

# 건축전기설비기술사 문 제 해 설

[제 121 회]

## 【제1교시】

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하시오. (각10점)

1. 통합접지 시공 시 감전보호용 등전위본딩의 적용 대상물과 시설 방법에 대하여 설명하시오.
2. 통합자동제어설비의 설계순서 및 제어방법에 대하여 설명하시오.
3. 3상 단락고장 시 고장전류계산 목적과 계산순서를 설명하시오.
4. 변압기 여자돌입전류의 발생과 그에 따른 보호장치의 오동작 방지에 대하여 설명하시오.
5. 절연계급과 기준충격절연강도(BIL)에 대하여 각각 설명하시오.
6. 전기설비에서 영상분 고조파가 콘덴서에 미치는 영향을 설명하시오.
7. 허용 보폭전압(Step Voltage)의 정의와 계산방법을 설명하시오.
8. 전기설비에서 배선의 표피효과와 근접효과에 대하여 설명하시오.
9. 전기설비 기술기준 및 판단기준에서 정하는 옥내 저압간선의 시설기준에 따라 다음을 설명하시오.
  - 1) 간선에 사용하는 전선의 허용전류
  - 2) 간선으로부터 분기하는 전로에서 과전류차단기를 생략할 수 있는 조건
10. 사무실에 사용되는 LED조명의 색온도에 대하여 설명하시오.
11. 에너지 이용 합리화를 위한 기본계획을 설명하시오.
12. 신재생에너지의 단독운전 시 문제점과 방지대책에 대하여 설명하시오.
13. 터널조명 설계 시 플리커(Flicker) 발생원인과 대책에 대하여 설명하시오.

## 【제2교시】

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 전기설비기술기준 및 판단기준에서 정하는 ESS(Energy Storage System)의 안전 강화를 위한 사항에 대하여 설명하시오.
2. 공장 설비의 증설로 인하여 정전 작업을 시행하려고 한다. 감전방지를 위한 정전 작업 방법에 대하여 설명하시오.
3. 22.9kV 수배전반 제작 시 수행하여야 하는 감리업무 중 주요자재의 품질기준 및 공장 검수 시의 품질 확인 사항에 대하여 설명하시오.
4. 디지털 보호계전기의 특성,기본구성 및 주요기능에 대하여 설명하시오.
5. 건축전기설비 설계기준에서 정하는 공동구 전기설비의 설계기준과 공동구에 설치되는 케이블의 방화대책에 대하여 설명하시오.
6. 제로 에너지 빌딩(Zero Energy Building)의 다음사항에 대하여 설명하시오.
  - 1) 제로 에너지 빌딩의 개념 및 조건
  - 2) 제로 에너지 빌딩의 적용기술
  - 3) 제로 에너지 빌딩의 기대효과

## 【제3교시】

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 누전차단기에 대하여 다음 사항을 설명하시오.
  - 1) 전류동작형 누전차단기의 설치목적, 동작원리, 종류
  - 2) 다음에 주어진 회로에서 Motor A에 접촉 시 인체에 흐르는 전류를 산출한 후 누전차단기를 선정하시오.
  
2. 변압기의 무부하 시험과 단락시험 방법에 대해서 회로를 그려서 설명하고, 다음의 변압기 특성에 대하여 설명하시오.
  - 1) 임피던스 전압 2) 효율 3) 전압변동을
3. 다음 그림을 이용하여 아래 사항을 설명하시오.
  - 1) 벡터도를 이용하여 전압강하식을 유도
  - 2) 3상 4선식 전압강하 계산식  $e = \frac{0.0178LI}{A} (V)$ 을 유도  
(단, A는 전선단면적 [mm<sup>2</sup>]임)
4. 동기전동기의 토크와 부하각특성 및 안전운전범위에 대하여 설명하시오.
5. 피뢰기에 대하여 다음사항을 설명하시오.
  - 1) 피뢰기의 구비조건 2) 피뢰기의 동작특성
  - 3) 피뢰기의 설치장소 4) 피뢰기와 피보호기기의 최대 유효거리
6. 전력기술관리법에서 정하는 설계감리 내용 중 다음에 대하여 설명하시오.
  - 1) 설계감리대상 및 설계감리자격 2) 설계감리 예외사항 3) 설계감리 업무 내용

## 【제4교시】

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각25점)

1. 이종(異種) 금속의 접촉에 의한 부식의 발생 원인과 방지대책에 대하여 설명하시오.
2. 전자화 배전반의 구성, 기능, 문제점, 대책 및 진단시스템에 대하여 설명하시오.
3. 전력용 변압기의 보호장치에 대하여 설명하시오.
4. 선로에서 단락전류 계산방법을 대칭 단락전류와 비대칭 단락전류로 구분하여 설명하시오.
5. 학교조명 설계시 고려해야 할 사항에 대하여 설명하시오.  
1) 일반교실 2) 급식실 3) 다목적 강당
6. 건축물 동력제어반의 구성기기 와 공사감리 시 검토사항을 설명하시오.

## 【제1교시】

1-1) 통합접지 시공 시 감전보호용 등전위본당의 적용 대상물과 시설 방법에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 개요

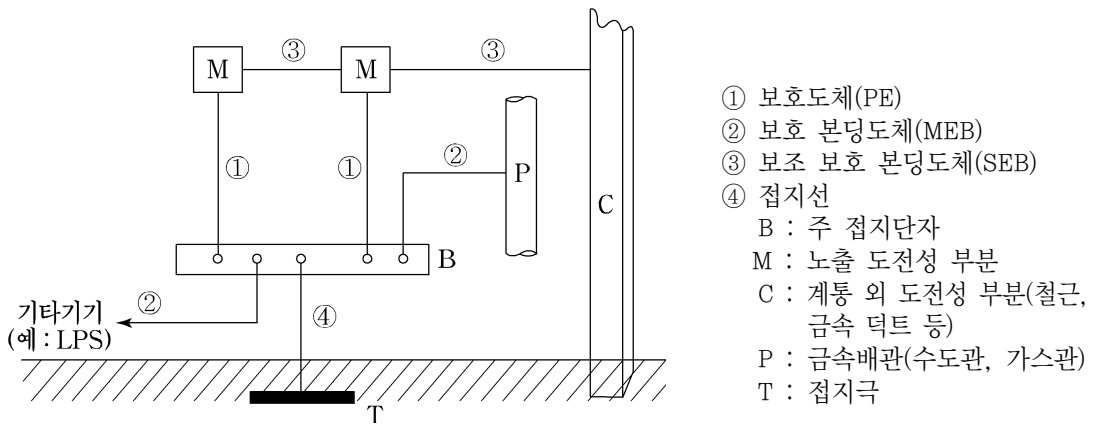
- 1) 등전위본당이란 건축공간에서 접근가능한 도전성 부분에 동시 접촉한 경우에도 전위차에 의한 위험 접촉전압을 발생시키지 않기 위한 전기적 접속을 말함
- 2) IEEE에서의 정의
  - (1) 등전위를 이루기 위한 도전성 부분을 전기적으로 접속
  - (2) 전로를 형성시키기 위해 금속 부분을 연결하는 것
- 3) **관련규정** : KSC IEC-60364-4-41, 62305-3, 4

### 2. 등전위 본당 분류 및 역할

분류	감전보호용(KSC IEC-60364)	뇌 보호용(KSC IEC-62305)	기능용
대상설비	저압선로설비	피뢰설비	전자·통신설비
역할	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 접촉전압 저감</li> <li>• 계통 고장루프 임피던스 저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 과도전압 및 불꽃 방전 방지</li> <li>• EMC 대책</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ERP(기준전위) 확보</li> <li>• EMC 대책</li> </ul>
종류	주, 보조, 비접지 국부적 등전위 본당	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LPS, SPM(LPMS)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Star, Mesh, 조합형</li> </ul>

### 3. 감전 보호용 등전위 본당

- 1) 접지 및 등전위 본당 구성도



## 2) 등전위 본딩 구성방법

### (1) 주 등전위 본딩(보호본딩)

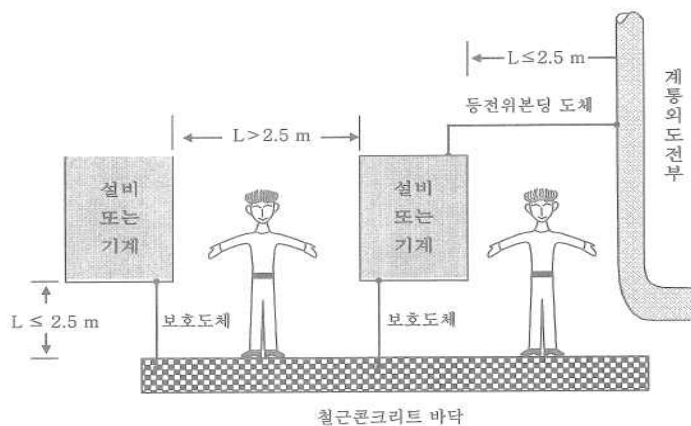
건물 내 전원설비와 금속제 수도관, 가스관, 배수관 등의 계통 외 도전성 부분을 본딩도체를 이용, 주 접지단자에 집중시켜 등전위 영역 형성

### (2) 보조 등전위 본딩(보조 보호본딩)

① 동시 접근 가능한(Arm's reach 범위 내) 노출 도전성 부분간, 노출 도전성 부분과 계통 외 도전성 부분간의 상호본딩

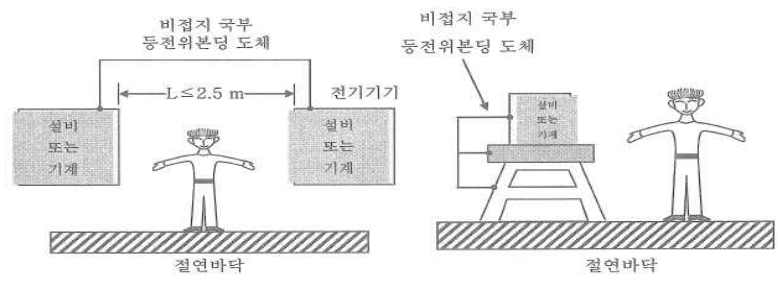
② 고장보호에서 전원 자동차단조건 불충족시 보조 등전위 본딩 실시

(보조 등전위 본딩만으로 전원차단 필요성이 배제되는 것은 아님)



### (3) 비접지(Earth-free) 국부적 등전위 본딩

고장보호에 있어 전원의 자동차단에 의한 보호가 적용될 수 없는 경우, 즉, 보호접지(보호도체사용)를 하지 않는 경우의 보호수단



1-2) 통합자동제어설비의 설계순서 및 제어방법에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 개요

통합자동제어설비는 건축물의 구내에 설비된 각종 시스템을 자동적으로 운전하여 건축물 내부의 쾌적성을 유지 관리하기 위한 것으로 설계한다.

건물자동제어설비는 전기설비 자동제어, 기계설비 자동제어, 중앙시스템으로 구성되며, 일반적으로 선로의 구성과 이를 위한 장비로 구성되도록 한다.

### 2. 설계순서

- 1) 건물자동제어 대상과 범위 선정
- 2) 제어동작 방식의 결정
- 3) 단말장치 및 현장제어 장치의 결정
- 4) 중앙시스템의 결정
- 5) 배선 네트워크 설계

### 3. 제어방법

- 1) 자동제어 동작방법은 온/오프(ON/OFF)동작, 비례( P )동작, 적분( I )동작, 미분( D )동작 등을 선정한다.
- 2) 온/오프(ON/OFF)동작은 목표 값과 측정 값의 차이 값(제어편차)에 따라 조작량을 온/오프(ON/OFF) 하는 것으로 2위치제어라 한다. 다만, 주기적 사이클링으로 응답속도가 빨라야하는 경우에는 사용하지 않는다.
- 3) 비례동작(P동작 : proportional action)은 목표 값과 측정 값의 차이 값(제어편차) 크기에 따라 조작부를 제어한다. 다만, 정상 오차를 수반한다.
- 4) 적분동작(I동작 : integral action)은 목표 값과 측정 값의 차이 값(제어편차)때문에 생긴 면적(적분 값)의 크기에 비례하여 조작부를 제어하는 것으로 잔류편차가 없는 제어방식이다.
- 5) 미분동작(D동작: derivative action)은 목표 값과 측정 값의 차이 값(제어편차)이 검출될 때 편차가 변화하는 속도에 비례하여 조작부를 제어하는 것으로 잔류편차가 커지는 것을 방지하는 제어방식이다.

1-3) 3상 단락고장 시 고장전류계산 목적과 계산순서를 설명하시오.

해설)

1. 고장전류 계산목적.

- 1) 차단기의 차단용량 선정
- 2) 기기의 열적.기계적 강도 선정
- 3) 보호계전기 Setting
- 4) 시스템의 경제성, 안전성 검토
- 5) 순시 전압강하 검토
- 6) 직접접지 계통에서의 유효접지계수 검토
- 7) 계통 안정도에 미치는 영향
- 8) 근접 통신선에서 유도장애 검토

3. 고장전류 계산순서

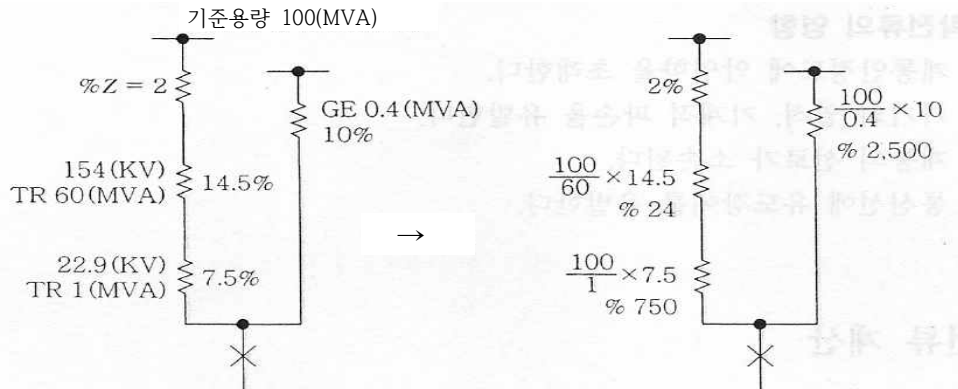
- 1) 예상 Skeleton 작성 및 고장점 선정.(차단기 선정 point)  
수전방식, 배전방식, 모선방식에 따라 Skeleton을 작성한다.
- 2) 각 기기나 선로의 %Z를 산정
  - ① 한전을 통해 %Z를 조사한다.

전압	22.9(KV)	154 (KV)	345 (KV)	765 (KV)
%Z	6(%)	11(%)	15(%)	18(%)

- ② 예시가 없을 경우. 선로의 %Z는 무시한다.
- ③ 변압기 및 장거리 선로의 임피던스로 계산한다.
- ④ 선로의 경우 %Z로 치환한다.  $\rightarrow \%Z = \frac{PZ}{10 \cdot V^2}(\%)$
- ⑤ 고장점은 차단기 선정지점 후단에 산정한다.

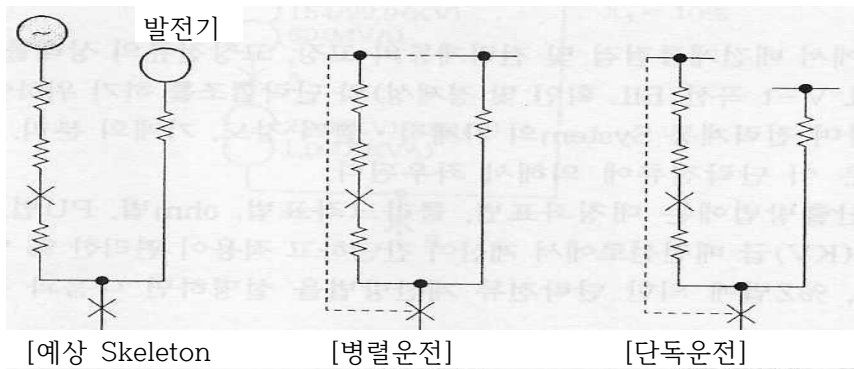
3) 각 기기의 %Z를 기준용량으로 환산

기준 MVA (단락용량)에 부하 %Z를 일치시킨다.



4) Impedance Map 작성

- ① 단독운전 조건에서는 Impedance Map을 분리한다.
- ② 조건이 없을 경우에는 병렬운전으로 작성한다.



5) 차단점에서의 합성%Z 결정

Impedance Map에 의해 전체 %Z를 산출한다.

6) 단락전류 및 차단용량 계산

- ① 전체 %Z로 단락전류를 계산한다.
- ② 단락전류  $I_s = \frac{100}{\%Z} \times I_n$
- ③ 차단용량  $P_s = \sqrt{3} \times \text{정격전압} \times I_s$
- ④ 고압차단기는 (MVA)로, 저압차단기는 (KA)로 표기한다.

7) 표준용량의 차단기 선정

- ① 차단용량 산출 후, 안전율을 고려하여 상위계급의 표준차단기를 선정한다.
- ② 국내의 24(kV)급 차단기는 520(MVA) 뿐이다.

1-4) 변압기 여자돌입전류의 발생과 그에 따른 보호장치의 오동작 방지에 대하여 설명하시오.

해설)

#### 1. 개요

- 1) 변압기 여자돌입전류란 무부하 상태에서 변압기에 급격히 전전압을 인가하게 되면 순간적으로 흐르는 큰 충격전류를 말한다.
- 2) 크기는 인가전압의 투입위상, 변압기 철심의 잔류자속에 따라 결정된다.  
보통 변압기 정격전류의 8~10배 이상, 지속시간은 0.1~60sec 정도
- 3) 여자돌입전류는 감쇄시간이 비교적 길어서 보호계전기가 오동작하는 경우가 있다.

#### 3. 여자돌입전류의 발생원인

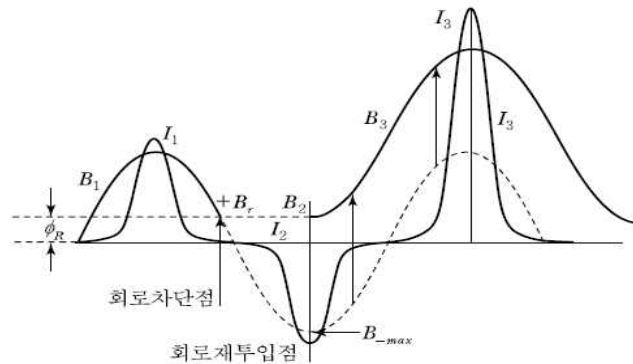
- 1) 투입전압의 위상이 0인 경우
- 2) 철심의 잔류자속이 있을 경우
- 3) 전원(계통) 임피던스가 적은 경우

#### 4. 여자돌입전류의 발생 메커니즘

- 1) 운전중인 변압기를 그림의 회로 차단점에서 여자전류 I1은 영이 되나 변압기 철심 중에는 잔류자속 없이 남게 된다. 이때, 만일 자속밀도가 부의 최대치 B-max를 갖는 순간에 여자가 재개된 경우
- 2) 자속은 순간적으로 발생하거나 소멸될 수 없기 때문에 B-max점으로부터 상승하는 것이 아니라 B2로부터 시작해서 B3의 경로를 따라 증가하고 이때의 전류 파형은 I3와 같이 된다.

$$[\psi = \pm \psi_R + \psi_m(1 + \cos\theta)]$$

- 3) B3의 최대치는 이론적으로는  $B_{3max} = B_r + 2B_{max}$  가 되겠으나 변압기 철심은 설계 포화자속 이상이 되면 포화되어 버리므로 여자 임피던스가 매우 작아져서 정상전류의 수배~수십배의 여자전류가 흐르게 되는데 이것이 여자돌입전류이다.



## 5. 여자돌입전류의 방지대책

여자돌입전류의 특징은 시간이 경과됨에 따라 감소하고 고장전류와 비교할 때 파형이 다르다. 오동작 방지대책은 여자돌입전류의 특성을 이용해서 구체적인 대책을 세우고 있다.

### 1) 비율차동계전기

- (1) 감도 저하식 : 동작코일과 병렬로 By Pass회로를 삽입하여 여자전류가 감소하는 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 차단하여도 차단기 트립회로를 유지하는 방식이다.

2) 과전류계전기(OCR) : 순시탐을 변압기 정격전류의 10배 전류에서 동작시간 0.2초 정도로 정정한다.

3) 전력퓨즈와의 협조 : 변압기 전부하 전류의 10배 0.1초점이 퓨즈의 단시간 허용 특성 이하에 있도록 한다.

## 1-5) 절연계급과 기준충격절연강도(BIL)에 대하여 각각 설명하시오. (해설)

### 1. 개요

전력계통에서 절연의 기본원칙은 뇌전압 이외의 이상전압에서는 섬락내지는 절연과 파괴가 일어나지 않도록 하는 것이며, 전력설비에서 절연설계 기본은 외부이상전압에 대하여 피뢰기(LA)로 보호하고 내부이상전압에 대하여 여유있게 뇌충격 내전압을 정하여 계통전체의 절연이 합리화되도록 하여야 한다.

### 2. 절연계급

절연계급과 시험전압

IEC 규격			JEC 규격		
기기최고 전압[kV]	내임펄스전압[kV]	상용주파 내전압[kV]	절연계급 [호]	내임펄스전압[kV]	상용주파 내전압[kV]
3.6	20/40	10	3A(3B)	45(30)	16(10)
7.2	40/60	20	6A(6B)	60(45)	22(16)
24	125/145	50	20A(20B)	150(125)	50
170	650/750	275/325	140(140B)	750(650)	325(275)

전기기기 및 전기설비의 절연강도를 나타내는 계급을 말하고 표와 같다.

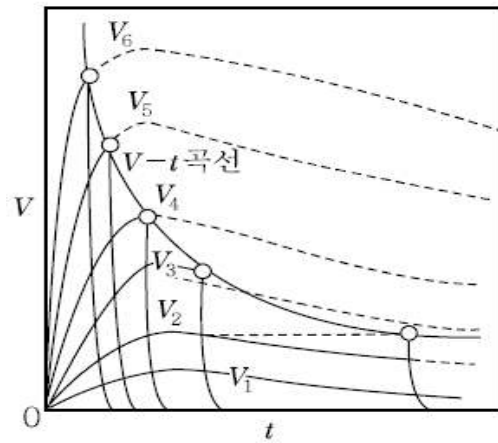
### 3. 기준충격절연강도

변압기, 애자 등 고전압 기기의 절연이 그 기기에 가해질 것으로 예상되는 충격 전압에 견디는 정도를 측정하기 위해서 충격 전압 시험을 행한다.

내충격 전압의 기준으로 기준 충격 절연 강도 (BIL: Basic Impulse Insulation Level) 를 사용하는데 이는 표준 파형의 충격 전압으로 표현되는 절연 수준을 말하며 모든 설비는 적당한 시험에 의하여, 그 절연 수준이 주어진 BIL 과 같거나 높아야 한다.

### 4. 절연협조와 V-T곡선

1) V-t 곡선은 절연협조의 기초가 되는 곡선으로 같은 충격파에 대해서도 V-t곡선이 높은 기기는 V-t곡선이 낮은 기기가 먼저 섬락함으로써 절연보호가 된다.



V-t 곡선

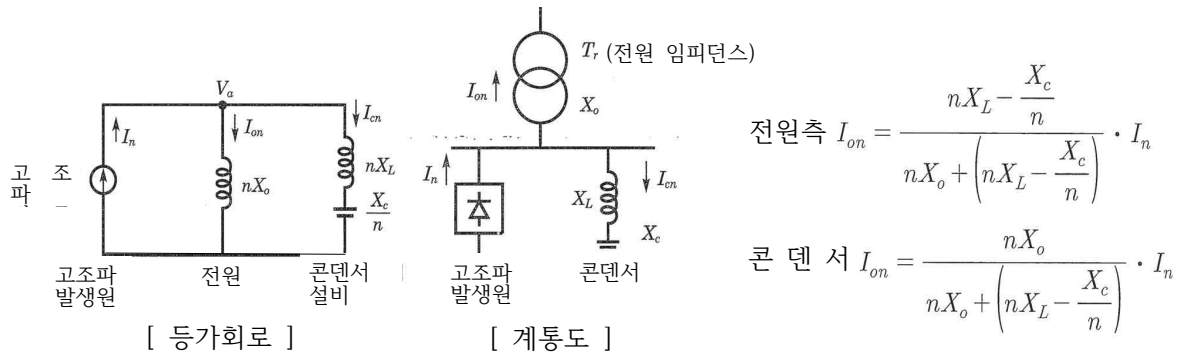
- 2) 피뢰기 V-t곡선은 피보호기기의 V-t곡선보다 낮아야만 피보호기기를 보호할 수 있게 된다. 따라서 V-t곡선간의 협조를 절연협조라 한다.

1-6) 전기설비에서 영상분 고조파가 콘덴서에 미치는 영향을 설명하시오.

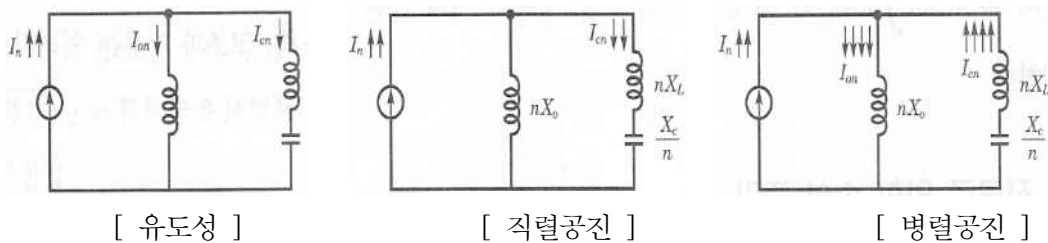
해설)

1. 영향

1) 공진현상으로 인한 과열 발생



회로 상태	회로 조건	n차 고조파
유도성	$nX_L - \frac{X_c}{n} > 0$	확대 안됨. 바람직한 패턴.
직렬공진	$nX_L - \frac{X_c}{n} = 0$	모두 콘덴서로 유입.
용량성	$nX_L - \frac{X_c}{n} < 0$	확대.
병렬공진	$nX_0 = \left  \left( nX_L - \frac{X_c}{n} \right) \right $	극단적으로 확대.

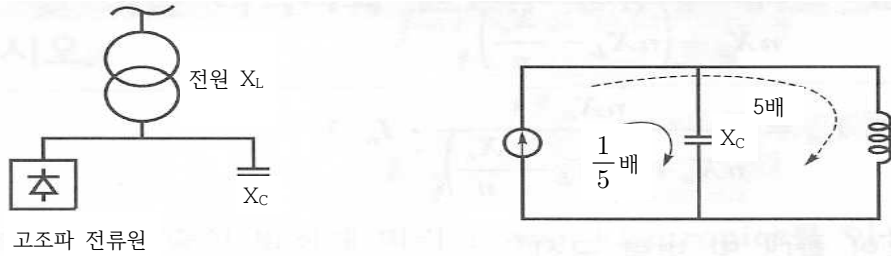


2) 콘덴서 [단자전압] 상승

(1)  $V = V_1 \times \left( 1 + \sum_{n=2}^n \frac{1}{n} \times \frac{I_n}{I_1} \right)$

(2) 콘덴서 내부나 직렬리액터 내부의 [층간절연] 및 [대지절연]을 파괴할 수 있다.

3) [전류 실효치] 증가



[ 실효치 전류 증가 회로도 ]

①  $X_c = \frac{1}{2\pi f C} \propto \frac{1}{f}$ .       $X_L = 2\pi f L \propto f$

② 즉, 고조파 전류는, 임피던스가 낮은 콘덴서로 유입되며 과열,소손의 원인이 된다.

③ 콘덴서유입전류 =  $\sqrt{(\text{기본파 전류} : \text{콘덴서 정격전류})^2 + (\text{고조파 전류})^2}$

4) 콘덴서 [실효용량] 증가

①  $Q = Q_1 \times \left[ 1 + \sum_{n=2}^n \frac{1}{n} \times \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right]$

② 용량증대에 따라 [유전체손실] 증가한다.

③ 내부소자의 [온도상승]이 커져 콘덴서의 열화 촉진한다.

5) 고조파 전류로 인한 [손실증가]

①  $W = W_1 \times \left[ 1 + \sum n^d \times \left( \frac{I_n}{I_1} \right)^2 \right]$

② 직렬리액터나 콘덴서에 과열,소손, 소음,진동 발생한다.

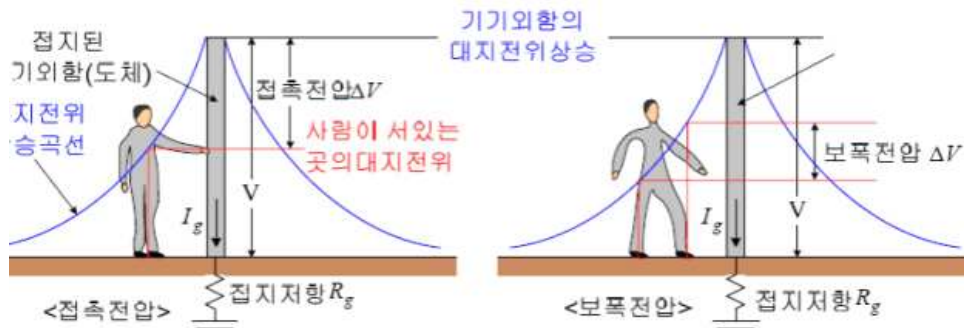
2. 대책

- ① [직렬 리액터] 설치. 직렬 리액터가 없는 콘덴서는, 용량성이 되어 고조파 확대현상이 발생.
- ② [자동역률 조정장치] 설치.
- ③ 전력용 콘덴서 [사용을 억제]하는 방법
- ④ 유도전동기 대신 [동기 전동기]를 채용
- ⑤ 전력용콘덴서 [허용 최대사용전류] 고려

1-7) 허용 보폭전압(Step Voltage)의 정의와 계산방법을 설명하시오.  
해설)

1. 개요

- 1) 접지는 대지에 전기적인 단자를 설치하는 것을 의미하며, 접지대상물을 대지와 낮은 임피던스로 접속하는 기술이다.
- 2) 국내의 접지설계 방법은. 접지저항 값을 얻기위한 접지전극 설계를 위주로 하지만 ANSI/IEEE 접지설계 방법은 접촉전압 및 보폭전압을 고려한 안전한계전압 설계를 위주로 하고있다.



2. 보폭전압

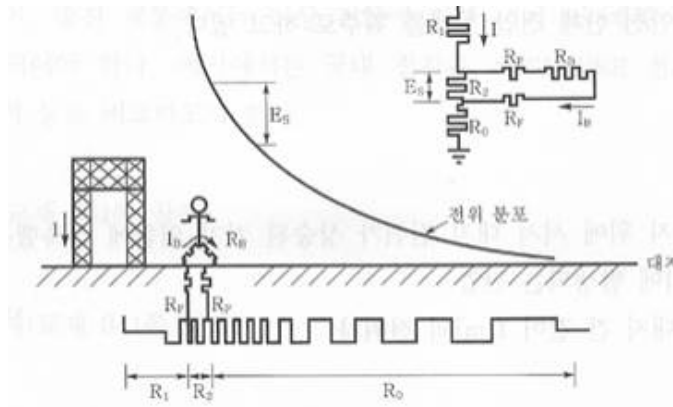


그림) 보폭전압의 구성도

$$E_{step} = (R_B + 2R_f) I_k = \frac{(1000 + 6\rho_s) \cdot 0.157}{\sqrt{t_c}} = \frac{(157 + 0.94\rho_s)}{\sqrt{t_c}}$$

$R_k$  : 인체의 몸통저항[Ω] (1000:가정)

$R_f$  : 한발의 저항[Ω]  $\approx 3\rho_s$

$\rho_s$  : 표토층 저항율[Ω · m]

$I_K$  : 인체허용전류[A](실효치값),  $I_K = \frac{0.157}{\sqrt{t}}$  (Dalziel의 실험식)

$t$  : 지속시간[sec]

- 1) 접지전극 부근 지표면상에 생기는 전위차로서 사람의 두발사이에 발생하는 전위차 최대치를 말한다.
- 2) 접지전극 부근 대지면 두점간 길이 1(m)의 전위차

### 3. 저감방법

- 1) 접지전극을 깊게 매설한다.
- 2) Mesh식 접지방법을 채용하고 Mesh 간격을 좁게한다.
- 3) 철구 주변에 자갈 또는 콘크리트를 타설한다.
- 4) 접지저항을 충분히 작게하여 기기의 대지전위 상승을 억제한다.
- 5) 2종, 3종 접지의 공용화.
- 6) 3상4선식 대신 단상3선식을 채택하여 대지전압을 1/2로 감소시킨다.
- 7) 보조접지선을 매설하고 이것을 주접지선과 접속한다. 즉, 등전위화 시킨다.

1-8) 전기설비에서 배선의 표피효과와 근접효과에 대하여 설명하시오.

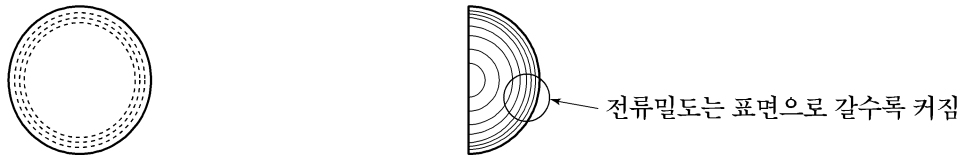
해설)

1. 표피효과(Skin Effect)

(1) 정의 : 도체에 교류가 흐를때 교번자속에 의한 기전력에 의해 도체 내부의 전류밀도는 균일하지 않고 전선 바깥으로 갈수록 커지는 경향이 있는데 이를 표피효과라 하며 도체 단면적은 실효적으로 축소되는 결과를 초래함

(2) 원인

- ① 전류가 일정한 상태에서 전선 단면적 내의 중심부일수록 전류가 만드는 전자속과 쇄교하므로 같은 단면적을 통과하는 자력선 쇄교수가 커져 인덕턴스가 증가하여 전류의 흐름을 방해하기 때문
- ② 중심부일수록 위상각이 늦어지게 되어 전류가 도체외부로 몰림



고주파에 의한 전류밀도 분포

(3) 표피효과에 영향을 주는 요소

- ① 침투깊이  $\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}}$  (침투깊이가 작다는 것은 표피효과가 크다는 의미)
- ② 주파수, 전선단면적, 도전율, 투자율이 클수록 증가하고 온도에 반비례함

(4) 개선대책

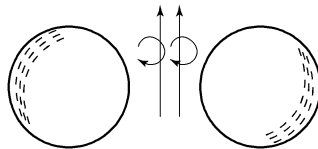
- ① 가공선 - 복도체, 지중선 - 분할도체사용
- ② 중공연선 사용

## 2. 근접효과(Proximity-Effect)

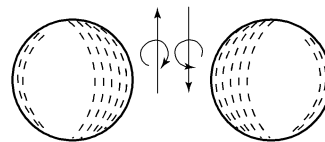
(1) 정의 : 도체가 평행배치될 때 양전류의 상호작용에 의해 2개의 선이 서로 가깝거나 먼 부분의 전류밀도가 증가하는데 이를 근접효과라 함

(2) 현상

- ① 표피효과는 근접효과의 일종으로 1가닥의 도체인 경우에 나타나는 현상인데 비해 근접효과는 2가닥 이상의 평행도체에서 볼 수 있는 현상으로 주파수가 높을수록, 도체가 근접배치 될 수록 현저하게 나타남
- ② 양도체에 같은 방향의 전류가 흐를 경우 바깥쪽의 전류밀도가 높아지고 그 반대인 경우에는 가까운 쪽의 전류밀도가 높아짐



전류 동일방향 일때



전류 반대방향 일때

1-9) 전기설비 기술기준 및 판단기준에서 정하는 옥내 저압간선의 시설기준에 따라 다음을 설명하시오.

- 1) 간선에 사용하는 전선의 허용전류
- 2) 간선으로부터 분기하는 전로에서 과전류차단기를 생략할 수 있는 조건

해설)

전기전기설비기준의 판단기준 175조 (옥내저압간선의 시설)

1) 간선에 사용하는 전선의 허용전류

전선은 저압 옥내 간선의 각 부분마다 그 부분을 통하여 공급되는 전기사용 기계 기구의 정격 전류의 합계 이상이 허용 전류가 있는 것일 것.

다만, 그 저압 옥내 간선에 접속하는 부하 중에서 전동기 또는 이와 유사한 기동전류가 큰 전기 기계 기구(이하 이 조 및 제196조에서 "전동기등"이라 한다)의 정격 전류의 합계가 다른 전기 사용 기계 기구의 정격 전류의 합계보다 큰 경우에는 다른 전기 사용 기계 기구의 정격 전류의 합계에 다음 값을 더한 값 이상의 허용 전류가 있는 전선을 사용하여야 한다.

가. 전동기 등의 정격 전류의 합계가 50A 이하인 경우에는 그 정격 전류의 합계의

1. 25배

나. 전동기 등의 정격 전류의 합계가 50A를 넘는 경우에는 그 정격 전류의 합계의

1. 1배

2) 간선으로부터 분기하는 전로에서 과전류차단기를 생략할 수 있는 조건

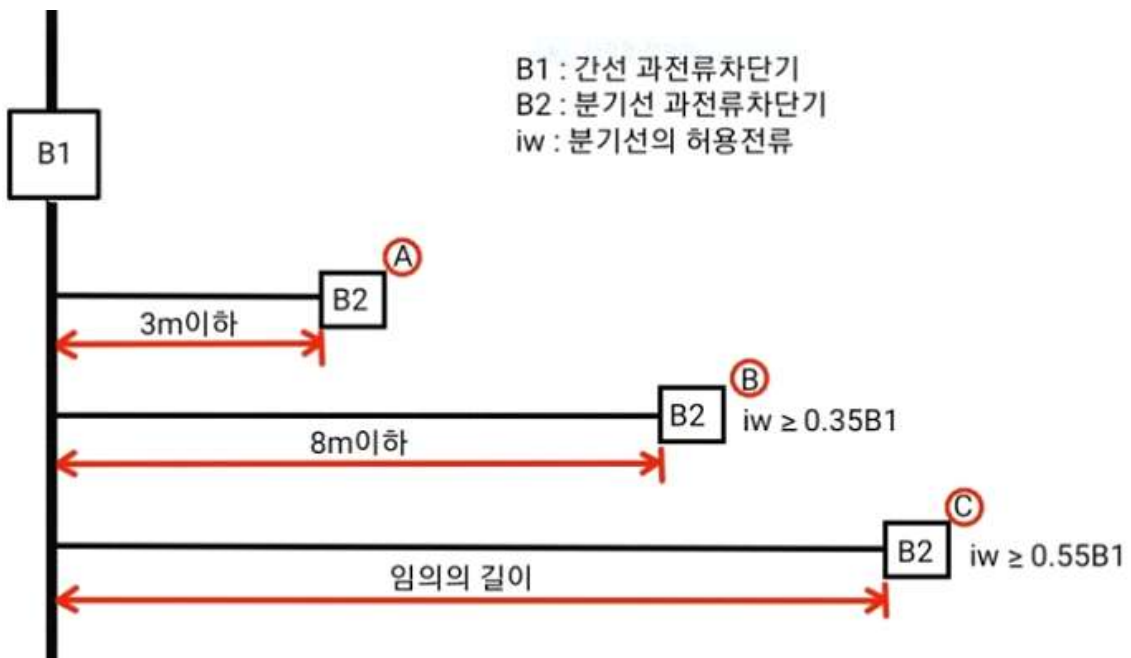
가. 저압 옥내 간선의 허용 전류가 그 저압 옥내 간선의 전원측에 접속하는 다른 저압 옥내 간선을 보호하는 과전류 차단기의 정격 전류의 55% 이상인 경우.

나. 과전류 차단기에 직접 접속하는 저압 옥내 간선 또는 "가"에 열거한 저압 옥내

간선에 접속하는 길이 8m 이하의 저압 옥내 간선으로 그 저압 옥내 간선의 허용 전류가 그 저압 옥내 간선의 전원측에 접속하는 다른 저압 옥내 간선을 보호하는 과전류 차단기의 정격 전류의 35% 이상인 경우.

다. 과전류 차단기에 직접 접속하는 저압 옥내 간선 또는 "가"나 "나"에 열거한 저압 옥내 간선에 접속하는 길이가 3m 이하의 저압 옥내 간선으로 그 저압 옥내 간선의 부하측에 다른 저압 옥내 간선을 접속하지 아니할 경우.

라. 저압 옥내 간선(그 저압 옥내 간선에 전기를 공급하기 위한 전원에 태양전지 이외의 것이 포함되지 아니하는 것에 한한다)의 허용전류가 그 간선을 통과하는 최대 단락전류 이상일 경우.



1-10) 사무실에 사용되는 LED조명의 색온도에 대하여 설명하시오.

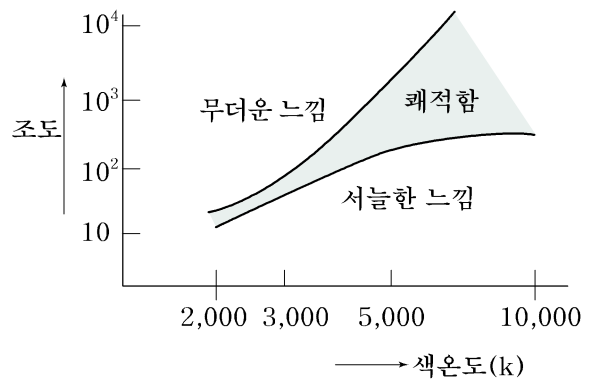
해설)

1. 색온도(Color temperature)란

흑체의 어느 온도에서의 광색과 어떤 광원의 광색이 동일 할 때 그 흑체의 온도기준으로 그 광원의 광색을 표시한 것으로 단위는 K(켈빈)으로 나타내며 절대온도(°K)와 구분된다.

2. 조도와 색온도 관계

구분		색온도(K)	
		낮음	높음
조도	낮음	즐거움	서늘함
	높음	부자연	즐거움



3. 각종 광원의 색온도

색온도(K)	2,000K	2,800K	3,000K	4,000K	5,500K	6,000K~6,500K	12,000K~20,000K
광원	촛불	백열구 (60W)	할로겐 (500W)	만월	M/H 등	태양광 형광등(주광색)	청공광

- (1) 해지기 직전: 2200K(촛불의 광색)
- (2) 해뜨고 40분 후: 3000K(연색 개선형 온백색 형광등, 고압 나트륨 램프)
- (4) 정오의 태양: 5800K(주백색 형광등)
- (5) 흐린 날의 하늘: 6500K(주광색 형광등, 수은 램프)

4. 사무실에 사용되는 LED조명의 색온도

1) 색온도의 세계적인 추세는 가정용이 4000k 이하이고, 사무실용은 5000k ~ 6500k 영역임

보통 6500K 정도가 업무에 대한 집중도를 높이고, 에너지 효율이 좋음.

2) 조명의 물리량 (색온도·조도)의 변화에 따라 느껴지는 피로도 관계

5200K의 400 lx에서 가장 낮은 피로도를 보였으며, 시간의 경과에 따른 피로도 증가율은 색온도 5200K의 평균조도 600 lx 가장 낮게 나타나 사무공간에서 작업자의 피로도를 고려한 조명환경은 색온도는 5200K, 조도범위는 400~600 lx 정도가 적합한 것으로 나타남. 또한, 시간경과 > 색온도 > 조도 순으로 피로도 평가에 영향을 주고 있음이 검증됨.

1-11) 에너지 이용 합리화를 위한 기본계획을 설명하시오.

해설)

에너지이용 합리화법 제4조(에너지이용 합리화 기본계획)

기본계획에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.

1. 에너지절약형 경제구조로의 전환
2. 에너지이용효율의 증대
3. 에너지이용 합리화를 위한 기술개발
4. 에너지이용 합리화를 위한 홍보 및 교육
5. 에너지원간 대체(代替)
6. 열사용기자재의 안전관리
7. 에너지이용 합리화를 위한 가격예시제(價格豫示制)의 시행에 관한 사항
8. 에너지의 합리적인 이용을 통한 온실가스의 배출을 줄이기 위한 대책
9. 그 밖에 에너지이용 합리화를 추진하기 위하여 필요한 사항으로서 산업통상자원부령1으로 정하는 사항

1-12) 신재생에너지의 단독운전 시 문제점과 방지대책에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 개요

신재생에너지전원이 연계된 배전계통에서 사고가 발생해 변전소 차단기를 개방해 계통을 정지한 경우에 만일 신재생에너지전원이 분리되지 않은 채 전기의 공급이 지속되는 경우, 사고가 연속적으로 일어날 가능성이 있다. 이를 단독운전이라고도 하는데 이 때문에 배전계통에 연계된 신재생에너지전원은 배전계통의 보호장치와의 동작 협조를 통해 사고 등에 의해 변전소로부터의 전기 공급이 정지한 경우에는 신속하게 배전계통에서 분리할 필요가 있다.

### 2. 신재생에너지의 단독운전 시 문제점

- 1) 사고시의 작업원이 감전 등 정전 복구 작업에 지장을 주며 또한 공중 안전의 확보가 곤란해 질 가능성.
- 2) 상위전원의 단락전류에 분산형전원의 단락전류가 가세하여 사고전류 증가→ 한류리액터나 고임피던스기기 채용, 차단기용량 증대
- 3) 보호협조의 문제

사고시 재폐로 차단기에 의해 선로가 차단되었을 시 분산형전원에 의한 단독운전으로 인명사고 가능성

### 3. 단독운전 방지대책

어떤 원인으로 연계선로가 차단되거나 조작됨으로 인하여 신재생에너지 전원과 전력회사 전원계통과의 연계가 분리되는 경우, 신재생에너지전원측이 일부 부하와 함께 단독계통을 이루어 운전될 때에는 단독운전을 검출하고 이를 방지할 수 있는 장치가 시설되어야 한다. 단독운전 방지를 위하여, 지역계통과 병렬 운전되고 있는 신재생에너지전원은 공통접속점의 지역계통 측에서의 전압강하 또는 정전을 감지한 후 적정시간 이내에 계통으로부터 분리되어야 한다. 분리는 신재생에너지전원이 지역계통의 보호계전기의 최단 재폐로 시간보다 먼저 분리될 수 있을 만큼 충분히 신속하게 이루어져야 한다. 단독운전 방지를 위한 제안하는 저압 및 특고압 연계 시 설비대책을 요약하면 표 6과 같다.

표 6 단독운전 설비대책

	저압 연계	특고압 연계
역조류 있는 경우	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저전압/과전압, 주파수 하락/상승 검출기능 (역변환장치에 내장)</li> <li>· 옥외 개폐기 설치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 저전압/과전압 계전기 설치</li> <li>· 주파수하락/상승 계전기 설치</li> <li>· 전송차단장치 또는 단독운전 검출기능 설치</li> </ul>
역조류 없는 경우	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 역전력 검출기능</li> <li>· 주파수하락 검출기능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 역전력 계전기 설치</li> <li>· 주파수하락 계전기 설치</li> </ul>

1-13)터널조명 설계 시 플리커(Fliker)발생원인과 대책에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 전압플리커(Flicker)란

(1) 부하의 특성에 기인하는 전압동요(지상 전류에 의한 무효전력의 급변)에 의해서 조명이 깜박인다거나 TV영상이 일그러지는 등의 현상

(2) 관계식:  $\Delta V = X \cdot \Delta Q$  ( $\Delta Q$ : 무효전력 변동분)

### 2. 터널조명에서의 플리커 발생원인 및 대책

#### 1) 발생원인

터널내에서 일어나는 플리커에 의한 불쾌감은 다음과 같은 요인들이 특정영역으로 들어가 발생

- (1) 자동차 전면 윈도우의 차광각
- (2) 대쉬보드의 구조,색채
- (3) 자동차의 주행속도와 조명기구의 배광,설치각도로 생기는 주파수, 명암의 비와 명과암이 교번되는 시간의 비

#### 2) 대책

- (1) 램프를  $\frac{1}{3}$  씩 3상 접속 : 120°위상이 다른 전원으로 점등시켜 빛 혼합
- (2) 2등용 회로 사용 : 방전전류 위상을 교대로 변화시킴
- (3) 플리커에 의해 불쾌감이 없도록 명암의 휘도비,시간비,주파수 관계 설정

표 3-10 플리커에 의한 불쾌감을 피하는 경우의 세가지 요인

명암휘도비	피하여야 할 주파수[Hz]	피하여야 할 명암시간율[%]
50	3.5~17	5~62
40	4.0~16	6~59
30	4.5~14.5	7~56
20	5.0~12.5	9~51
10	-	15~40

(4) 설계속도에 따른 적정 조명기구 간격 설정

표 3-11 플리커 방지를 위한 피하여야 하는 조명기구 간격

설계속도 $V$ [km/h]	조명기구 간격 $S$ [m]
100	1.5 ~ 5.6
80	1.2 ~ 4.4
60	0.9 ~ 3.3
40	1.6 ~ 2.2

## 【제2교시】

2-1) 전기설비기술기준 및 판단기준에서 정하는 ESS(Energy Storage System)의 안전 강화를 위한 사항에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 적용대상

20kWh를 초과하는 리튬·나트륨·레독스플로우 계열의 이차전지를 이용한 전기저장장치에 적용

### 2. 공통사항

- 1) 이차전지는 전력변환장치 등의 다른 전기설비와 분리된 격실에 설치할 것. 다만, 제어장치(제어기, 보호장치 등) 및 보조장치(공조설비, 조명설비 등) 등은 그러하지 아니함.  
또한, 이차전지 격실의 벽면은 전체 전기저장장치 설치 장소의 벽면 재료와 동등하거나 그 이상의 방화 성능을 가져야 하고, 격실 내부에는 가연성 물질을 두지 말 것.
- 2) 전기저장장치 설치장소에는 제조사가 권장하는 온도·습도·수분(결로, 누수 등)·분진 등 적정 운영환경을 상시 유지할 것.
- 3) 전기적 충격으로부터 직류전로를 보호하기 위하여 적정 규격의 과전류차단장치(차단기 또는 퓨즈) 및 지락차단장치(누전차단기 또는 절연감시장치)를 설치할 것.
- 4) 낙뢰 및 고전압노이즈(CMV) 등 이상전압으로부터 주요설비를 보호하기 위해 직류전로에 적정용량의 서지보호장치(SPD)를 설치할 것.
- 5) 제조사가 정하는 규격 이상의 과전압, 과전류, 지락전류, 과충전, 과방전, 온도 상승, 냉각장치 고장, 통신불량 등 긴급상황이 발생한 경우에는 관리자에게 경보하고 전기저장장치를 정지시킬 수 있는 비상정지장치를 설치할 것. 이 경우 비상정지 및 재가동 과정에서 설비간 위해가 발생하지 않도록 할 것.
- 6) 전기저장장치가 설치되는 장소는 지표면을 기준으로 높이 22m 이내로 하고, 해당건물의 출구가 있는 바닥면을 기준으로 깊이 9m 이내로 할 것.
- 7) 전기저장장치의 운영 정보 및 '5)'항의 긴급상황 관련 계측 정보 등은 이차전지실 외부의 안전한 장소에 전송되어 최소 1개월 이상 별도로 보관될 수 있도록 설치할 것.
- 8) 이차전지의 충전률(SOC: State Of Charge)은 제조사가 권장하는 범위로 설정하

여 운용하고, 만(滿)충전 후 추가 충전은 금지할 것.

### 3. 전기저장장치를 일반인이 출입하는 건물의 부속공간에 설치하는 경우

- 1) 전기저장장치 설치장소는 '건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙' 제 3조에 따른 내화구조일 것.
- 2) 이차전지 랙당 용량은 50kWh 이하로 하고, 건물 내 설치 가능한 이차전지의 총 용량은 600kWh 이하로 할 것.
- 3) 이차전지는 금속함 내에 설치하며, 이차전지 랙간 및 랙과 벽과 사이는 1m 이상 이격하거나, '건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙' 제3조에 따른 내화구조의 벽을 삽입할 것.
- 4) 전기저장장치 시설은 다른 시설로부터 1.5m 이상 이격하고, 출입구나 피난계단 등 대피시설과 3m 이상 이격할 것.

### 4. 전기저장장치를 전용건물에 별도 설치하는 경우

- 1) 전기저장장치를 전용건물, 컨테이너 등에 설치하는 경우 전기저장장치 설치장소의 벽면재료(단열재 등)는 '건축물의 피난·방화구조 등의 기준에 관한 규칙' 제6조에 따른 불연재료 일 것.
- 2) 이차전지는 벽면으로부터 1m 이상 이격할 것. 단, 옥외의 위치한 전용의 컨테이너에 설치된 경우에는 규정에 의하지 아니할 수 있음.
- 3) 전기저장장치 설치장소는 다른 건물이나 시설로부터 1.5m 이상 이격하고, 다른 건물의 출입구나 피난계단 등 대피시설과 3m 이상 이격할 것.

2-2) 공장 설비의 중설로 인하여 정전 작업을 시행하려고 한다. 감전 방지를 위한 정전 작업 방법에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 개요

“정전”이라 함은 설비가 ‘활선’ 또는 ‘충전’되지 않은 상태를 말하며, “정전작업”은 전로를 개로한 후 수행하는 당해 전선로 또는 그 지지물의 설치·점검·수리·도장 등의 작업을 말한다. 전기작업은 작업자가 전기위험이 있는 전기기계·기구 또는 전로의 설치·이전·점검 등의 작업을 말한다.

### 2. 정전작업계획의 수립

- 1) 작업책임자의 임명, 정전범위 및 절연보호구, 작업 시작 전의 점검사항 등을 사전에 준비한다.
- 2) 전로 또는 설비의 정전순서를 정한다.
- 3) 개폐기의 관리 및 표지판의 설치에 관한 사항을 정한다.
- 4) 정전의 확인 및 방전에 관한 사항을 정한다.
- 5) 단락접지를 시행한다.
- 6) 전원의 재투입순서를 정한다.
- 7) 점검 또는 시운전을 위한 임시운전에 관한 사항을 정한다.
- 8) 근무교대 시 인수인계를 정하고 서면으로 보고한다.

### 3. 정전작업 시 안전조치

정전작업 시에 개폐기(차단기)의 오조작, 근접 선로와의 접촉 또는 비상용 발전기, 신재생에너지(기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 수소, 산소 등의 화학반응을 통하여 전기 또는 열을 이용하는 신에너지와 햇빛, 물, 지열 등을 포함하여 재생 가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 재생에너지를 말한다. 신에너지에는 연료전지, 수소에너지, 석탄을 액화, 가스화한 에너지 등이며, 재생에너지로는 태양에너지, 풍력, 수력, 해양에너지, 바이오에너지, 폐기물에너지, 지열에너지 등이다.) ESS(Energy Storage System - 생산된 전력을 전력계통(발전소, 변전소, 송전선 등)에 저장했다가 전력이 가장 필요한 시기에 공급하여 에너지 효율을 높이는 시스템으로 전력 에너지의 단점을 보완하는 설비를 말한다.)에 의한 역송전 등의 원인에 의해서 감전사고의 우려가 있으므로 작업 시 주의가 필요하다.

### 4. 정전작업 시 안전조치

정전작업 시에 개폐기의 오조작, 근접 선로와의 접촉 또는 비상용 발전기에 의한 역송전등의 원인에 의해서 감전사고의 우려가 있으므로 작업 시 주의가 필요하다.

1) 개폐기, 시건장치 및 통전금지 표시

- (1) 시건장치를 설치한다.
- (2) 통전금지 표지를 한다.
- (3) 필요 시 감시인을 배치한다.

2) 잔류전하의 방전

- (1) 장거리 송전선로
- (2) 전력케이블
- (3) 대용량 전기기기

3) 검전(정전의 확인)

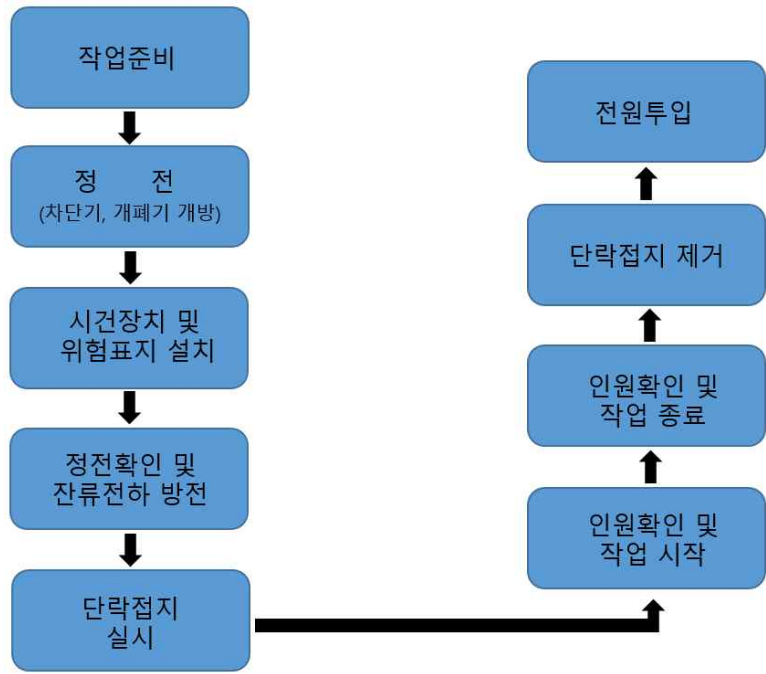
- (1) 착각에 의한 다른 전로의 개방을 금지한다.
- (2) 잔류전하의 존재 여부를 확인한다.
- (3) 비상 발전기에 의한 역송전을 방지한다.
- (4) 동시 개로형 개폐기에서 어느 1극의 불완전 또는 투입상태 유지 등의 원인에 의한 충전 여부를 확인 후 작업한다.
- (5) 검전은 각상별로 시행하며 절연피복이 있는 경우에는 개폐기의 단자부 또는 접속부의 테이핑 부위, 애자의 바인드 부위 등을 이용하여 검전한다.  
(검전시도 절연장갑 등의 보호구를 착용)

4) 단락접지의 실시

- (1) 정전 선로와 다른 선로와의 접촉을 방지한다.
- (2) 다른 전로에서의 유도작용을 방지한다.
- (3) 비상용 발전기의 기동 등에 의한 감전방지를 위해서 25(mm<sup>2</sup>) 이상의 연동선을 이용하여 단락접지를 시행하며 접지의 설치는 접지극에서 전선 측으로 하고 접지의 철거는 전선 측에서 접지측으로 한다.

5) 재통전시의 안전조치

- (1) 작업인원을 파악한다
- (2) 단락접지, 개폐기 시건장치, 통전금지 등의 안전장치를 제거한다.
- (3) 작업책임자의 지시에 의해 개폐기를 투입한다.
- (4) 송전 후 상회전 방향 등의 상태를 확인한다.



[정전작업순서]

2-3) 22.9kV 수배전반 제작 시 수행하여야 하는 감리업무 중 주요자재의 품질기준 및 공장 검수 시의 품질 확인 사항에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1. 개요

주요자재는 배관류, 전선 및 케이블류, 트레이, 등기구, 배선 기구류, 분전반류, 수배전반, MC(motor control center), 변압기, 발전기, 엘리베이터, 전주, 철탑재 및 기타 자재류 등 자재에 의해 전문 분야로 분류되는데 자재 수급 방식에 따라 지급 자재와 사급 자재로 나누어진다.

### 2. 주요자재의 품질기준

- 1) 감리원은 공사 업자로 하여금 공정 계획에 따라 사전에 제작도 승인 필요한 수배전반, 발전기, 조명 기구 등은 제작도서 검토 기간 등을 고려하여 60일 전까지 제출토록 한다. 재료·자료 의 자재 공급 승인 요청 시 사항의 사업자 등록증, 공사업 면허증, 제품 납품 실적, 카탈로그, 견본품, 시험 성과 대비표, KS 한국 산업 표준 표시 허가증, 시험 성적서 제작도면, 제작 시방서, 제작 특기 시방서의 첨부를 확인하고 검토한다.
- 2) 감리원은 시험 성과표가 품질 기준을 만족하는지 여부를 확인하고 품명, 공급원, 납품실적 등을 고려하여 적합한 것으로 판단될 경우에는 공급원 승인 요청서를 제출받고 7일 이내에 검토하여 이를 승인한다.
- 3) 감리원은 KS 마크가 표시된 제품 등 양질의 자재를 선정하도록 공사 업자를 관리하고, 양질의 자재를 수급하기 위해서 제품을 전문 분야별로 분류, 검토한다.
- 4) 감리원은 수배전반, 발전기 등의 공급원 승인 요청이 있을 경우 인증된 자체 생산 공장에서 품질 시험을 직접 실시하거나 국립·공립 시험 기관 또는 품질 검사를 대행하는 기관에 의뢰, 실시하여 합격 여부를 판단해야 할 사항이 적정한지 검토 확인 후 승인한다.
- 5) 감리원은 공급원 승인 후에도 반입 사용 자재에 대한 품질 관리 시험 변화 여부 등에 대하여 수시로 확인한다.
- 6) 감리원은 공급원 승인 요청을 제출받을 때에 특별한 사유가 없으면 2개 이상의 공급원을 제출받아 제품의 생산 중지, 자재 파동 등 부득이한 경우에 예비적으로 사용할 수 있도록 한다.
- 7) 감리원은 필요한 경우 다음의 구비 서류가 첨부되었는지 확인한다.
  - (1) 한국 공업 규격 표시 허가(승인)증, 공급원의 사업자 등록증

- (2) 전기 공사업 면허증, 통신 공사업 면허증, 기타 면허 관련 증명
  - (3) 카탈로그, 견본품, 제품 검사 성적서
  - (4) 제작 도면(제작 시방서), 제품 특기 시방서
  - (5) 기타
- 8) 감리원은 주요자재 공급원 승인 요청 시 다음 사항을 검토 후 승인한다.
- (1) KS 표시품을 우선으로 선정한다.
  - (2) KS가 없는 품목은 설계 도서에 명시된 품질 등을 고려해서 선정하며, 특정 업체에 치우치지 않도록 한다.
  - (3) 공급원 승인은 2개 이상의 공급원을 제출 및 승인하여 제품의 생산 중지 등 부득이한 경우에 예비적으로 사용할 수 있도록 한다.
  - (4) 준공 후 유지 관리의 편의성을 감안, 최소한 공구 단위별로 단일 품목을 사용한다.
- 9) 감리원은 공급원 승인 요청서에 다음 각 호의 관계 서류를 첨부토록 한다.
- (1) 법령 및 계약서에서 규정한 국립·공립 시험 기관 및 품질 검사 전문 기관의 시험 성적서
  - (2) 납품 실적 증명
  - (3) 시험성과 대비표(아래 사항 포함)
    - (가) 시험 항목 (나) 시방 기준 (다) 시험 성과 (라) 판정
- 10) 감리원은 공사 업자로 하여금 공정 계획에 따라 사전에 주요자재 수급 계획을 수립하여 자재가 적기에 현장에 반입되도록 검토한다. 지급 자재 수급 계획은 발주처에 보고하여 수급 차질에 의한 공정 지연이 발생하지 않도록 한다.

### 3. 공장 검수 시의 품질 확인 사항

수배전반, 발전기 제작도 검토 시 고려사항을 확인한다.

- 1) 수변전 설비를 확인한다.
- (1) 승인 시기: 수전 설비 용량을 고려하되 최소 수전 예정일 6개월 전에 한다.
  - (2) 제작 시방서 검토 시 최근 법 개정 사항과 제작 업체 수용 여부를 확인한다.
  - (3) 자재 성적서를 확인한다.
    - (가) KS 제품: KS(korea(industrial) standards) 표시 허가증사본
    - (나) 공인 기관 시험품: 공인 기관 시험 성적서 원본
    - (다) 제작사 자체 시험품: 제작사 자체 시험 성적서 원본
    - (라) 공인 검수 시험 면제품: 면제품 확인서 및 자체 시험 성적서
  - (4) 자동 제어 연동 호환성 검토(디지털 복합 계전기, 디지털 미터, 트랜듀서 등)를 확인한다.
  - (5) 수배전반 배치는 도서의 열반 순서를 고려, 버스 덕트 꺾임이 최소화 되도록

록 배치를 확인한다.

- (6) 큐비클 상하부 개구부 검토 인입 인출 부하 간선 설비 고려, 트레이, 버스 닥트, 접지선, 제어선 등을 확인한다.
- (7) LBS(load breaker switch)반를 확인한다.
  - (가) 배치 정수직 설치(상부의 개폐극 퓨즈 하부로 트립 동작배치)
  - (나) 휴즈 일체형 3상 동시 트립 구조
  - (다) 특고케이블 차폐층과 MOF 중성점 연결, 케이블 지지 홀더가 외함에 접지 되었나 확인
  - (라) 예비 케이블 10M 이내 일시 수용가 측의 외함에 접지
  - (마) LA(Lightning Arester) 2차 측 접지는 플렉시블 연동선으로 부스바에 연결
  - (바) 통전 표시기 는 LBS의 1, 2차 측에 각각 설치
- (8) MOF(metering out fit)반를 확인한다.
  - (가) MOF와 PT(Potential Transformer)간 격벽 설치
  - (나) 퓨즈 상간 격벽 설치
- (9) VCB(vacum circuit breaker)반를 확인한다.
  - (가) 인출형 구조
  - (나) 인터록 기능(주접점 개방 시 모선과 분리 또는 결합)
  - (다) 수동 조작 기능
  - (라) 디지털 복합 계전기 설치
  - (마) SA(surge absorber) 1, 2차 플렉시블 부스바로 연결
  - (바) 후면 절연 셔터 설치
- (10) 변압기반을 확인한다.
  - (가) 부하용량을 검토하여 1, 2차단자 접속용 나사홀은 2홀 이상으로 변압기의 진동이 타 기기에 전달을 방지하기 위하여 플렉시블 부스바로 시공
  - (나) 교체 작업 시 측판 및 하부 베이스 분리형
  - (다) 변압기의 자체 발열 배출과 휴전시 결로 방지를 위한 환기팬 제작도면에 반영
- (11) 저압 배전반 검토하기
  - (가) 단말 처리 확인
  - (나) 부스바 간격 절곡 형태 위치 등 확인
  - (다) 상호 연결용 부스바 수평으로 하고 보호판 설치
  - (라) 저압 차단기 용량 순으로 배치
  - (마) ACB(air circuit breaker) 단계별 정정으로 정격 차단 전류 세팅
  - (바) 미려한 배선 정리 가능한 구조

(사) 외부 접촉 사고를 방지하기 위한 투명 폴리카보나이트 재질의 도어 설치

(12) 변압기반 제작도 검토 시 고려 사항을 확인한다.

(가) 제작 도면 체크리스트 작성 확인

(나) 부스바 버스 덕트 연결 부위 협의 확인

(다) TMS(이상 온도 경보 장치)반 제작 시 반영

(라) 변압기반 하부 패드는 건축 협조하여 진동과 비산 방지(에폭시 도장)

(마) 모선 부스바 허용 전류와 이격 거리 감안 적합한 규격품 반영

(바) 중성점 단자 처리 상하부 설치 확인

(사) 부스바 연결 볼트 풀림 확인하기 위한 매직 로그 표시

2) 디젤 발전 설비를 확인한다.

(가) 엔진 용량 확인 비상 연속 상용(상용 출력: 24시간 평균부하율 70% 이상)

(나) 실제 용량에 맞는 엔진 확인(라디에이터 팬 권선 저항 자체 소모 부하 고려)

(다) 엔진: 자체 성적서, 발전기 전체: KEMC 기준의 공인 검수 시험 성적서

(라) 수입품: 국내 공인 기관 성적서(발전기 일체)와 수입 면장 첩부의 자체 성적서

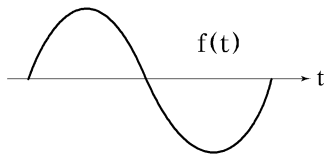
2-4) 디지털 보호계전기의 특성,기본구성 및 주요기능에 대하여 설명하시오.

해설)

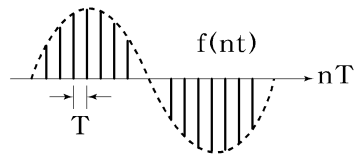
1. 개요

1. 디지털 계전기는 아날로그 신호를 디지털 변환, 그 데이터를 마이크로 프로세서에 의해 고성능, 다기능화 한 것으로 최근에 널리 사용되어지고 있다.

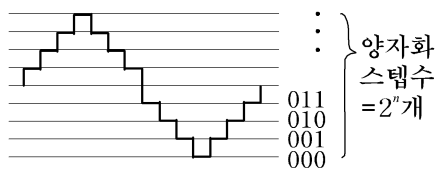
2. 디지털 전송과정



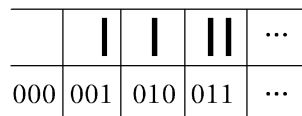
① Analog 신호



② 표본화(Sampling)



③ 양자화(Quantization)



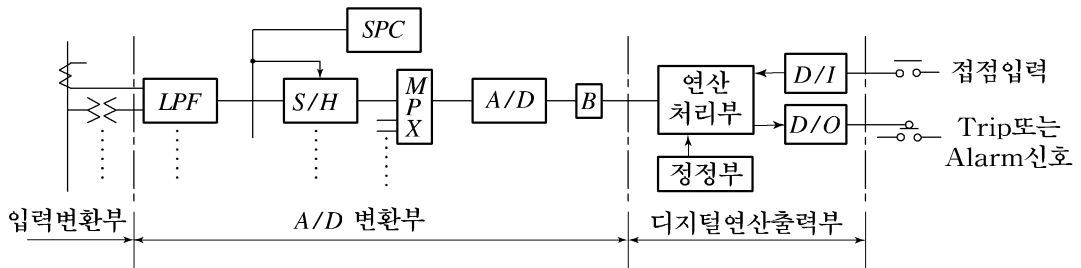
④ 부호화(Coding)

3. 디지털 보호계전기의 특징

장 점		단 점
① 고성능 다기능화	② 소형화	① 고조파, 서지, 노이즈 대책 필요
③ 고신뢰성	④ 융통성	② 기술의 급진전에 따른 부품확보 어려움
⑤ 표준화	⑥ 저 부담화	③ 문제점 발생시 원인규명 난이
⑦ 경제성	⑧ 장래성	④ 소형, 축소화에 따른 배선처리 복잡

#### 4. 기본구성

##### 1) 구성도



##### 2) 구성요소

- (1) 입력변환부
- (2) LPF(Low Pass Filter)
- (3) S/H(Sampling & Hold)
- (4) MPX(Multiplexer)
- (5) A/D Converter
- (6) Buffer
- (7) CPU(디지털 연산 출력부)

#### 3. 주요기능

##### 1) PCM(Pulse Coded Modulation) 전송기법

###### (1) 표본화(Sampling)

아날로그 입력신호를 이산신호로 만들기 위해 Sampling하여 PAM신호를 얻는 과정

→ 황축에 대한 폭(종선)을 원신호의 2배 이상 속도로 샘플링( $n=1,2,3\cdots$ ; T: 샘플링 주기)

###### (2) 양자화(Quantization)

샘플링된 값들을 양자화레벨( $2^n$  개의 스텝수)에 맞게 이산적인 대표값으로 근사화 시키는 과정(4사 5입적 조작)

(3) 부호화(Coding) 및 PCM전송

- ① 양자화된 PAM 진폭 크기를 2진부호로 변환하는 과정
- ② PCM(Pulse Coded Modulation) : 디지털 신호에 대응하여 펄스 유무 조합 형태로 데이터를 전송하는 기법

(4) 재생중계

장거리 전송시 신호재생 기능

(5) 복호화(Decoding)

수신측에서 원신호 복원을 위해 역과정 수행(디지털 신호를 CPU에서 연산처리하여 출력)

2) 각부의 기능

(1) 입력변환부 : 입력 전기량을 적정수준의 신호로 변환

(2) LPF(Low Pass Filter)

- ① 연산수행에 필요한 파형만 통과
- ② 고주파대역 확실한 차단 → Sampling에 따른 Folding Error 제거

(3) S/H(Sampling & Hold)

Sampling 후 그 값을 Sampling 주기동안 유지시킴

(4) MPX(Multiplexer)

S/H에서 공급된 여러 입력 데이터(Analog Hold 값)를 시분할하여 순차적으로 A/D에 전송

(5) A/D Converter

Analog 신호를 Digital 변환, 그 데이터를 Buffer 경유 CPU로 전달

(Buffer : Computer 처리능력을 분담)

(6) Digital 연산 출력부

- ① 연산처리부 : 프로그램 메모리 내용에 따라 연산수행(CPU, RAM, ROM 구성)
- ② 기타 : 정정부, D/I, D/O 등

2-5) 건축전기설비 설계기준에서 정하는 공동구 전기설비의 설계기준과 공동구에 설치되는 케이블의 방화대책에 대하여 설명하시오.

해설)

## 1. 공동구 전기설비 설계기준

### 1) 전원설비

- (1) 공동구 내의 부대시설(조명, 배수, 환기 및 기타 시설)에 전원을 공급하기 위한 설비
- (2) 상용전원 정지 및 공동구 대돌발사고(화재, 폭발, 선로의 단선 및 기타)에 따른 정전시를 대비하여 비상전원설비를 갖춘다.
- (3) 분전반
  - 외함은 1.5 mm 두께 이상의 스테인레스강판으로 한다
  - 방진·방수(IEC 60529의 IP 32) 구조로 한다.
- (4) 케이블 지지간격은 1.2 m 이하로 한다.

### 2) 조명설비

- (1) 공동구 내의 작업 및 대피에 필요한 조명을 확보하는데 목적이 있다.
- (2) 작업원이 공동구 내에서 점검 또는 작업 중 갑자기 정전을 당하면 공동구 내부가 어두워져 작업 및 대피가 곤란해지므로 이를 방지하기 위하여 예비용으로 비상전원을 연결할 수 있다.
- (3) 최소 조도 확보
  - ① 전기실·발전기실(공동구 내부 설치시) : 100-200 lx
  - ② 환기구·교차구 및 분기구 등 주요부분 : 100 lx
  - ③ 공동구 일반부분 : 15 lx
  - ④ 출입구 계단 : 40 lx
- (4) 조명기구
  - ① 광원은 형광램프형식의 고효율램프를 사용한다.
  - ② 조명기구 및 전원설비
    - 방수형·방진형 및 내식성의 기구를 작업 및 보행에 지장이 없는 위치에 설치하고 작업보도가 양열인 경우에는 조명기구를 서로 엇갈리게 설치한다.
    - 가스밸브 등 가스가 누출 및 누적되어 폭발할 가능성이 있는 장소에는 방폭형을 적용한다.

### 3) 비상전원설비

#### (1) 무정전전원장치(UPS)

- ① 무정전전원장치는 공동구내 화재 등 비상사태로 인하여 공동구내 정전상황이 발생하는 경우에 비상발전기의 전원공급개시 및 비상발전기 가동정지후 일정시간동안 비상전원을 공급하기 위한 시설이다.
- ② 공동구는 즉시 대처가 곤란한 점을 고려하여 60분 이상 비상전원을 공급할 수 있도록 시설한다.
- ③ 무정전전원설비는 옥내설치를 원칙으로 하되, 옥외설치시에는 단열 및 냉난방시설을 갖춘 배전실 내부에 설치하여야 한다.

#### (2) 비상발전설비

- ① 비상발전설비는 공동구내 화재등 비상사태로 인해서 공동구내 정전상황이 발생하는 경우 조명설비, 제연설비 등의 방재설비에 비상전원을 공급하기 위한 발전시설이다.
- ② 본 설계기준에 언급되지 않은사항은 옥내소화전설비의 화재안전기준(NFSC 102)의 규정에 따라 설치한다.

### 4) 중앙감시 및 제어설비

- (1) 공동구내의 설비시스템의 감시, 각종 설비의 자동운전과 공동구에 관한 자료의기록, 보관 및 분석을 행하는 설비이다.
- (2) CCTV는 공동구에설치되는 카메라관리실에 설치되는 모니터및 녹화장치로 구성한다.
- (3) 정전시에도 최소 1시간이상 기능을 유지할수 있도록 무정전전원장치에 의하여 비상전원을 공급한다.
- (4) 공동구 내 설치간격은 100~200 m를 표준으로 하되 공동구의 높이와 CCTV의 성능을 감안하여 설치간격을 선정한다.
- (5) 방진·방수형커버를설치한다.
- (6) CCTV 설비는 공동구내에서 발생된 모든 비상신호 (자동화재탐지설비,소화기등)와 연동하여 비상신호의 발신구역의 카메라 및 모니터가 자동으로 활성화되어 집중감시가 이루어지도록 한다.

### 6) 기타시설

- (1) 피난및 대피시설
- (2) 무선통신설비
- (3) 공동구 출입감시시스템

- (4) 소방전기시설
- (5) 자동제어설비

## 2. 공동구 케이블의 방화대책

### 1) 공동구 화재의 특징

- (1) 밀폐공간으로 지상의 자연조건이 배제되어 불안정, 불안한 심리 증폭을 유발하며 지상과 격리되어 이성적 판단이 곤란하고 시각적 감각이 급속히 저하된다.
- (2) 케이블 외장 재료인 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 합성고무 등으로 인한 고열, 농연, 유독성 가스가 발생한다.
- (3) 환기구의 한정된 설치로 연기, 열 방출이 되지 않아 지하 공간 내 체류한다.

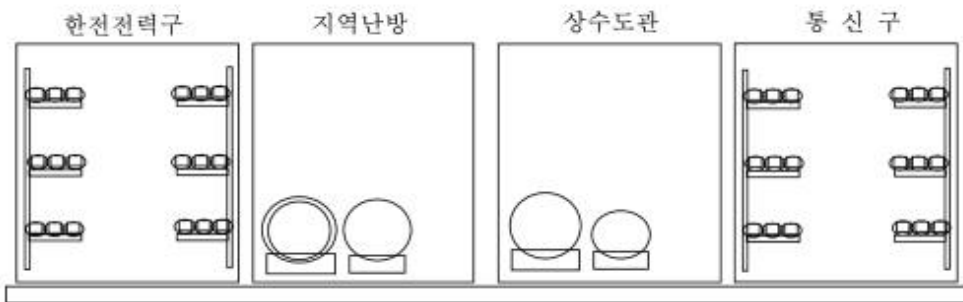


그림 1. 지하공동구의 종류별 표준모델

### 2) Cable 방화대책

#### (1) 신설 Cable

- ① 선로설계 적정화, 케이블 난연화
- ② 소화설비 배치, 화재 감지시스템 설치
- ③ 관통부 방화조치(내화등급별 밀봉)

#### (2) 기설 Cable

- ① 난연성 도료 도포, 방화테이프, 방화 Sheet
- ② 화재 감지기 설치(정온식 감지선형)

#### (3) Cable 부설경로

- ① 케이블 처리실 전구간 난연처리
- ② 전력구(공동구) 난연처리 : 수평 20m마다 3m, 수직 45°이상은 전량
- ③ 외부 열원 대책 : 차폐 이격 등

#### (4) 연소방지 도료의 도포 및 방화벽

- ① 연소방지도료도포방법
  - 도료를 도포 하고자하는 부분의 오물을 제거하고 충분히 건조시킨후 도포할것
  - 도료의도포두께는평균1 mm 이상으로할것
- ② 연소방지도료는 대상부분의 중심으로부터 양쪽방향으로 칠하며, 전력용 케이블의 경우에는 20 m, 통신케이블의 경우에는10 m 이상으로한다.
- ③ 방화벽의 설치기준
  - 내화구조로서자립하여설수있는구조로한다.
  - 방화벽에출입문을설치하는경우에는방화문으로한다.
  - 방화벽을 관통하는 케이블·전선등에는 한국산업표준에서 내화충전성능을 인정한구조의 화재차단재(fire stop)로 틈새주위를 마감한다.
  - 방화벽의 위치는 분기구및 환기구등의 구조를 고려하여 설치한다.

2-6)제로 에너지 빌딩(Zero Energy Building)의 다음사항에 대하여 설명하시오.

- 1) 제로 에너지 빌딩의 개념 및 조건
- 2) 제로 에너지 빌딩의 적용기술
- 3) 제로 에너지 빌딩의 기대효과

해설)

### 1. 제로 에너지 빌딩의 개념 및 조건

- 1) 녹색건축물 조성 지원법 제2조(정의)

“제로에너지건축물”이란 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고 신에너지 및 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 녹색건축물을 말한다.

- 2) 미국 국립건축물과학연구소

제로에너지빌딩은 1차에너지 소요량을 기반으로 건축물 경계 내로 연간 공급된 모든 종류의 에너지가 건축물 경계 내에서 생산되어 경계 외로 반출된 신재생에너지 보다 적거나 같은 에너지 효율적인 건축물

### 2. 제로 에너지 빌딩의 적용기술

구분	정책 개요	관련 규정
패시브 의무화	·패시브수준으로 신축건축물 단열기준강화('17년)	「건축물의 에너지절약설계기준」별표1
신재생 의무화	·신축·증축·재축하는 1천㎡이상 공공건축물은 예상 에너지사용량의 30%를 신재생에너지설비로 공급('20년)	「신재생에너지법」 제12조제2항
LED 의무화	·신축 공공건축물은 실내조명설비를 LED로 설치 ·기존 건축물의 실내조명설비도 LED로 교체('20년)	「공공기관 에너지이용 합리화 규정」제11조
고효율 의무화	·에너지기자재 수요발생시 고효율에너지 기자재인증 제품 또는 에너지소비효율 1등급 제품 우선 구매(既시행)	「공공기관 에너지이용 합리화 규정」제11조

### 3. 제로 에너지 빌딩의 기대효과

1) 30년까지 신축 건축물의 70%를 제로에너지화할 경우 13백만톤의 온실가스 감축 및 연간 10만명의 일자리 창출 가능('16년, 건기연)

#### ① 온실가스 부문

‘30년 기준 13백만톤의 온실가스 감축이 가능

- 이는 국가 온실가스 감축목표\* 국내분의 약 6%, 건물부문 감축 목표량의 36%를 차지 \* '30년 국가 온실가스 감축 목표량 219백만톤 중 건물부문 온실가스 감축 목표량은 35.8백만톤 (제1차 국가 기후변화대응 기본계획, '16.12월)

« '30년, 제로에너지건축 정책을 통한 에너지 예상 절감량 »

주거용		비주거용		합계	
건물부문 BAU (백만TCO2)	온실가스 감축량 (백만TCO2)	건물부문 BAU (백만TCO2)	온실가스 감축량 (백만TCO2)	건물부문 BAU (백만TCO2)	온실가스 감축량 (백만TCO2)
86	5.43	111	7.54	197	12.97

#### ② 에너지 부문

‘30년 기준 3.4백만 TOE를 절감하여 화력발전소(500MW급) 10개소 대체 및 연간 약 1.2조원의 에너지 수입비용 절감

« '30년, 제로에너지건축 정책을 통한 에너지 예상 절감량 »

주거용		비주거용		합계	
건물부문 BAU (백만TOE)	에너지 절감량 (백만TOE)	건물부문 BAU (백만TOE)	에너지 절감량 (백만TOE)	건물부문 BAU (백만TOE)	에너지 절감량 (백만TOE)
26.5	1.65	26.7	1.74	53.2	3.39

#### ③ 경제·고용 부문

제로에너지건축물 조성을 통해 건설 산업 부문에 연간 10조원 추가 투자 유발 시 연간 10만명의 고용유발 효과

\* 추가 투자액 = 연간 건축공사액 X 추가건축비 X 의무화 대상비율 = 10조

\* 고용유발효과 = 추가 투자액 X 건설업 고용유발 계수 = 10만명

## 【제3교시】

3-1) 누전차단기에 대하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 전류동작형 누전차단기의 설치목적, 동작원리, 종류
- 2) 다음에 주어진 회로에서 Motor A에 접촉 시 인체에 흐르는 전류를 산출한 후 누전차단기를 선정하시오.

해설)

### 1. 누전차단기의 설치 목적

누전차단기란 교류 600V 이하의 저압옥내전로에서 절연열화 및 충전부 노출 등으로 누설전류가 흐를 경우 감전사고 및 누전에 의한 화재를 방지하기 위한 목적으로 사용한다.

### 2. 동작원리

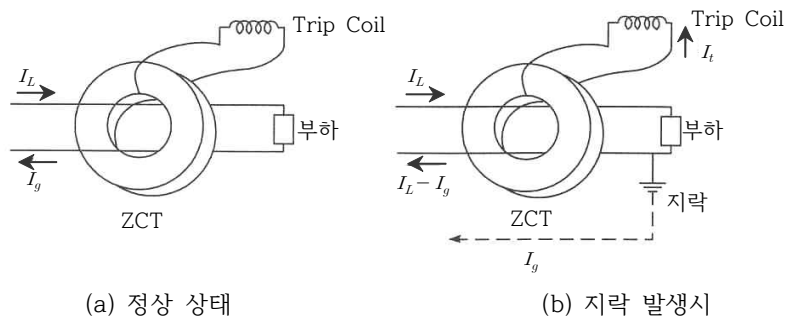
ELB는 부하측 누전에 의하여 지락전류가 발생하는 경우 이를 검출하여 회로를 차단하는 방식으로 전류 동작형과 전압 동작형이 있으며 누전검출기구로 영상변류기와 검출용 접지선을 사용한다.

#### 1) 정상상태

유입전류와 유출전류에 의한 발생 자속이 같기 때문에 ZCT 2차에 전압이 유기되지 않아 회로를 차단하지 않는다.

#### 2) 지락 발생시

지락전류에 의해서 유입전류와 유출전류 간에 차이가 발생하여 ZCT 2차측에 전압이 유기되어 전자 회로부에서 증폭시켜서 트립 코일에 인가하여 회로를 차단하게 된다.



누전차단기 동작원리

### 3. 종류

- 1) 전압 및 극수에 의한 분류  
단상 2선식(2극), 단상 3선식(3극), 3상 4선식(4극)
- 2) 동작시간에 의한 분류  
고속형(0.1초), 지연형(0.1초 넘고~2초), 반환시형(0.2초 초과~1초 이내)
- 3) 동작감도에 의한 분류  
고감도(30mA 이하), 중감도(30~1,000mA 이하), 저감도(1~20A 이하)
- 4) 동작원리별 분류  
(1) 전류동작형과 전압동작형의 비교

전류동작형	전압동작형
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구성 : 차단기부, ZCT, RELAY부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 차단기부, TRIP COIL, 검출용접지선 등</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원리 : 누전발생의 경우 지락전류를 ZCT로 검출하여 차단기부를 동작시키는 방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 누전발생의 경우 기기 Frame에 발생하는 대지전압을 Trip Coil이 검출하여 차단기부를 동작시키는 방식</li> </ul>

#### (2) 전류동작형의 장점

- ① 별도의 검출용 접지가 필요 없다.
- ② 기기의 누전은 물론 전로로부터 발생하는 누전도 검출할 수 있다.
- ③ 1대의 누전차단기로서 수개의 부하기기를 보호할 수 있다.
- ④ 전압동작형은 검출용 접지선이 단선된 경우 동작불능이 전류형의 경우는 관계없다.

### 4. 누전차단기 선정

$$1) \text{접촉전압}(V_t) = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times V = \frac{90}{90 + 30} \times 220 = 165 [V]$$

$$2) \text{인체통전전류}(I_b) = \frac{165}{3000} = 55mA (\text{건조한 장소}),$$

$$\frac{165}{500} = 330mA(\text{젖은 장소})$$

3) 감전 검토

① 건조한 장소:  $55mA \times 0.03(S) = 1.65(mA \cdot S)$ 로  $30(mA \cdot S)$  이내  
이므로 만족

② 젖은 장소:  $330mA \times 0.03(S) = 9.9(mA \cdot S)$ 로  $30(mA \cdot S)$  이내  
이므로 만족

∴ 감전보호용 누전차단기는 고속도 고감도형 선정  
(정격감도전류 30mA, 동작시간 0.03초)

3-2) 변압기의 무부하 시험과 단락시험 방법에 대해서 회로를 그려서 설명하고, 다음의 변압기 특성에 대하여 설명하시오.

- 1) 임피던스 전압 2) 효율 3) 전압변동율

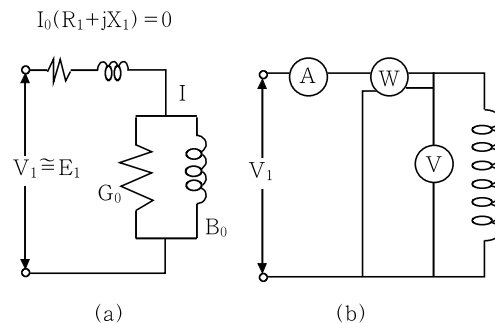
해설)

### 1. 변압기의 무부하 시험과 단락시험 방법

#### 1) 변압기의 무부하 시험

변압기의 2차 권선을 개방한 회로에서 1차 권선 임피던스  $Z_1$ 은 여자 임피던스  $Z_0$ 에 비하여 매우 작고, 작은 전류  $I_0$ 가 흐르기 때문에 이를 무시하여도 별로 오차가 생기지 않는다. 따라서 그림(a)와 같은 등가회로를 생각할 수 있다. 2차를 개방시 여자 임피던스(여자 어드미턴스)만 고려하여도 된다.

이를 측정하기 위하여 그림(b)와 같이 전압계, 전류계, 전력계를 결선하고, 정격전압  $V_1$ 을 인가하면  $V_1 \cong E_1$ 이고, 전력계에 나타나는 값은 히스테리시스 손실과 와류손이 대부분이고, 무부하전류  $I_0$ 가 1차 권선의 저항에 흘러서 발생하는 대단히 적은 동손이 포함되어 있다.



무부하시험

계기의 측정에서,  $V_1 =$ 공급전압,  $I_0 =$ 1차 무부하전류,  $Ph + e =$ 철손

#### 2) 변압기의 단락시험

변압기에서 회로정수를 구하기 위해 단락시험을 하게 된다. 1차 정격전압을 공급하며 2차를 단락하면 매우 큰 전류가 흘러 변압기에 큰 충격을 주기 때문에 단락시험을 시행하기 어려우므로, 1차 공급전압  $V_1$ 을 감소시켜 정격부하전류가 1차, 2차 권선에 흐를 수 있는 전압을 공급하면 권선은 과열되지 않고 변압기에 가해지는 충격도 작게 된다. 이 때, 권선간의 상호 磁束은 매우 적고, 철심의 손실은 무시할 수 있을 정도이다.

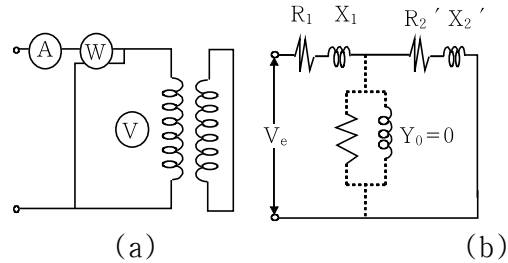


그림 (a)와 같이 공급회로에 연결한 전력계는 1차, 2차의 저항으로 인한 동손을 지시한다.

전력계의 측정값을  $P_C$ , 정격전류를 흘리는 전원전압을  $V_e$ , 1차전류를  $I_1$ 을 각계기에서 측정하면,

$$P_C = I_1^2 (R_1 + R_2')$$

$$\cos\theta_e = \frac{P_C}{V_e I_1}$$

$$V_e = I_1 \sqrt{(R_1 + R_2')^2 + (X_1 + X_2')^2} \quad X_1 + X_2' = (R_1 + R_2') \tan\theta_e \quad \text{이 된다.}$$

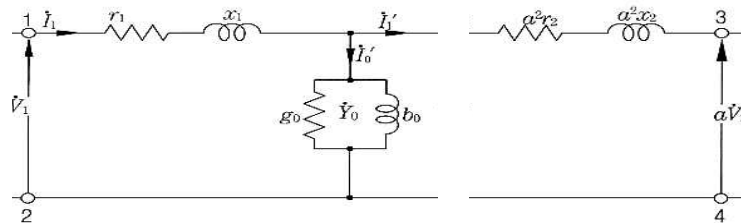
$P_C$ 는 동손 즉, 임피던스 와트이고,  $\theta_e$ 는 임피던스 각,  $V_e$ 는 임피던스 전압이다. 만일  $V_e$ 에 의하여 1차 전부하전류  $I_{1n}$ 이 된다면, 1차 정격전압  $V_{1n}$ 에 의한 1차 단락전류  $I_{1s}$ 는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$I_{1s} = I_{1n} \frac{V_{1n}}{V_e}$$

## 2. 임피던스 전압

변압기의 임피던스 전압이란 변압기 2차측(저압측)을 단락하여 1차측에서 정격주파수의 저전압을 인가하여 정격전류를 흘려보냈을 때의 1차측 전압을 말한다.

- 1) 1차측으로 환산한 임피던스( $Z$ )는  $Z = (r_1 + a^2 r_2) + j(x_1 + a^2 x_2)$
- 2) 1차 전류에 대한 전압강하  $IR = I_1 (r_1 + a^2 r_2)$ ,  $IX = I_1 (x_1 + a^2 x_2)$



변압기의 등가회로

## 3. 임피던스와 전압변동률

1) 정의

변압기의 전압변동률은 전부하시와 무부하시의 2차 단자전압의 변동정도를 나타내 주는 것으로 이 값이 크면 부하의 증감에 따라 2차 전압의 변동이 큰 것을 의미한다.

변압기 2차 단자전압은 정격부하를 접속하면 무부하일 때에 비해 다소 감소한다.

$$\text{전압변동률 } \varepsilon = \frac{\text{무부하전압} - \text{2차측 정격전압}}{\text{2차측 정격전압}} \times 100 = \frac{V_{20} - V_{2n}}{V_{2n}} \times 100 [\%]$$

전압변동률 식에서

$$\varepsilon = \frac{V_{20} - V_2}{V_2} \times 100 = (p \cos \theta + q \sin \theta) + \frac{1}{200} (p \sin \theta - q \cos \theta)^2 + \dots [\%]$$

$$p : \%Ir = \frac{I_2 r}{V_2} \times 100 [\%] : \% \text{저항강하}$$

$$q : \%Ix = \frac{I_2 x}{V_2} \times 100 [\%] : \% \text{리액턴스강하}$$

$Z = \sqrt{p^2 + q^2}$ 는 % 임피던스강하라 한다.

제2항은 대단히 적으므로 무시하면

$\varepsilon \approx (p \cos \theta + q \sin \theta) [\%]$ 로 표시된다.

전압변동률은 p, q,  $\cos \theta$ 의 함수가 된다.

2) 전압변동의 원인

선로임피던스, 부하전류, 역률에 의하여 결정되는데 전압변동값(무부하전압 - 2차측 정격전압)이 크면 전압변동률도 커지게 된다.

3) 영향

전압변동은 선로손실의 증가, 조명부하에 Flicker 발생, 전기기기의 오동작과 정지에 영향을 준다.

4) 대책

전압변동 대책은 전원측 리액턴스의 감소, 전압의 조정, 무효전력의 보상이 있다.

4. 임피던스 전압과 효율(변압기의 손실비(부하손/무부하손))

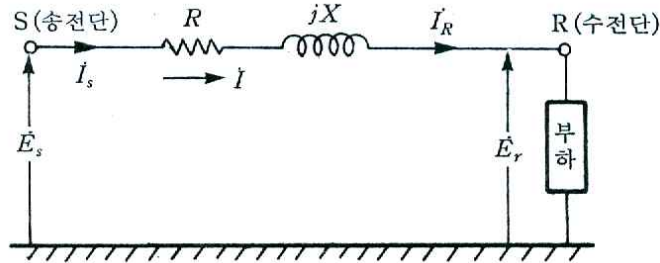
변압기 손실에서 무부하손은 변압기의 리액턴스성분과 관계되며, 부하손은 부하전류에 의한 저항손이 대부분이다. 따라서 %임피던스 전압은 저항성분과 리액턴스성분으로 구성되므로 변압기 무부하손과 부하손의 비에 관계됨을 알 수 있다.

$$\text{효율 } \eta = \frac{mP \cos \theta}{mP \cos \theta + P_i + m^2 P_c} \times 100 [\%]$$

여기서,  $m$  : 부하율,  $P_i + m^2 P_c$  : 전손실,  $m = \sqrt{\frac{P_i}{P_c}}$  : 최대효율 조건

임피던스 전압이 작으면 부하손이 작아져 손실비는 작아지고 임피던스 전압이 클 경우는 반대로 손실비는 커지게 된다.

3-3) 다음 그림을 이용하여 아래 사항을 설명하시오.



- 1) 벡터도를 이용하여 전압강하식을 유도
- 2) 3상 4선식 전압강하 계산식  $e = \frac{0.0178LI}{A} (V)$  을 유도  
(단, A는 전선단면적 [ $\text{mm}^2$ ]임)

해설)

1. 벡터도를 이용한 전압강하식 유도

전력간선 선로에서는 선로 정수로서 저항과 인덕턴스만을 생각하면 되므로 단상의 등가 회로는 그림 1처럼 단일(집중) 임피던스 회로가 된다.

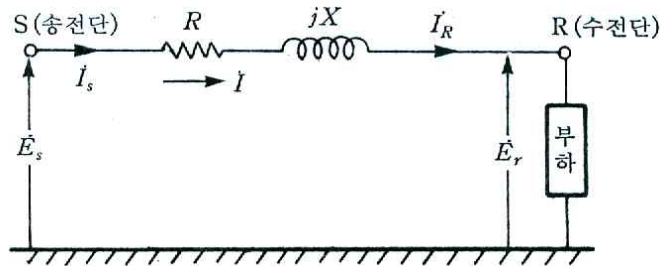


그림 1. 간선 선로의 등가 회로

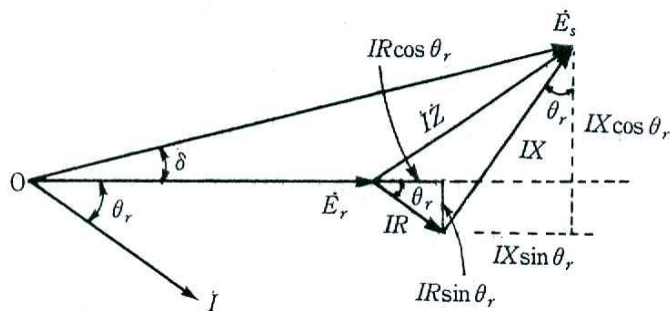


그림 2. 간선 선로의 벡터도

그림에서  $\dot{E}_s$ 와  $\dot{E}_r$ 는 각각 송전단과 수전단의 중성점에 대한 대지 전압이다. 지금  $\dot{E}_r$ 를 기준 벡터로 잡아 주면 그림 2의 벡터도로부터 송전단 전압은 다음 식으로 구해진다.

$$\begin{aligned}\dot{E}_s &= \dot{E}_r + \dot{I}Z = E_r + I(\cos\theta_r - j\sin\theta_r)(R + jX) \\ &= (\dot{E}_r + IR\cos\theta_r + IX\sin\theta_r) + j(IX\cos\theta_r - IR\sin\theta_r) \\ E_s &= \sqrt{(E_r + IR\cos\theta_r + IX\sin\theta_r)^2 + (IX\cos\theta_r - IR\sin\theta_r)^2}\end{aligned}$$

한편,  $\sqrt{\quad}$  내의 제2항은 제1항에 비해 훨씬 작기 때문에 이 항을 무시하면

$E_s \approx E_r + (R\cos\theta_r + X\sin\theta_r)I$ 로 된다.

따라서 선로 임피던스에 의한 전압 강하는 다음과 같이 된다.

$$\text{전압강하} = E_s - E_r = I(R\cos\theta_r + X\sin\theta_r)$$

여기서  $\dot{E}_s$ ,  $\dot{E}_r$ 는 각각 송·수전단의 대지 전압(상전압)이다. 따라서 만일 선간 전압( $V_s, V_r$ )으로 식을 세우고 싶으면 상기식의 양변을  $\sqrt{3}$  배해 주면 된다. 즉,

$$V_s = V_r + \sqrt{3}I(R\cos\theta_r + X\sin\theta_r)$$

2. 3상 4선식 전압강하 계산식  $e = \frac{0.0178LI}{A} (V)$  유도

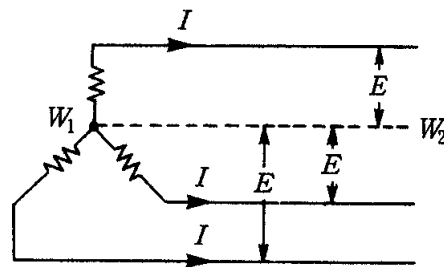
3상4선식 간선 전압강하 계산식

N상은 평형  $\therefore$  전압강하는 1군데

연동선을 기준하면 도전도

$$k = 58 \times \frac{97}{100} = 56.26$$

$$e = IR = I \times \frac{L}{kA} = \frac{IL}{56.26A} = \frac{0.0178IL}{A}$$



3-4) 동기전동기의 토크와 부하각특성 및 안전운전범위에 대하여 설명하시오.

해설)

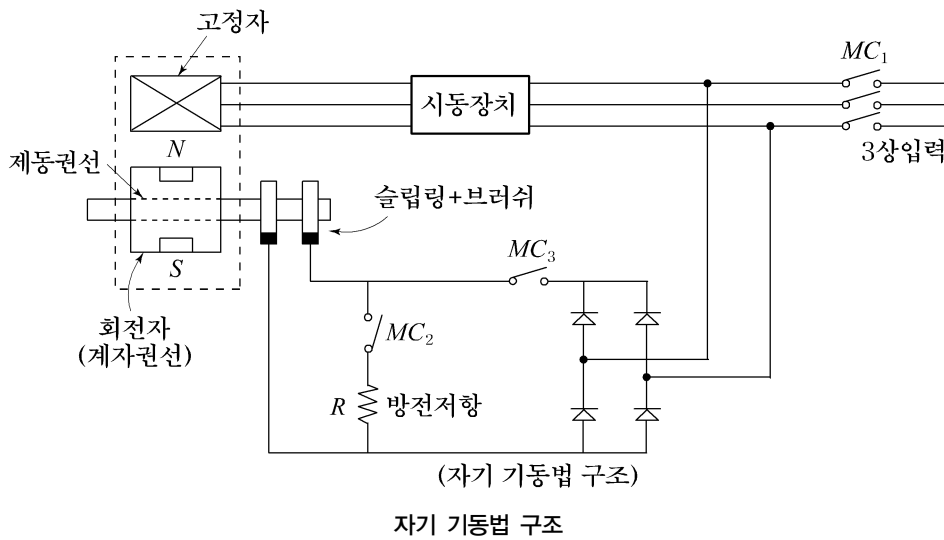
1. 개요

1) 동기전동기는 항상 동기속도와 같은 일정 속도로 고역률 운전이 가능하나 자기 기동능력이 없어 최종 동기속도로 인입시키기 위한 기동대책이 필요하다.

2) 종류

- (1) 회전 전기자형, 회전계자형 : 회전계자형을 주로 사용
- (2) 회전자 형태에 따라 원통형, 돌극형 : 돌극형을 주로 사용

2. 구조



1) 고정자

3상권선으로 구성, 유도전동기와 동일구조

2) 회전자

N·S의 자극으로 구성

- (1) 영구자석형 → PM동기전동기
- (2) 전자석형 → 동기전동기

3) 여자 Coil

자극을 여자시킴(직류 전원필요)

4) 슬립링

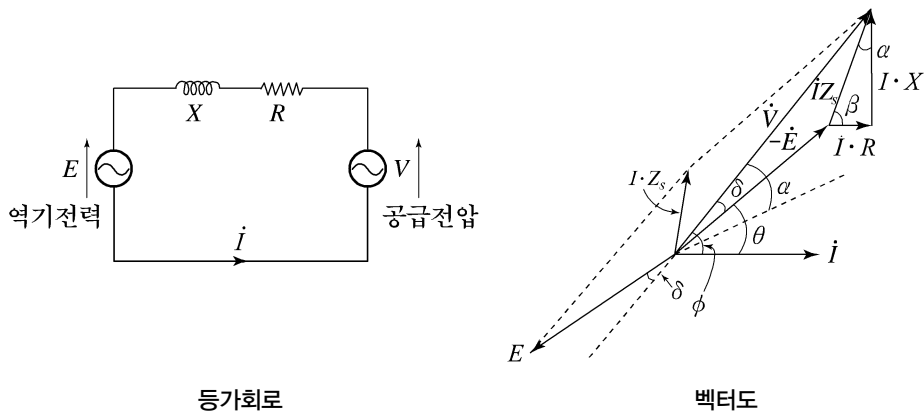
Coil에 직류(계자전류)를 흘려 넣기 위해 (+), (-) 2개로 구성

### 3. 기본 회전원리

고정자 Coil에 3상 교류인가 → 회전자계 형성 → 별도 기동장치에 의해 회전자 기동 후 동기속도 근처에서 직류여자 → 회전자인 자극 N·S는 이 회전자계에 흡인되어 동기속도로 따라 돌게 됨

### 4. 동기전동기 입, 출력 특성

1) 등가회로 및 Vector도



- $\delta$  :  $V$ 와  $E$ 의 상차각(부하각)
- $\theta$  :  $E$ 와  $I$ 의 위상각
- $\phi$  :  $V$ 와  $I$ 의 위상각

2) 입력  $P_i = V \cdot I \cdot \cos\phi = \frac{V^2 \cdot \sin\alpha}{Z_s} + \frac{V \cdot E \sin(\delta - \alpha)}{Z_s}$

여기서 전기자 저항 R을 무시하면  $\alpha = 0$ 이므로

$$\therefore P_i = \frac{V \cdot E}{X} \sin \delta$$

$$3) \text{ 출력 } P_o = E \cdot I \cos \theta = \frac{V \cdot E \sin(\delta + \alpha)}{Z_s} - \frac{E^2 \cdot \sin \alpha}{Z_s}$$

여기서 전기자 저항 무시하면  $\therefore P_o = \frac{V \cdot E}{X} \sin \delta \Leftrightarrow$  입력과 일치

## 5. 토크 및 부하각 특성

### 1) 기동토크

동기전동기는 회전자가 동기속도로 회전할 때만 토크가 발생하므로 기동시의 토크는“0”  
→ 따라서 별도 기동방법 필요

### 2) 인입토크(Pull-in torque)

- (1) 동기전동기가 기동하여 동기속도 근처에 이르렀을 때의 torque
- (2) 동기속도의 95%정도까지의 torque를 공칭 인입토크라 함

### 3) 최대토크

전동기가 정격 주파수, 정격전압, 정격 여자 상태에서 동기이탈 되지 않고 동기운전 할

수 있는 최대한도의 토크  $\left\{ \begin{array}{l} \text{돌극기} : \delta \text{가 } 50 \sim 70^\circ \text{ 일 때} \\ \text{비돌극기} : \delta = 90^\circ \text{ 일 때} \end{array} \right.$

→ 일정 여자 상태에서 발생최대 토크를

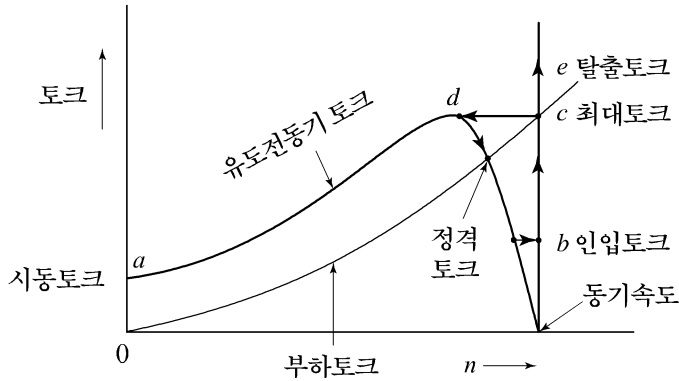
$$P_o = \frac{V \cdot E}{Z_s} \sin(\delta + \alpha) - \frac{E^2}{Z_s} \sin \alpha \text{ 에서 } \sin(\delta + \alpha) = 1 \text{ 인 경우이므로}$$

(즉  $\delta + \alpha = 90^\circ$ 인 경우)

$$\therefore P_m = \frac{E}{Z_s} (V - E \sin \alpha)$$

### 4) 탈출토크(Pull-out torque)

부하토크가 전동기 최대 토크 이상되면 회전자는 회전자계 속도보다 늦어져 결국 정지하게 되는데 이를 동기 이탈(pull-out)이라 하며 이때의 토크를 말함



보통 부하의 정격토크를 100%로 했을 때

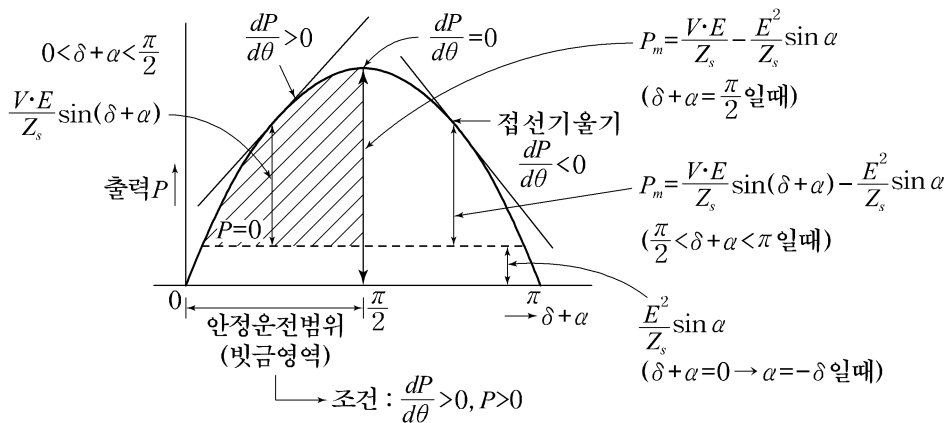
{	기동토크 : 50% 정도
	탈출토크 : 150~300% 정도
	인입토크 : 50% 정도

## 6. 안전운전범위

1) 부하를 걸었을 때 속도는 일정하지만 부하 증가에 따라 회전자계와 회전자극 사이에 상차각  $\delta$ 도 증가  $\rightarrow$  출력증가  $\rightarrow$  부하토크 증가  $\rightarrow$  이에 대응한 전동기 발생토크도 증가

반면,  $\delta + \alpha = 90^\circ$  이상 되면  $\rightarrow \sin(\delta + \alpha) < 1 \rightarrow$  출력감소  $\rightarrow$  발생토크 더욱 감소  $\rightarrow$  동기이탈  $\rightarrow$  전동기 정지

2) 따라서 안전운전 범위는  $\frac{dP}{d\theta} > 0$  이고  $P > 0$  인 빗금영역이 된다



3-5) 피뢰기에 대하여 다음사항을 설명하시오.

- 1) 피뢰기의 구비조건    2) 피뢰기의 동작특성
- 3) 피뢰기의 설치장소    4) 피뢰기와 피보호기기의 최대 유효거리

해설)

### 1. 개요

피뢰기란 뇌 또는 개폐서지 등의 이상전압으로부터 기기를 보호하는 장치

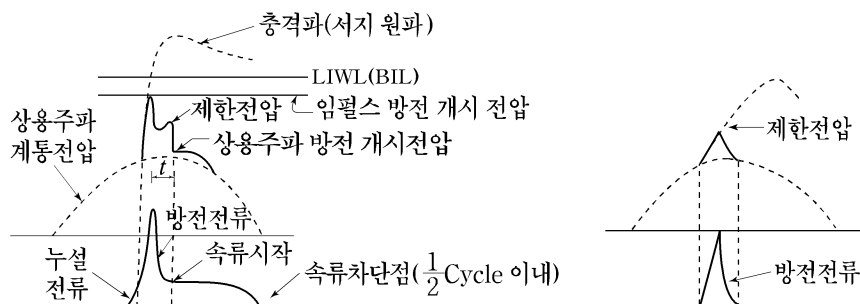
- (1) 이상전압 침입 시 신속방전, 보호레벨 이하로 억제(기기절연보호)
- (2) 이상전압 처리 후 원상태로 자동회복(속류차단기능)

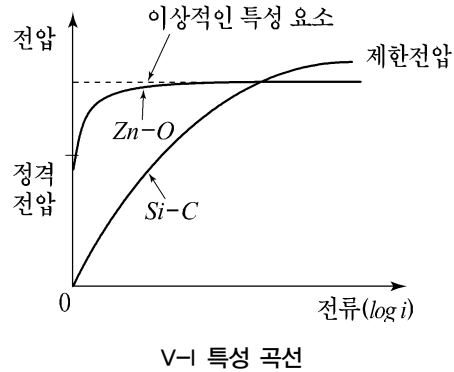
### 2. 피뢰기 구비조건

- 1) 충격방전 개시전압이 낮고 상용주파 방전 개시전압이 높을 것(충격비가 작을 것)
- 2) 방전내량이 크고 제한전압이 낮을 것
- 3) 이상전압 내습 시 신속방전 및 속류차단 능력이 충분할 것
- 4) 내구성이 좋고 경제적인 것

### 3. 피뢰기의 동작 특성

- 1) 동작특성 비교



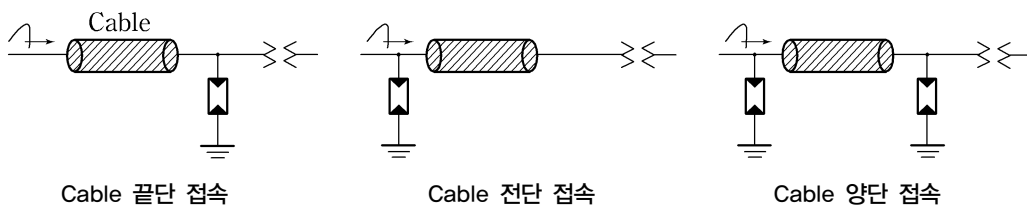


2) 피뢰기 동작순서

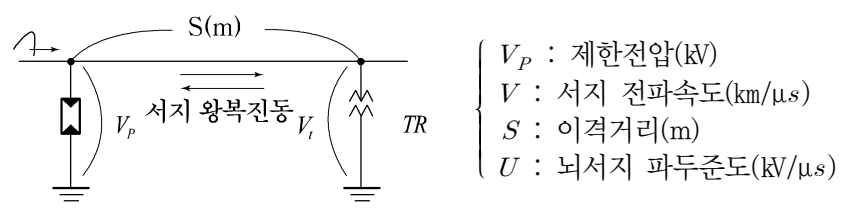
상용주파 계통에 뇌 서지 침입 → 뇌 임펄스 방전개시 전압 도달 → 피뢰기 동작(방전 전류 흐름) → 제한전압 발생 → 상용주파 방전개시전압 도달 → 속류 시작 → 상용주파 계통전압(속류지속) → 전압 0점에서 속류차단

4. 피뢰기 설치장소(판단기준 제 42조)

- (1) 발, 변전소 인입구
- (2) 배전용 변압기 고압 및 특고압측
- (3) 특고압 수용가 인입구
- (4) 가공선과 지중 Cable이 접속되는 장소



5. 피뢰기와 피보호기기의 최대유효거리



- (1) 변압기 단자전압  $V_t = V_p + 2U \cdot \frac{S}{V}$
- (2) 거리(S)가 길어지면 왕복 진동 서지전압의 누증으로 변압기 단자전압 상승  
따라서 가능한 피보호기기 가까이 피뢰기 설치
- (3) 권장 이격거리

공칭전압(kV)	345	154	66	22.9
거리(m)	85	65	45	20

3-6) 전력기술관리법에서 정하는 설계감리 내용 중 다음에 대하여 설명하시오.

- 1) 설계감리대상 및 설계감리자격
- 2) 설계감리 예외사항
- 3) 설계감리 업무 내용

해설)

### 1. 개요

설계감리란 전력시설물의 설치·보수 공사(이하 "전력시설물공사"라 한다)의 계획·조사 및 설계가 전력기술관리법」(이하 "법"이라 한다) 제9조에 따른 전력 기술기준과 관계 법령에 따라 적정하게 시행되도록 관리하는 것을 말한다.

### 2. 설계감리 대상

- (1) 용량 80만kW 이상 발전설비
- (2) 전압 30만V 이상 송전, 변전설비
- (3) 전압 10만V 이상 수전설비, 구내 배전설비, 전력사용설비
- (4) 전기철도의 수전설비·철도신호설비·구내배전설비·전차선설비·전력사용설비
- (5) 국제공항의 수전, 구내배전, 전력 사용설비
- (6) 층수 21층 이상, 연면적 5만㎡ 이상의 건축물 전기설비

### 3. 설계감리 자격

- (1) 제27조제1항에 따라 종합설계업 등록을 한 자 또는 산업통상자원부령으로 정하는 기준에 해당하는 설계감리자로서 특별시장·광역시·특별자치시장·도지사 또는 특별자치도지사(이하 "시·도지사"라 한다)의 확인을 받은 자가 수행한다. 이 경우 설계감리 업무에 참여할 수 있는 사람은 전기 분야 기술사, 고급기술자 또는 고급감리원(경력수첩 또는 감리원 수첩을 발급받은 사람)을 말한다.

(2) 설계감리를 받으려는 자는 해당 설계도서를 작성한 자를 설계감리자로 선정하여서는 아니 된다.

(3) 제2항 전단에도 불구하고 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자가 설치하거나 보수하는 전력시설물의 설계도서는 그 소속의 전기 분야 기술사, 고급기술자 또는 고급감리원 이상인 사람이 그 설계감리를 할 수 있다.

① 국가 및 지방자치단체

② 「공공기관의 운영에 관한 법률」 제5조에 따른 공기업(이하 "공기업"이라 한다)

③ 「지방공기업법」에 따른 지방공사 및 지방공단

④ 「한국철도시설공단법」에 따른 한국철도시설공단

⑤ 「한국환경공단법」에 따른 한국환경공단

⑥ 「한국농수산물유통공사법」에 따른 한국농수산물유통공사

⑦ 「한국농어촌공사 및 농지관리기금법」에 따른 한국농어촌공사

⑧ 「대한무역투자진흥공사법」에 따른 대한무역투자진흥공사

⑨ 「전기사업법」에 따른 전기사업자

#### 4. 설계감리 예외사항

「주택법」 제2조제3호에 따른 공동주택의 전력시설물은 제외한다.

#### 5. 설계감리 업무내용 (제11조제4항)

1) 전력시설물공사의 관련 법령, 기술기준, 설계기준 및 시공기준에의 적합성 검토

2) 사용자재의 적정성 검토

3) 설계내용의 시공가능성에 대한 사전 검토

4) 설계공정의 관리에 관한 검토

- 5) 공사기간 및 공사비의 적정성 검토
- 6) 설계의 경제성 검토
- 7) 설계도면 및 설계설명서 작성의 적정성 검토

## 【제4교시】

4-1) 이종(異種) 금속의 접촉에 의한 부식의 발생 원인과 방지대책에 대하여 설명하시오.

해설)

### 1.개요

#### 1) 부식(Corrosion)의 정의

에너지 준위가 높은 물질에서 낮은 화합물로 되돌아가는 과정에서 물질 자체가 그 특성이 변질되는 것(금속의 산화현상)

#### 2) 부식 발생 현상(실험)

극판	전류상태	표면상태	판별
A	유출	심한부식	전식
B	유입	부식 없음	방식
C	무관	약간 녹슴	자연부식

#### 3) 부식의 종류

- (1) 습식 : 자연부식, 전식
- (2) 건식 : 고온가스, 비전해질에 의한 부식

### 2. 부식의 발생원인

#### 1) 전해질

물, 토양(전해질) 등 음양으로 이온화하여 전기를 흐르게 하는 물질

#### 2) 주위환경

용존산소(물속에 녹아있는 분자상태의 산소), 농도차, 온도차 등이 있다.

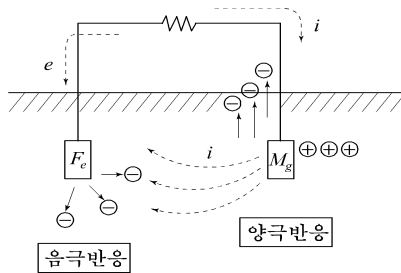
#### 3) 금속 함유물

불순물, 잔존응력, 표면 부착물 등이 있다.

### 3. 방지 대책

#### 1) 전기방식

##### (1) 전식 개념



\*  $M_g$ 의 부식원리

양극에서 전류의 유출 = 전자의 소모를 의미

\*  $F_e$ 의 방식원리

음극에서 전류의 유입 = 전자의 환원을 의미

##### (2) 원리

음극과 양극의 전위차 → 전류흐름 → 전위평형(동전위) → 부식정지

##### (3) 전기방식법

###### ① 희생양극법과 외부전원법

구분	희생 양극법	외부 전원법
구성도		
원리	이종금속간 전위차로 방식전류 발생 (이온화 경향이 큰 금속을 양극으로 사용)	직류전원을 가해 강제로 방식 전류공급
장점	<ul style="list-style-type: none"> <li>간편하고 유지보수 불필요</li> <li>타 시설물에 간섭 적음</li> <li>과방식 염려 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>효과범위 넓고, 양극소모 적다.</li> <li>전류조절 가능</li> </ul>
단점	<ul style="list-style-type: none"> <li>효과범위 작음</li> <li>양극소모 크다.(양극 보충 필요)</li> <li>전류조절 곤란</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>타 매설물에 간섭(도시지역 적용 주의)</li> <li>전원필요</li> <li>설치, 유지보수비 고가</li> </ul>
적용	단거리, 소규모 구조물	장거리, 대규모 구조물

② 배류법

구분	직접 배류법	선택 배류법	강제 배류법
구성도			
원리	레일과 매설배관 사이에 도체를 직접연결	역류방지용 선택 배류기 사용 (직접 배류법 + 선택 배류기)	직류전원장치로 배류 촉진 (선택 배류법 + 외부 전원법)
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 간단하고 경제적</li> <li>• 전철 정지시 효과 없고 역전류시 부식 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 낮은 비용, 역전류에 의한 전식방지</li> <li>• 효과범위 제한적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외부전원법에 비해 저렴</li> <li>• 과방식 우려</li> <li>• 기타 외부전원법과 동일</li> </ul>

- 2) 부식원인 제거
- 3) 내식성의 금속재료 선정
- 4) 방식피복
- 5) 매설관 토양개선
- 6) 기타(도장, Bonding, 도금, 절연 등)

4-2) 전자화 배전반의 구성, 기능, 문제점, 대책 및 진단시스템에 대하여 설명하시오.

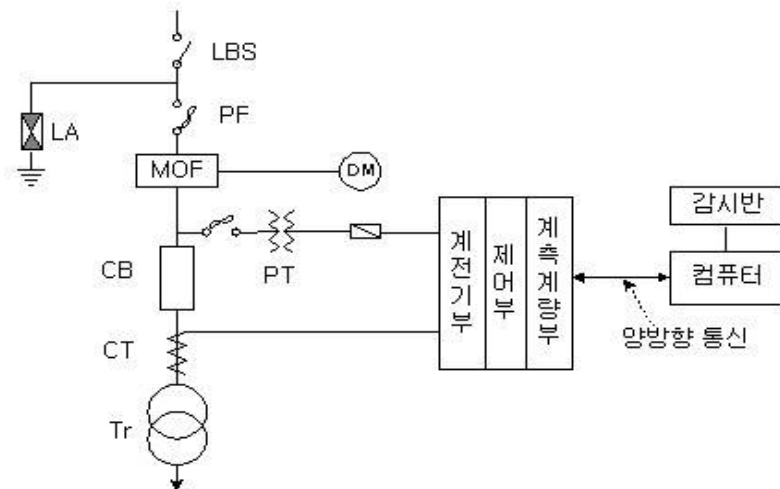
해설)

### 1. 개요

배전반에 보호, 계측, 감시, 제어, 통신기능을 일체화시킨 디지털형 집중감시제어장치를 사용하는 것으로 주회로를 제외한 모든 부분을 전자화한 배전반을 말한다. 전자화배전반은 보호기능을 제외한 계측/표시/제어/통신기능을 가진 일반형과 보호계전기능 내장형이 있으며, 후자에 대하여 설명한다.

### 2. 전자화 배전반의 구성

전자화 배전반은 계전기부, 제어부, 계측계량부, 컴퓨터, 감시반으로 구성된다



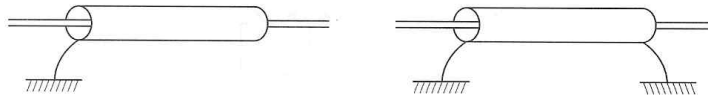
구성기기	내 용
I/F장치	운영자와 컴퓨터 간의 연결장치. CRT. 프린터. Logger. 등
DIPM	계전기부 : OCR. OVR. UVR. 등의 전기량 검토. 제어부 : CB의 On-Off 기능. 계측부 : V. A. f. W. Var. cosθ
감시반	실시간 원격 집중감시. 모든 데이터와 결과를 출력
전송장치	데이터 신호를 전송. 모뎀. 변환기

### 3. 전자화 배전반의 기능

- 1) 데이터 통신기능  
원격 통신이 가능하다
- 2) 제어기능  
Local Control 및 Remote Control 이 가능하다
- 3) 자기진단기능  
자기진단(Self-Diagnosis) 프로그램을 이용해서 자체의 고장상태를 스스로 판단할 수 있는 기능
- 4) Data Logging 기능  
운전중 발생한 모든 사고, 정전, 저전압, 과전류, 저전압 등의 상태와 그것이 발생한 시각을 기록하는 기능
- 5) 분석기능  
저장된 데이터를 토대로 계통에 대한 각종 분석을 할 수 있다.
- 6) 계측기능  
전압, 전류, 전력, 전력량, 최대전력, 유효전력, 무효전력, 역율 등을 계측한다.
- 7) 표시기능  
각종 계측치와 분석된 자료를 표시한다.
- 8) 보호기능  
차단기를 트립시키거나 필요한 스위치를 자동으로 On/Off 시킨다.

#### 4. 문제점 및 대책

- 1) 고조파 억제
  - (1) 고조파가 보호계전기를 오동작 시키고 각종 계기의 오차를 증대시킨다.
  - (2) 변압기의 경우  $\Delta$ 결선하고, 고조파 부하에 수동 필터와 능동 필터를 사용한다.
  - (3) 전력용 콘덴서는 직렬리액터를 설치하여 고조파를 억제한다.
- 2) Noise에 대한 대책
  - (1) 차폐케이블을 사용하여 케이블의 양단을 접지하고 유도전압을 차단하므로 오부동작을 방지한다.
  - (2) 고전압 전원과 충분히 이격하여 제어케이블의 Noise 방지와 유도전압 통로를 최소화 한다.
  - (3) 제어선로 접지  
제어케이블의 접지에는 편단접지와 양단접지가 있는데 편단접지는 정전유도에 의한 Noise 침입 방지에 효과적이고 양단접지는 전자유도에 의한 Noise침입방지에 효과가 크다.  
제어선로에 정전유도와 전자유도로 유도되는 Noise방지를 위하여 양단접지를 실시한다.



(a) 편단접지

(b) 양단접지

제어 케이블 접지

- (4) 계전기 자체의 접지 : 디지털계전기는 자체복수 접지를 할 경우 외부 Noise 전류가 접지점의 한쪽으로 흘러들어와 다른 접지점으로 흘러나가기 때문에 계전기는 일점 접지를 시행한다.
- (5) 외부 Noise 중 차단기, 단로기 등에 의한 개폐 서지와 계통사고에 의한 접지점의 전압상승을 방지하기 위하여 피뢰기를 설치하여 변전소 내부의 접지저항을 저감한다.
- (6) Twist Pair선은 신호선의 불균형에 의한 Noise 침입을 방지하고 평형도를 높이기 위한 것으로 Normal Mode에 의한 Noise 침입 및 발생 억제에 효과가 크다.
- (7) 제어케이블 분리 포설 : 디지털계전기에 연결되는 신호선, 제어선에는 근접 병행 포설된 전력제어 케이블로부터 Noise가 이행된다. 이 경우 Noise발생이 우려되는 다른 선로와 분리하여 포설하여야 한다.

3) 서지에 대한 대책

- (1) 외부서지를 방지하기 위한 피뢰기와 개폐서지를 방지하기 위한 SA를 설치한다.
- (2) 디지털계전기는 서지에 약한 단점을 가지고 있으므로 회로에 제너다이오드를 넣어서 서지에 강한 회로를 구성한다.
- (3) 접지저항이 높으면 낙뢰 또는 개폐서지 전압이 커져서 보호계전기의 오부동작이나 소손의 원인이 된다.

4) 적정 온·습도 유지

디지털보호계전기는 온·습도에 매우 민감하여 오부동작의 원인이 된다.

5. 진단시스템

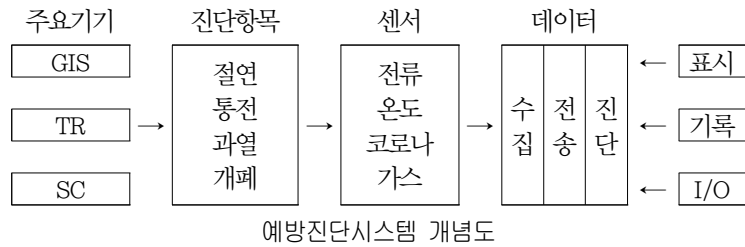
1) 예방진단 시스템

예방진단 시스템은 전력을 끊고 점검하는 것이 곤란한 전원설비를 사용중인 마이크로 컴퓨터를 이용하여 내용년수의 향상, 사고 및 기능저하 손실을 예방하고, 항상 안전하고 고신뢰성을 가지게 하기 위하여 온라인에 의한 자동점검과 예방진단에 유효하다.

- (1) 설비에 대한 신뢰도 확보 : On-Line, Real time 감시
- (2) 설비진단 능력의 확보 : 고도진단능력으로 대책 균일화, 고신뢰도화

(3) 관리업무의 성력화 : 원격감시 등 업무의 성력화, 효율화

2) 온라인 진단법



#### 4-3) 전력용 변압기의 보호장치에 대하여 설명하시오.

해설)

##### 1. 개요

전력계통용 변압기는 사고시 계통에 미치는 영향이 매우 광범위하기 때문에 충분한 보호 검토가 필요하다. 따라서, 사고 요인을 조기 검출하여 고장을 최소화하여야 하며, 사고가 계통에 파급되는 것을 방지하여야 한다. 변압기 보호방식에는 크게 기계식 보호와 전기적 보호로 나눌 수 있다.

##### 2. 외부사고에 대한 보호

###### 1) 1차측 사고로부터 보호

보호기기	내 용
LA	낙뢰.개폐서지. 등의 이상전압 보호.
VCB	고장전류 차단. 개폐서지 고려.(전류재단. 반복 재점호)
SA	개폐서지. 순간과도전압. 등의 이상전압 보호.
PF	변압기 단락보호.

###### 2) 2차측 사고로부터 보호

고장 전류	보호 방식	
과부하 및 단락	과전류 계전기. 비율차동 계전기.	
지락	직접 접지	지락 과전류 계전기. Y결선 잔류 회로법.
	비 접지	ZCT+OCGR. GSC+ELB. GPT+OVGR. ZCT+GPT+SGR/DGR.
	저항 접지	Y결선 잔류 회로법. 3권선 CT법. 관통형 CT법.
고조파	발주시 K-factor. THDF 고려. 용량 2.0~2.5배 증설.	

##### 3. 내부사고에 대한 보호

###### 1) 용량에 따른 [보호장치] 시설

변압기 용량	보호장치	자동차단	경보	비고
5,000~10,000(kVA)	과 전 류	0		
	내부고장		0	
10,000(kVA)이상	과 전 류	0		
	내부고장	0		
	온도상승		0	다이얼온도계 등에 의함

2) 특고압용 변압기 [내부고장 검출] 및 [차단장치 시설]

- (1) 전기적 방식인 [비율차동계전기] [과전류계전기]는. 차단용으로 사용
- (2) 기계적 방식인 [브호홀쯔 계전기] [충격압력 계전기] [유면 계전기] [온도 계전기]는 진동, 외기, 등에 따라 오동작 우려가 있으므로 차단용으로 사용하지 않는 것이 좋음

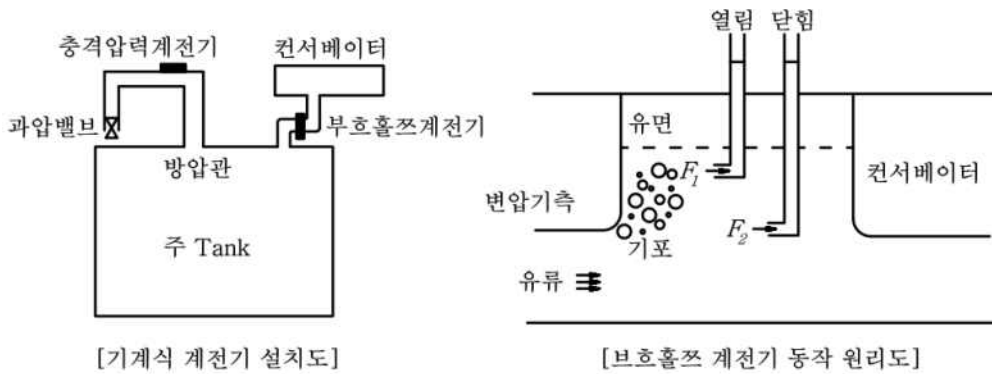
3) 보호계전기 용도

보호 계전기		검출 방법	동작요인(사고내용)	용도
명칭	기구 번호			
브호홀쯔 계전기	96	기계적	이상과열 및 유중아크에 의해 절연유가 가스화 해서 [유면 저하] [급격한 절연유 이동]	1단계:경보용 2단계:트립용
방압장치			이상과열 및 유중아크에 의해 내압 상승하여 [방출]될 때 동작. 외함.방열기 등을 보호하는 장치	경보용
충격압력 계전기 (충압 계전기)	96P	기계적	이상과열 및 유중아크에 의해 [급격한 압력상승]	트립용
유면 계전기 (접점부 유면계)	33Q	기계적	유류 누수에 의한 [유면저하]	경보용
온도 계전기 (접점부 온도계)	69Q	기계적	[온도상승]	경보용
비율 차동 계전기	87	전기적	권선의 [상간 및 층간] 단락에 의한 단락전류	트립용
과전류 계전기	51	전기적	권선의 [상간 및 층간] 단락에 의한 단락전류 변압기 외부의 과부하 및 단락전류	트립용
지락 과전류 계전기	51G	전기적	[권선과 철심간]의 절연파괴에 의한 지락전류 변압기 외부의 지락전류.	트립용

4. 변압기 보호 방식

1) 기계식 보호방식

기계식 보호방식에는 부호흡쓰 계전기, 압력 계전기, 경보접점부 유면계, 경보 접점부 온도계 등을 들 수 있다.



[기계식 계전기 설치도]

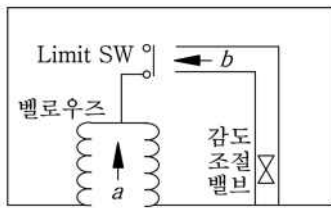
[부호흡쓰 계전기 동작 원리도]

① 부호흡쓰 계전기

- 변압기 내부에서 절연과파를 일으키면 절연물이 분해되어 다량의 가스가 생성되어 탱크 압력이 급격히 변화한다.
- 부호흡쓰 계전기는 변압기 탱크와 컨서베이터 사이에 일어나는 가스와 유류의 급격한 팽창을 감지하여 동작한다.
- 그림에서 권선내부 고장처럼 절연열화가 심한 경우  $F_1$ 이 동작하여 trip 시키고 그 외는  $F_2$ 를 동작시켜 경보로서 고장을 예보한다.

② 충격압력 계전기

- 정상적인 상태에서 압력  $a = b$ 이다
- 내부에 고장 발생시의 압력은  $a > b$ 가 되어 limit sw를 동작시킴으로서 경보 또는 trip 신호를 발생한다.



[충격압력 계전기 구조]

2) 전기적 보호방식

고장 종류	보호방식
권선의 상간, 층간 단락	비율차동 보호
권선의 지락	지락과전압, 지락과전류
과부하 및 후비보호	주보호:비율차동 방식, 후비보호 : 과전류 방식

(1) 차동계전기(DfR. Differential Current Relay)

- 억제코일이 없는 형태
- 정상상태 시 OC에 흐르는 전류 : 0
- 외부에서 단락시와 같은 큰 전류 흐를 때  
: CT 특성 오차(포화, 과전류 정수 등)에 따른 오동작  
: 변압기 미적용

(2) 비율차동계전기

① 원리

- 억제코일 RC : 통과전류  $i_1$  과  $i_2$  에 의해 억제력을 발생
- 동작코일 OC : 차전류  $i_{oc} = i_1 - i_2$  에 의해 동작력 발생
- $i_1, i_2 \gg i_{oc}$  이므로 억제력이 훨씬 커 CT 특성오차에 따른 오동작 미발생

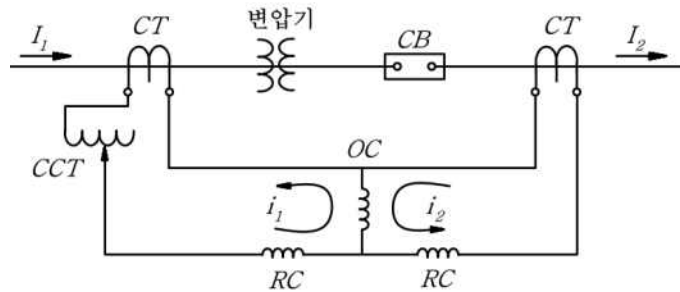


그림) 비율차동계전기 원리

② 비율차동계전기 동작 특성

- 정상부하 혹은 외부 고장시 차전류  $i_{oc} = i_1 - i_2 \approx 0$  이고 직선 OC선상에 있다
- 내부고장인 경우 차전류는 차이가 날뿐 아니라 전류의 위상이 반대가 되므로  $i_{oc} = i_1 - i_2$  는 매우 커진다. 이때는 아래 그림처럼 어느 쪽이든 동작범위로 들어 가게 된다.
- 아래 동작특성 그래프의 a, b점이 최소동작전류가 된다.

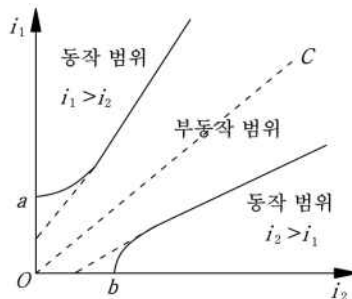


그림)비율차동계전기동작특성

③ 비율특성 조정(Slope Tap 조정)

○ 동작비율 =  $\frac{\text{유입전류} - \text{유출전류}}{\text{유출전류(작은쪽)}} = \frac{\text{동작전류 } i_{oc}}{\text{억제전류 } i_{RC}} \times 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_2} \times 100[\%]$

○ 변압기의 경우 1차 및 2차간에는 다음과 같은 오차가 발생한다.

○ 전류 부정합율(Mismatch) 및 ULTC :  $\pm 15[\%]$

○ Relay 오차 :  $\pm 10[\%]$

○ CT 오차 :  $\pm 5 \times 2 = \pm 10[\%]$

○ CT 2차배선 및 CT부담오차 :  $\pm 2[\%]$

○ 기타 :  $\pm 2[\%]$

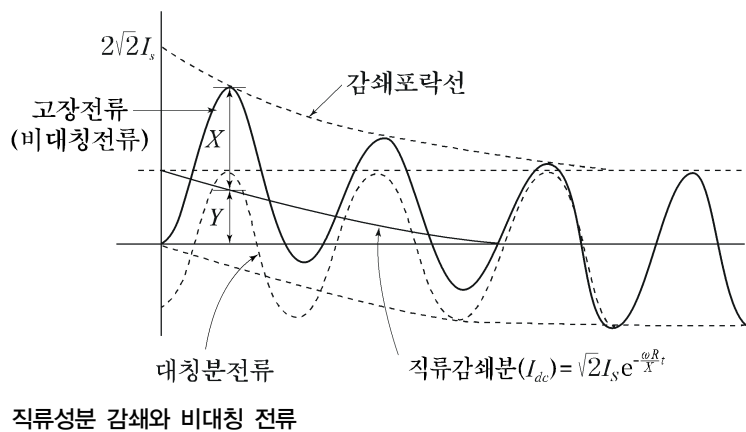
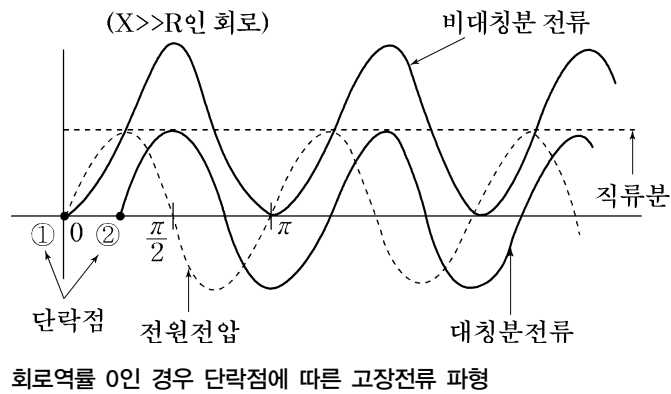
○ 여유 :  $\pm 2[\%]$

따라서 동작비율(Slope Tap)은  $40[\%]$

4-4) 선로에서 단락전류 계산방법을 대칭 단락전류와 비대칭 단락전류로 구분하여 설명하시오.

해설)

1. 고장전류 파형



단락전류는 단락순간(①~②사이) 전압위상 및 역률에 따라 어떤 크기의 직류전류가 중첩되어 나타나며 선로 정수에 따라 과도적으로 변화함

2. 비대칭계수(K값)

1) 의미

DC성분이 포함된 비대칭파의 전류 실효치를 대칭 AC성분의 실효값으로 나눈 것으로

X/R비의 크기에 비례함

2) 계산에 의한 값

→ 단상 비대칭 단락전류(rms)

$$I_{as1} = \sqrt{I_s^2 + I_{dc}^2} = \sqrt{I_s^2 + (\sqrt{2} I_s e^{-\frac{t}{T}})^2} = I_s \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2t}{T}}}$$

$$= I_s \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2R}{L}t}} = I_s \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\omega R t}{X}}}$$

$$T = \frac{L}{R} \text{ (sec) : 시정수}$$

한편 최대치는  $\frac{1}{2}$  cycle 시점이 되므로

$$\omega t = 2\pi f t = 2\pi \times \frac{1}{2} (\text{cycle}) = \pi \text{ 가 되어 윗식에 대입해 풀면}$$

$$\therefore I_{as1} = I_s \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi R}{X}}} = K_1 \cdot I_s \text{ 가 됨}$$

(1) 단상 비대칭 계수

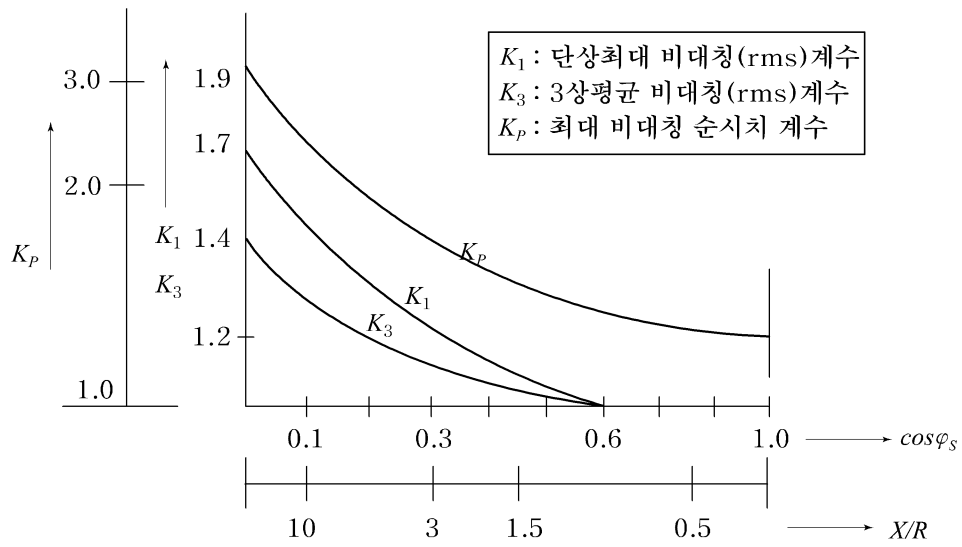
$$\textcircled{1} \text{ 최대 비대칭 실효치 계수 } K_1 = \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi R}{X}}}$$

$$\textcircled{2} \text{ 최대 비대칭 순시치 계수 } K_p = \sqrt{2} \cdot (1 + e^{-\frac{\pi R}{X}})$$

(2) 3상 평균 비대칭 실효치 계수

$$K_3 = \frac{1}{3} \left\{ \sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi R}{X}}} + 2\sqrt{1 + \frac{1}{2}e^{-\frac{2\pi R}{X}}} \right\}$$

3) 도표에 의한 값(회로 단락역률 or X/R비를 알고 있는 경우)



#### 4) ANSI/IEEE 규정

- (1)  $\frac{X}{R} \leq 15$ 일 때  $K_3=1 \rightarrow$  대칭분만으로 차단기용량 선정
- (2)  $\frac{X}{R} > 15$ 일 때(or 정밀계산 필요시)  $\rightarrow$  개리시간에 따른  $K$ 값 적용(거의 1.25를 넘지 않음)

#### 5) 대략 적용값(회로의 X/R비가 불분명한 경우)

- (1) X/R비 추정  
22.9 kV 계통 : 4      154kV 계통 : 20
- (2) K값 추정
  - ① 전원에서 가장 가까운 장소 :  $K_3 = 1.25, K_1 = 1.6$
  - ② 전원에서 가장 먼 장소 :  $K_3 = 1.1, K_1 = 1.4$

### 3. 단락전류 계산방법

1) 대칭 단락전류 실효값 :  $I_s = \frac{X}{\sqrt{2}}$

직류분을 포함하지 않는 교류분 만의 실효치로 나타냄

2) (단상)최대 비대칭 단락전류 실효치 :  $I_{as1} = \sqrt{\left(\frac{X}{\sqrt{2}}\right)^2 + Y^2} = K_1 \cdot I_S$

(1) 비대칭 단락전류 실효치가 최대가 되는 투입위상에서의 값

(2) 전선, CT등의 열적 강도 검토시 적용

3) 3상 평균 비대칭 단락전류 실효치 :  $I_{as3} = K_3 \cdot I_S$

3상회로에서 비대칭 단락전류는 각상의 투입위상에 따라 직류분 함유율이 다르므로 3상의 평균을 취한 값

4) 최대 비대칭 단락전류 순시치 :  $I_p = K_p \cdot I_S$

(1) 비대칭 단락전류의 순시 값이 최대가 되는 투입위상에 있어서의 값

(2) 직렬기기의 기계적 강도 시험에 적용

#### 4-5) 학교조명 설계시 고려해야 할 사항에 대하여 설명하시오.

- 1) 일반교실 2) 급식실 3) 다목적 강당

#### 해설)

##### 1. 학교조명 일반사항

###### 1) 목적

밝은 환경과 학습에 충분한 명시조명을 실시하는데 있다.

겨울철, 흐린날, 비오는 날은 조도가 저하되므로 낮 시간에도 조명으로 이를 보완하여 학생들의 시력을 보호하여야 한다.

###### 2) 설계시 검토사항

###### (1) 충분한 조도 확보(교육법 기준참고)

- 교수·학습에 직접 사용되는 敎舍의 내부환경은 고등학교이하 각 급학교 설립운영규정 제11조 (교사의 내부환경) 별표3에 의한 기준에 적합하여야 한다.

- 고등학교이하 : 300lx

- 대학교 : 400lx

###### (2) 눈부심이 없을 것

- 시선을 중심으로 한 上방향의 30°범위에서는 눈부심을 느끼기 쉬우므로 조명기구 선정시 주의.
- 광원은 휘도가 높을수록, 눈에 들어오는 글레어 상이 클수록 영향이 크다. 따라서 휘도가 높은 광원에 의한 글레어는 절대로 피해야 한다.

###### (3) 쾌적하고 균일한 휘도분포

###### (4) 창측 채광의 차단 및 보충조명 여부

## 2. 학교조명 설계시 고려해야 할 사항

### 1) 일반교실

(1) 장시간에 걸쳐 수업을 하는 장소이므로 주간의 채광에 대하여 충분히 고려하여야(점멸구분) 하며 야간 수업의 조명설비에 대해서도 검토한다.

(2) 조명방법은 형광등에 의한 전반확산, 반 간접조명이 추천된다.

(3) 눈부심 방지를 위해 칠판과 조명기구는 직각으로 배치한다.

(4) 균제도 = 최소조도가 평균조도의 1/3 이상일 것.

(5) 실내면은 밝은색의 무광택 마감이 요망되며, 빛의 이용을 증대를 위해 실내면 상호반사에 의한 빛을 유효하게 이용하도록 한다

- 천장면의 경우 : 백색으로 반사율 80%

- 벽면의 경우 : 연한색으로 반사율 50~60%

- 바닥면의 경우 : 밝은 색으로 반사율 35%.

(6) 교실조명에서 가장 중요한것은 흑판면의 조도가 균일하고 수직면 조도 및 정반사를 함께 고려하여야 한다.

① 형광등을 이용한 국부조명 채택.

② 학생측 조건

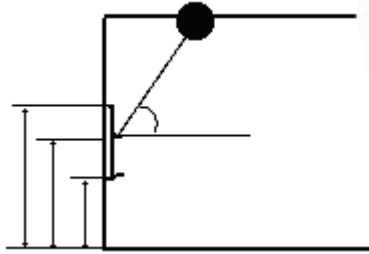
흑판 조명의 램프가 직접 눈에 들어오지 않도록 하고 흑판면 정 반사에 의한 눈부심이 적도록 하여야 한다.

③ 교사측 조건

강의 중 흑판 조명용 램프에 의한 눈부심이 없도록 양각 45°이상이 되어야 하고 흑판에 글씨를 쓸 때 램프로 인한 눈부심이 없어야 한다.

④ 칠판 조명기구의 위치선정

칠판높이 상단 2m, 중앙1.4m, 하단0.8m ,  $\theta = 55^\circ$



## 2) 급식실

### (1) 일반사항

급식실의 조명은 작업능률 향상과 식품위생 안전을 도모하기 위해 알맞은 밝기의 조도를 갖춰야 한다. 식재료 검수 시 정확한 이물질 확인과 작업 도중 안전사고를 예방할 수 있는 것이 중요하다.

(2) 학교급식법 제4조 2항 및 동법 시행규칙 제3조에서는 조리실 조명의 조도를 200Lux 이상으로 규정하고 있다. 다만 선별 및 검사구역 작업장 등은 육안확인에 필요한 조도인 540Lux를 유지해야 한다. 그러나 급식실 전체를 일정하게 밝힐 수는 없으므로 중요한 작업 부분에는 국부 조명시설로 필요한 밝기를 확보해야 한다.

(3) 또한 자연채광을 위해 창문 면적은 바닥 면적의 1/4이상이 되도록 해야 한다. 그러나 자연채광이 곤란한 경우를 위해 인공 조명시설을 갖출 수 있다. 이때는 효과적으로 실내를 점검 및 청소할 수 있고 작업에 적합한 밝기여야 한다.

(4) 배기후드 안쪽에 보조등을 설치해 조도를 확보해야 한다.

이때 보조등의 응축수가 식품에 직접 떨어지지 않도록 설치해야 한다

(5) 조명등의 위치도 중요하다. 식품을 취급하는 작업대 바로 위에 조명 장치를 달면 밝기는 하겠지만 먼지 등이 떨어질 수 있으므로 비껴서 설치하는 것이 바람직하다. 이때 조명기구는 흔들림이 없도록 고정하고 단순한 형태로 내부식성 재질을 사용해야 한다.

(6) 특히 천장의 전등은 물과 가스로부터 안전한 방수·방폭등이어야 하며 함몰형으로 설치해야 한다. 소등을 위한 스위치는 관리실에 모

아서 설치해 관리하기 쉽게 하고 콘센트와 스위치는 필요한 위치를 사전에 계획해야 한다.

(7) 자외선 살균기 내의 살균등 또한 비산 방지를 위한 보호장치를 해야 한다. 하지만 이때 살균효과가 떨어질 수도 있으니 자외선이 통과하는 재질의 커버링을 사용하는 것이 효율적이다.

(8) 급식소 앞 계단, 통로 등에도 적절한 조명을 설치해야 한다. 산업안전보건기준 제21조(통로의 조명)에는 ‘사업주는 근로자가 안전하게 통행할 수 있도록 통로에 75Lux 이상의 채광 또는 조명시설을 해야 한다. 다만 상시 통행을 하지 아니하는 지하실 등을 통행하는 근로자에게 휴대용 조명기구를 사용하도록 한 경우에는 그러하지 아니하다

### 3) 다목적 강당

(1) 조광장치 및 비상조명장치를 고려한다.

(2) 전반조명으로 메탈할라이드 와 백열전구 또는 할로겐 램프를 조합한다.

(3) 영사, 슬라이드 등에 편리한 조명(조광 또는 점멸계획)이 필요하다.

조명방식 : 건축화조명 방식 채택을 고려한다.

(4) 전구교환대책 강구

4-6) 건축물 동력제어반의 구성기기 와 공사감리 시 검토사항을 설명하시오.

해설)

### 1. 개요

동력제어반이란 가압수송장치의 펌프 또는 제연설비의 송풍기에 필요한 상용전원 또는 비상전원을 공급하는 장치로써 일반적으로 MCC(Motor Control Center)반 이라 부르며 공조설비용,급배수 위생설비용,방재설비용으로 구분된다

### 2. 동력 제어반의 구성기기

#### 1) 주요 구성부품

##### (1) 보호장치(전동기나 배선의 보호용기기)

배선용차단기, 누전차단기, 전동기보호용차단기, 서멀릴레이, 2E릴레이,3E릴레이 등

##### (2) 제어장치(제어회로를 구성하는 기기)

전자접촉기,릴레이,조작스위치 등

##### (3) 감시장치(동작의 여부 및 상태를 표시하는 기기)

전류계,전압계,전력계,적산전력계,누적시간계,전원등,운전등,정지등,고장 표시등

##### (4) 기타

진상콘덴서,단자대,접지단자,도면홀더 등

2) 구성품기능

NO	부 품 명	역 할
1	MCCB (Mold Case current Breaker)	- 전원 ON/OFF 및 운전 중 과부하, 단락전류 발생시 TRIP되어 MOTOR를 보호해주는 역할을 한다.
2	MC (Magnetic Contactor)	- MOTOR 운전/정지 및 원격제어를 할 수 있으며 조작전원과 다른전원을 사용할때도 사용가능하다.
3	THR (Thermal Relay)	- 정격전류 SETTING값 이상의 부하전류가 흐르면 내부 바이메탈과 연동된 보조접점을 작동시켜 M/C COIL의 조작전원이 OFF되어 MOTOR를 보호한다.
4	EOCR (Electronic Over Current Relay)	- IC를 이용한 전자식 계폐기로서 변류기에서 과전류 PEAK치를 검출한다음 전자회로의 작동에 의해 내장된 직류 RELAY를 작동시켜 M/C COIL의 조작 전원이 OFF되어 MOTOR를 보호한다.
5	EUCR (Electronic under Current Relay)	- 부족전류 검출 계전기로서 부하전류가 SETTING값 전류보다 감소했을때 동작한다. - PUMP 공회전방지, 송풍기 무부하운전방지, HEATER 단선회로 감시 및 공회전방지 목적으로 사용된다.
6	AUX (Auxiliary Relay)	- 각종 검출기로부터 신호를 받아서 주 접촉기를 동작시키는 보조역할을 한다.
7	PB (Push botton Switch)	- 누르고 있는 동안만 접점을 동작하며 놓으면 자동 복귀한다. - M/C ON/OFF 및 각종 제어회로에 널리 사용한다.
8	CS (Control Switch)	- 자동/수동, 1호기/2호기, LOCAL/REMOTE등 운전선택, 설정 조작 SWICTH이다.

3. 공사감리 시 검토사항

1) 배선과 접지

- (1) 전동기와 접속은 가요전선관 배선을 원칙으로 한다.
- (2) 수중 전동기에 부속하는 케이블은 물기가 있는 장소에서 접속하지 않는다.
- (3) 전동기와 배선의 접속부분에 절연 테이프처리를 할 경우에는 전동기의 절연등급을 고려하여 내열성능을 가진 절연 재료를 사용한다.
- (4) 금속제의 함 및 이를 지지하는 금속프레임 또는 구조물은 접지공사 한다.

2) 동력제어반의 시설

- (1) 동력제어반, 전동기 등의 설치 위치는 시공상세도에 의하며, 배관

공사를 시작하기 전에 각종기기의 정확한 설치위치 및 전원 등의 연결지점을 정확히 판단하여 배관, 배선공사 등을 시행하여 정확히 연결한다.

- (2) 동력제어반은 건조한 장소에 시설하며, 개폐기를 쉽게 개폐할 수 있는 장소, 노출된 장소, 안정된 장소에 시설한다.
- (3) 대지 전압이 150 V를 넘는 회로에 콘센트를 설치하는 경우는 접지극이 있는 것을 사용한다.

### 3) 전동기 및 부하의 시설

- (1) 전동기는 베어링의 급유, 슬립링의 점검, 브러시 교체 등의 보수 점검이 쉽도록 시설하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 수중전동기 등 부득이한 것은 예외로 한다.
- (2) 전동기는 1 대마다 전용의 분기회로로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 진상용 커패시터는 교류 전동기마다 설치하는 것을 원칙으로 하며, 인버터를 설치한 경우는 커패시터를 생략할 수 있다.
- (4) 옥내에 시설하는 경우에는 습기가 많은 장소 또는 수분이 있는 장소 및 주위온도가 40 °C를초과하는 장소 등을 피하여 견고하게 설치하고, 옥외에 노출하여 시설하는 경우에는 옥외형 커패시터를 사용한다.
- (5) 전열기의 과열부분에 부착하는 모든 기기는 내열구조로 하고, 배선은 내열전선을 사용한다.
- (6) 천장선풍기는 천장에 앵커볼트 등으로 진동이 없도록 설치하며, 조작스위치는 벽면에 설치한다.

### 4) 기기의 설치 및 부착검사

- (1) 각 기기 및 기구가 정상으로 견고하게 설치되어 있는지 검사한다.
- (2) 재료, 구조, 마무리, 표시, 부품의 부착상태를 육안, 촉감에 의해서 검사하고 결과를 기록한다.

### 5) 시운전

- (1) 제작도면을 사전에 승인 후 제작하고 시공상세도에 의하여 설치를 완료한 후, 현장에 설치되는 기기에 대하여는 제작자의 성능

시험(동작시험)성적서를 제출받아 시운전을 실시하고 결과를 기록 및 보존한다. 이 경우 공인기관 시험이 필요한 단위 기기들은 시험성적서를 제출하게 할 수 있다.

- (2) 현장에 설치된 후 정상적인 동작 이상여부를 공사감독자의 입회 하에 입회시험을 실시하고, 결과를 기록 보존하여 유지관리 등에 지장이 없도록 한다