{변압기 용량} \geq \frac{1.25\sqrt{3} \cdot E \cdot I_n \cdot N}{1,000} \text{ [kVA]}$$

여기서,  $E$ : 정격전압,  $I_n$ : 정격전류,  $N$ : E/C 대수

##### 2) 차단기 정격전류

$$I_f \leq 3 \times \sum I_M + \sum I_H, \quad I_f \leq 2.5I_a \rightarrow \text{작은 값 선정}$$

여기서,  $I_M$ : 전동기 정격전류,  $I_H$ : 전동기 이외 기기의 정격전류,  $I_a$ : 전선의 허용전류

##### 3) 전원선 굵기

$$A \geq \frac{30.8 \cdot (I_s + I_L) \cdot l}{1,000E \cdot \frac{(20 - \Delta V)}{100} \cdot N \cdot Y}$$

여기서,  $A$ : 인입선 굵기[mm<sup>2</sup>]  $I_s$ : 전동기 기동전류[A]  $I_L$ : 슬림라인조명의 전류[A]  $l$ : 인입거리[m]  $E$ : 정격전압(3상 3선식)  $\Delta V$ : 건축물의 전압강하율[%]  $N$ : 병렬대수  $Y$ : 부동률

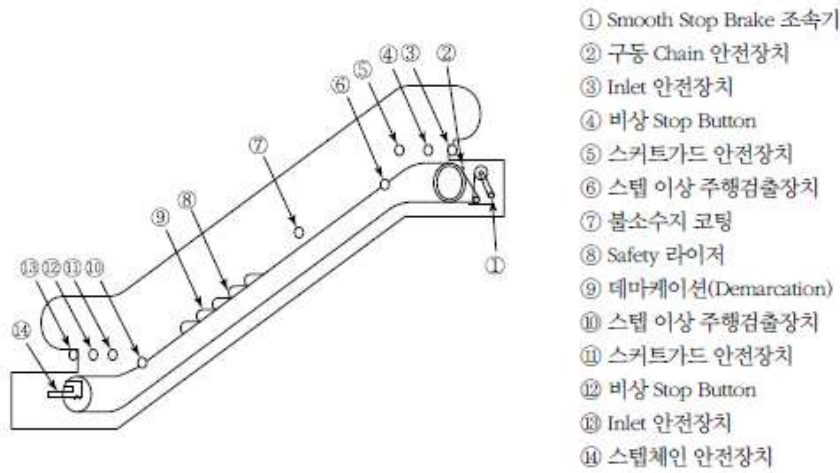
##### 4) 전동기 용량

$$Q = \frac{270\sqrt{3}HS \cdot 0.5V}{6120\eta} = \frac{0.0382 \cdot H \cdot S \cdot V}{\eta}$$

여기서,  $H$ : 계단높이  $V$ : 운행속도(30[m/min])  $S$ : E/C 폭(800형 또는 1,200형)  $\eta$ : 효율(0.6~0.9)

### 3. 에스컬레이터 안전장치에 대한 고려사항

- 1) 스텝체인이 끊어졌을 때 또는 승강구에 있어서 바닥의 개구부를 덮는 문이 닫힐 때에 스텝의 승강을 자동적으로 제지하는 장치가 설치되어야 한다.
- 2) 승강구에서 스텝의 움직임을 정지시킬 수 있는 장치가 설치되어야 한다.
- 3) 승강구의 가까운 위치에 사람 또는 물건이 스텝과 스키프가드 사이에 끼었을 때 스텝의 움직임을 자동적으로 제지할 수 있는 장치가 설치되어야 한다.
- 4) 사람 또는 물건이 난간의 핸드레일의 인입구에 끼어 들어갔을 때 스텝의 움직임을 자동적으로 제지할 수 있는 장치가 설치되어야 한다.



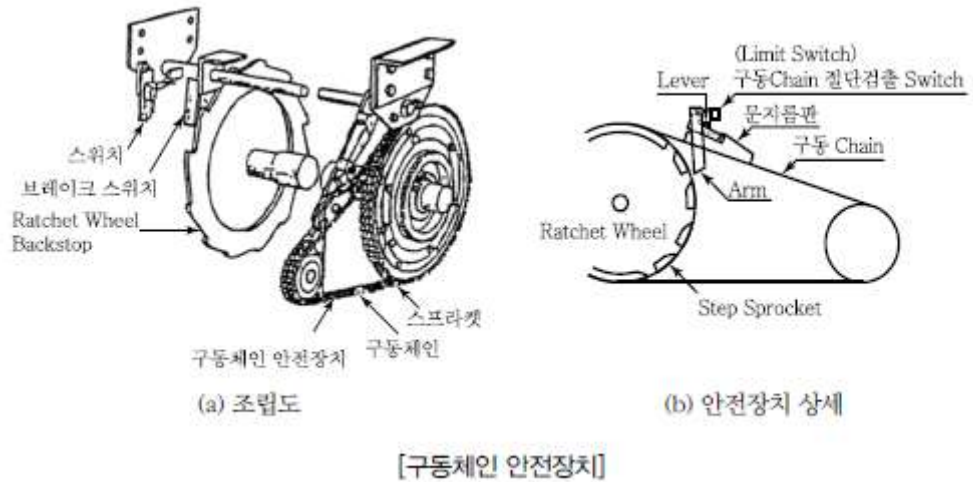
[E/S의 안전장치]

### 4. 안전장치

#### 1) 역전방지 장치

##### (1) 구동체인(Driving Chain) 안전장치

구동체인의 상부에 상시 슈(Shoe)가 접촉하여 구동체인의 인장 정도를 검출하고 있으며 구동 체인이 느슨해지거나 끊어지면 슈가 작동하여 전원을 차단한다. 이것과 동시에 메인 드라이브의 하강방향의 회전을 기계적으로 제지한다. 그때 브레이크 래치가 순간적으로 스텝을 정지시키면 승객이 넘어져 위험하므로 라제트 휠이 메인 드라이브에 마찰되어 계속 유지됨으로써 서서히 정지하게 하여 승객의 넘어짐을 방지한다.



(2) 기계 브레이크(Machine Brake)

슈(Shoe)에 의한 드럼식, 디스크식이 있다. 전동기의 회전을 직접 제동하는 것으로 각종의 안전장치가 작동하여 전원이 끊기면 스프링의 힘에 의하여 에스컬레이터의 작동을 안전하게 정지시킨다. 이때 급히 정지시키면 승객이 넘어질 우려가 있으므로 최저정지거리를 정하도록 규정되어 있다. 일반적으로 무부하 상승인 경우 0.1[m]부터 0.6[m] 이내로 되어 있다.

(3) 조속기(Speed Regulator)

에스컬레이터의 과부하운전, 전동기 전원의 결상 등이 발생되면 전동기의 토크 부족으로 상승운전 중에 하강이 일어날 수가 있으므로 하강운전의 속도가 상승되지 않도록 하기 위하여 전동기의 축에 조속기를 설치하여 전원을 차단하고 전동기를 정지시켜야 한다.

2) 스텝체인 안전장치

스텝체인이 늘어나서 스텝과 스텝 사이에 틈이 생겨서 절단되는 경우에는 스텝 수개분의 공간이 생길 우려가 발생되므로 스텝체인의 장력을 일정하게 유지시키기 위하여 Tension Carriage를 설치하여 이상이 발생하면 구동기의 전동기를 정지시키고 브레이크를 작동시킨다.

3) 스텝이상 검출장치

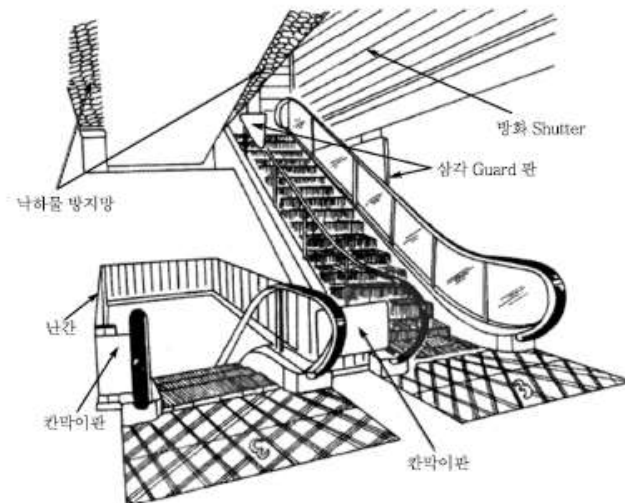
스텝과 스텝의 사이에 이물질이 끼어 있는 상태로 에스컬레이터가 운행하는 것은 아주 위험하기 때문에 스텝이 4[mm] 이상 떠올라 있으면 검출스위치가 작동하여 에스컬레이터의 운행을 정지시킨다.

4) 스커트가드 패널 안전장치

스커트가드 패널과 스텝 사이에 이물질이 끼면 위험하기 때문에 스커트가드 패널에 불소수지 코팅을 하여 미끄러져 떨어져 들어가는 것을 방지하고 있지만 스커트가드 패널에 일정압력 이상 힘이 가해지면 스프링 힘에 의하여 스위치를 작동시켜 에스컬레이터의 운전을 정지시킨다.

5) 건물 측 안전장치

건물 측 안전장치로 삼각부 안내판, 칸막이판, 낙하물 위해방지망, 셔터운전 안전장치, 난간 설치 등이 있다.



[건물 측 안전장치]

