

113회 기출문제

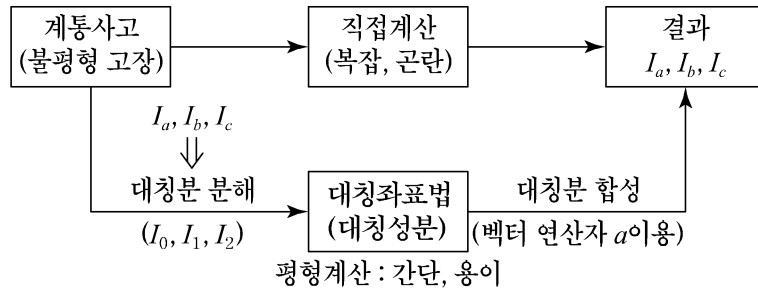
# 건축전기설비기술사

서학범 교수  
한솔아카데미

답)

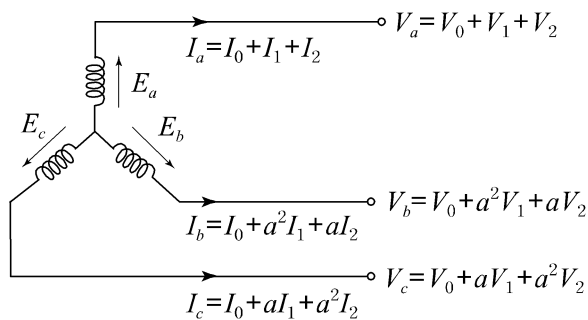
1. 대칭좌표법이란

- 1) 3상회로의 불평형 문제를 푸는데 사용되는 계산법
- 2) 불평형 전류나 전압을 그대로 취급하지 않고 대칭적인 3개의 성분(영상, 정상, 역상)으로 나누어 각각의 대칭분을 단독으로 취급하여 계산을 실시한 후 각 성분의 계산결과를 중첩시켜 원래의 불평형 값을 알아내는 방법
- 3) 계산법의 개념

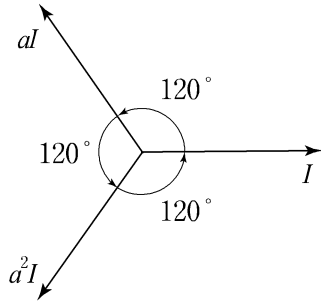


2. 불평형 전류와 대칭분 전류

- 1) 불평형 전압, 전류 개념



2)  $I_a, I_b, I_c$  가 불평형 이더라도 벡터연산자( $a$ )를 이용,  $I_0, I_1, I_2$ 로 쉽게 분해 및 합성 가능

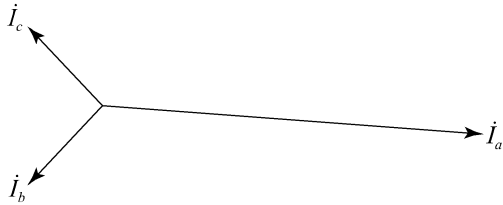


$$\begin{cases} a = 1 \angle 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ a^2 = a \cdot a = 1 \angle 240^\circ = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \\ a^3 = a \cdot a^2 = 1 \angle 360^\circ = 1 \\ 1 + a + a^2 = 0 \end{cases}$$

전류 벡터 오퍼레이터

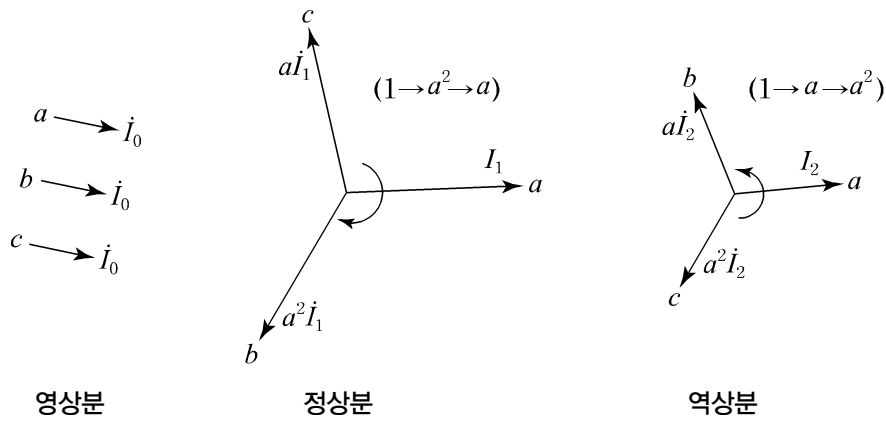
3) 불평형 전류 분해, 합성방법

(1) 불평형분  $\rightarrow$  대칭분으로 분해



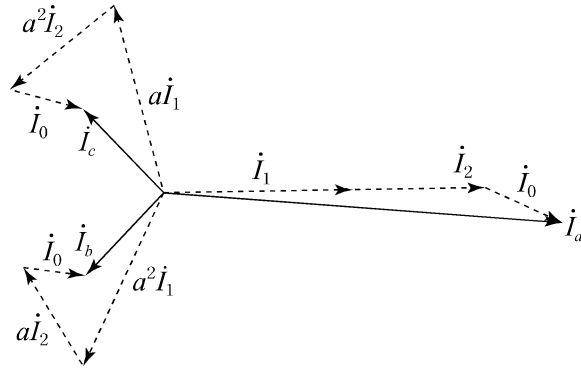
$$\begin{cases} \dot{I}_0 = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c) \dots\dots\dots ① \\ \dot{I}_1 = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a\dot{I}_b + a^2\dot{I}_c) \dots\dots\dots ② \\ \dot{I}_2 = \frac{1}{3}(\dot{I}_a + a^2\dot{I}_b + a\dot{I}_c) \dots\dots\dots ③ \end{cases}$$

불평형 전류



(2) 대칭분 합성  $\rightarrow$  불평형분 계산

$$\begin{cases} ① + ② + ③ \rightarrow \dot{I}_a = \dot{I}_0 + \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \dots\dots\dots ④ \\ ① + ② \times a^2 + ③ \times a \rightarrow \dot{I}_b = \dot{I}_0 + a^2\dot{I}_1 + a\dot{I}_2 \dots\dots\dots ⑤ \\ ① + ② \times a + ③ \times a^2 \rightarrow \dot{I}_c = \dot{I}_0 + a\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2 \dots\dots\dots ⑥ \end{cases}$$



합성결과 = 원래의 불평형 전류

#### 4) 대칭분 전류의 의미 및 특징

##### (1) 영상전류( $I_0$ )

- ① 같은 크기와 같은 위상각을 가진 평형 단상전류
- ② 지락 고장시 접지계전기를 동작시킴
- ③ 통신선에 전자유도장해를 일으킴
- ④ 변압기
  - ㉠ Y결선 → 중성선과열
  - ㉡ Δ결선 → 순환전류에 의한 권선과열

##### (2) 정상전류( $I_1$ )

- ① 평형 3상 교류로 전원과 동일한 상회전 방향
- ② 이 전류가 전동기에 흐르면 회전토크 발생

##### (3) 역상전류( $I_2$ )

- ①  $I_1$ 과 상회전이 반대인 평형 3상 전류
- ② 이 전류가 전동기에 흐르면 제동작용 → 출력감소

### 3. 불평형 전압과 대칭분 전압

→ 상기와 마찬가지로 방법

#### 1) 각상 불평형 전압

$$\begin{aligned} \dot{V}_a &= \dot{V}_0 + \dot{V}_1 + \dot{V}_2 & \dot{V}_a &= \dot{V}_0 + \dot{V}_1 + \dot{V}_2 \\ \dot{V}_b &= \dot{V}_0 + a^2 \dot{V}_1 + a \dot{V}_2 & \dot{V}_b &= \dot{V}_0 + a^2 \dot{V}_1 + a \dot{V}_2 \\ \dot{V}_c &= \dot{V}_0 + a \dot{V}_1 + a^2 \dot{V}_2 & \dot{V}_c &= \dot{V}_0 + a \dot{V}_1 + a^2 \dot{V}_2 \end{aligned}$$

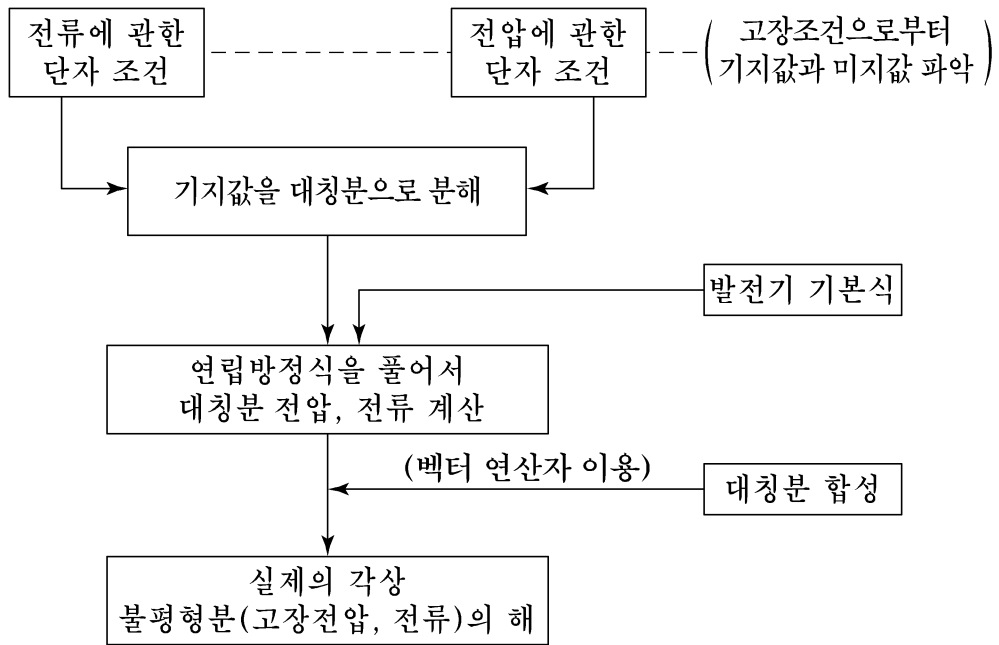
2) 대칭분 전압

$$\begin{aligned} \dot{V}_0 &= \frac{1}{3}(\dot{V}_a + \dot{V}_b + \dot{V}_c) & \dot{V}_0 &= \frac{1}{3}(\dot{V}_a + \dot{V}_b + \dot{V}_c) \\ \dot{V}_1 &= \frac{1}{3}(\dot{V}_a + a\dot{V}_b + a^2\dot{V}_c) & \dot{V}_1 &= \frac{1}{3}(\dot{V}_a + a\dot{V}_b + a^2\dot{V}_c) \\ \dot{V}_2 &= \frac{1}{3}(\dot{V}_a + a^2\dot{V}_b + a\dot{V}_c) & \dot{V}_2 &= \frac{1}{3}(\dot{V}_a + a^2\dot{V}_b + a\dot{V}_c) \end{aligned}$$

3) 발전기 기본식  $\dot{V}_0 = -\dot{Z}_0 \dot{I}_0$

$$\begin{aligned} \dot{V}_0 &= -\dot{Z}_0 \dot{I}_0 \\ \dot{V}_1 &= \dot{E}_a - \dot{Z}_1 \dot{I}_1 \\ \dot{V}_2 &= -\dot{Z}_2 \dot{I}_2 \quad \dot{V}_1 = \dot{E}_a - \dot{Z}_1 \dot{I}_1 \\ \dot{V}_2 &= -\dot{Z}_2 \dot{I}_2 \end{aligned}$$

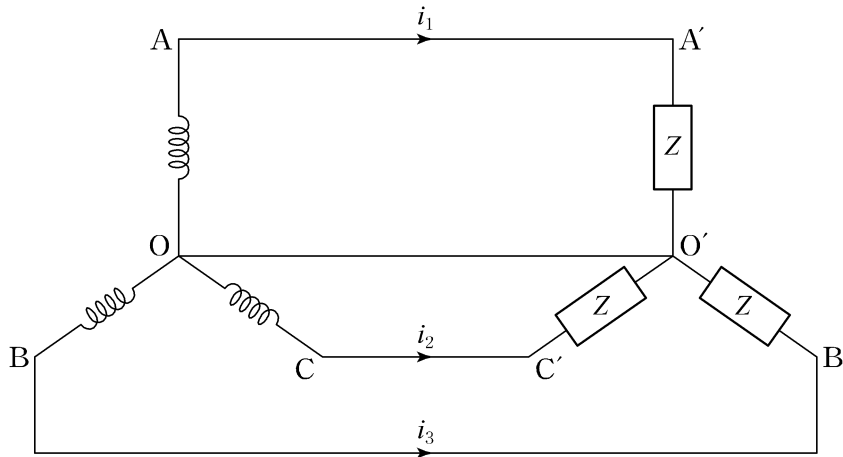
4. 대칭좌표법에 의한 고장계산 Flow



1-2

그림과 같이 3상평형부하인 경우 중성선  $oo'$  에는 전류가 흐르지 않음을 수식으로 설명하시오.

단,  $i_1 = I_m \sin \omega t$ ,  $i_2 = I_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$ ,  $i_3 = I_m \sin(\omega t - \frac{4\pi}{3})$



답)

$$i_{oo'} = i_1 + i_2 + i_3 = I_m \sin \omega t + I_m \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) + I_m \sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi)$$

여기서 ,

$$\sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) = \sin \omega t \cos \frac{2}{3}\pi - \cos \omega t \sin \frac{2}{3}\pi = -\frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t$$

$$\sin(\omega t - \frac{4}{3}\pi) = \sin \omega t \cos \frac{4}{3}\pi - \cos \omega t \sin \frac{4}{3}\pi = -\frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t$$

따라서,

$$i_{oo'} = I_m \left\{ \sin \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \omega t \right\} = 0$$

답)

### 1. 수용률(Demand factor)

1) 정의 : 모든 전력소비를 동시에 사용하는 정도

2) 일반식 :  $\text{수용률} = \frac{\text{최대 수용전력}}{\text{총 설비용량}} \times 100(\%)$

3) 특징

- (1) 항상 1보다 작다
- (2) 수요상정시 주요 factor
- (3) 부하의 종류, 사용시간, 계절에 따라 다르다.

### 2. 부하율(Load factor)

1) 정의 : 어느 일정기간 중 부하변동의 정도를 나타냄

2) 일반식 :  $\text{부하율} = \frac{\text{부하의 평균 전력(1시간평균)}}{\text{최대 수용전력(1시간평균)}} \times 100(\%)$

3) 특징

- (1) 부하율이 크다는 것은 전력 변동이 작고 설비의 이용률이 크다는 것을 의미함
- (2) 일, 월, 년 부하율로 나뉘며 기간을 길게 할 수록 부하율이 작아짐

### 3. 부등률(Diversity factor)

1) 정의

최대 수용전력의 발생시각 or 발생시기의 분포를 나타내는 지표로 Peak 전력이 동시에 걸리지 않는 정도를 나타냄

2) 적용목적

한 계통내의 단위부하 예를 들면 한 배전 변압기에 접속되는 각 수용가의 부하는 각각의 특성에 따라 변동하며 최대 수용전력이 생기는 시간이 다르므로 부등률(Diversity factor)을 적용하여 변압기 용량을 적정용량으로 낮추는 효과를 가져옴

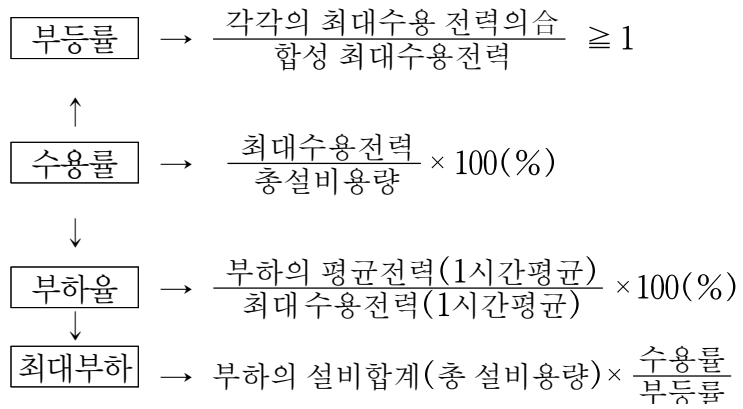
3) 일반식

$\text{부등률(不等率)} = \frac{\text{각각의 최대 수용전력의 합}}{\text{합성 최대 수용전력}}$

4) 특징

- (1) 항상 1보다 크다.
- (2) 부등률이 클수록 설비의 이용도가 크다는 의미
- (3) 부하단에서 수전단 전원 공급측으로 갈 수록 부등률이 커지며 변압기간 부등률이 다른 부하군의 부등률 보다 크다.
- (4) 계통의 규모, 부하성질, 계절에 따라 다르다.

#### 4. 상호관계



답)

## 1. 나동선의 경우

$$A = \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} \cdot A}{\log(1 + \frac{\theta}{274})}} \times I_s (\text{mm}^2)$$

여기서,  $\theta$  = 최대 허용온도(850℃) $I_s$  = 고장전류 $t$  = 239KV에서 1.1sec

$$\text{고장전류 } I_s = \frac{520 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 22.9} = 13,110(A)$$

$$\therefore A = \sqrt{\frac{8.5 \times 10^{-6} \times 1.1}{\log(1 + \frac{850}{274})}} \times 13,110 = 51.2 \text{ mm}^2 \Rightarrow 70 \text{ mm}^2 \text{ 선정}$$

## 2. GV전선의 경우

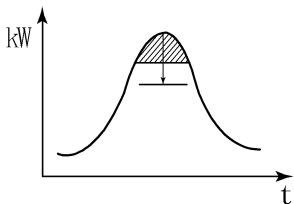
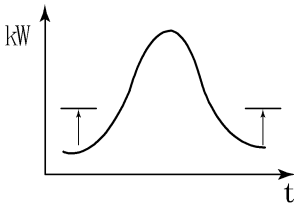
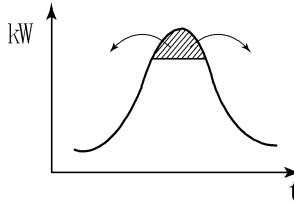
$$A = \frac{\sqrt{t}}{143} \times I_s (\text{mm}^2) = \frac{\sqrt{1.1}}{143} \times 13,110 = 96.15 (\text{mm}^2) \Rightarrow 120 \text{ mm}^2 \text{ 선정}$$

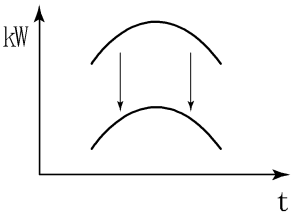
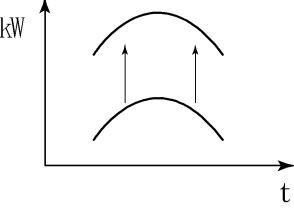
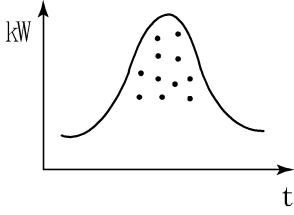
답)

1. 개요

전력 수요관리(DSM : Demand Side Management)제도란 최소의 비용으로 소비자의 전기에너지 서비스요구를 충족시키기 위하여 소비자의 전력사용패턴을 합리적인 방향으로 유도하기위한 전력회사의 제반활동 및 지원제도

2. 수요관리 유형

유형	개요	효과	적용 예
① 최대수요 억제(peak cut) 	발전원가가 높음 peak 가동설비 축소	<ul style="list-style-type: none"> <li>발전 예비율 확보</li> <li>기본요금 감면</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>첨두부하 억제 (냉방기기 등)</li> <li>Demand Control</li> </ul>
② 기저부하 증대(Valley Filling) 	off-peak(경부하) 시간대 전력수요 증대	<ul style="list-style-type: none"> <li>설비 이용률 향상</li> <li>전력 공급원가 저감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>심야 전력기기 활용</li> <li>심야 시간대 요금 할인제 적용</li> </ul>
③ 최대부하 이전(peak shift) 	peak전력 경부하 시간대로 이동	<ul style="list-style-type: none"> <li>최대부하 억제</li> <li>심야부하 창출</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>심야 전력기기 활용</li> <li>계절, 시간대별 차등요금제 적용</li> </ul>

<p>④ 전략적 소비절약 (Strategic-Conservation)</p> 	<p>전기 서비스 수준 유지하면서 전력 수요만 감소</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수급불안 대처</li> <li>• 비용절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 절전</li> <li>• 에너지 고효율 기기 사용</li> </ul>
<p>⑤ 전략적 부하증대 (Strategic-Load growth)</p> 	<p>공급&gt;수요 일 때 설비 이용률 향상 방법</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전력생산성 향상</li> <li>• 화석연료 의존도 경감(국내실정과 안맞음)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전전화 주택보급</li> <li>• 이중연료 사용 설비 보급</li> </ul>
<p>⑥ 가변부하 조성 (Flexible Load Shape)</p> 	<p>불필요 부하에 전력공급 중단시켜 전력수요 조정</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 공급신뢰도 향상</li> <li>• 예비율 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DLC(직접부하제어)</li> <li>• 요금 차등제 적용</li> </ul>

### 3. 수요관리 지원제도

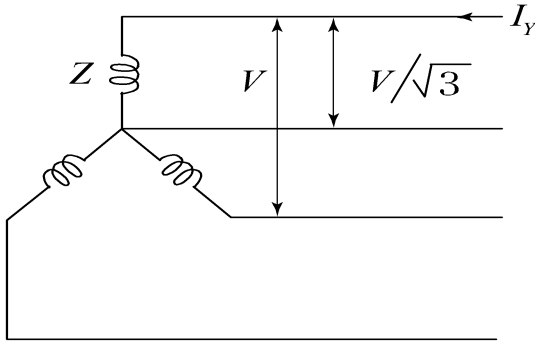
- ① 최대전력 관리장치 : 설치비 지원(계약 1,000kW 이상 수용가)
- ② 휴가, 보수기간 조정 : 일시 휴가, 보수로 peak치 절감시 지원
- ③ 자율정전 : 하절기 약정 시기에 일정수준 절감시 지원
- ④ 비상 절전 : 비상시 요청에 의해 일정수준 절감시 지원
- ⑤ 직접부하제어 : 필요시 한전에서 원격제어, 약정지원금 혜택
- ⑥ 심야전력 : 축냉식 냉방설비 등 지원

1-13

소방펌프용 3상 농형 유도전동기를 Y-Δ방식으로 기동하고자 한다. Y-Δ 기동방식이 직입(전전압)기동방식에 비해서 기동전류 및 기동토크가 1/3로 감소됨을 설명하시오

답)

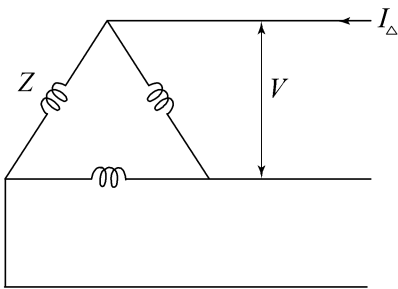
1. Y결선시



$$I_Y = \text{상전류} = \frac{\left(\frac{V}{\sqrt{3}}\right)}{Z} = \frac{V}{\sqrt{3}Z}$$

$$V_Y = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

2. Δ결선시



$$I_{\Delta} = \sqrt{3} \times \text{상전류} = \sqrt{3} \times \frac{V}{Z}$$

$$\therefore \frac{I_Y}{I_{\Delta}} = \frac{\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)}{\sqrt{3}} = \frac{1}{3}$$

$$\therefore \frac{T_Y}{T_{\Delta}} = \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2 = \frac{1}{3} (\because T \propto V^2)$$

2-2

건축전기설비 자동화시스템의 제어기로 많이 사용되고 있는 PLC(Programmable Logic Controller)에 대하여 구성요소, 설치 시 유의사항에 대하여 설명하시오.

답)

1. 개요

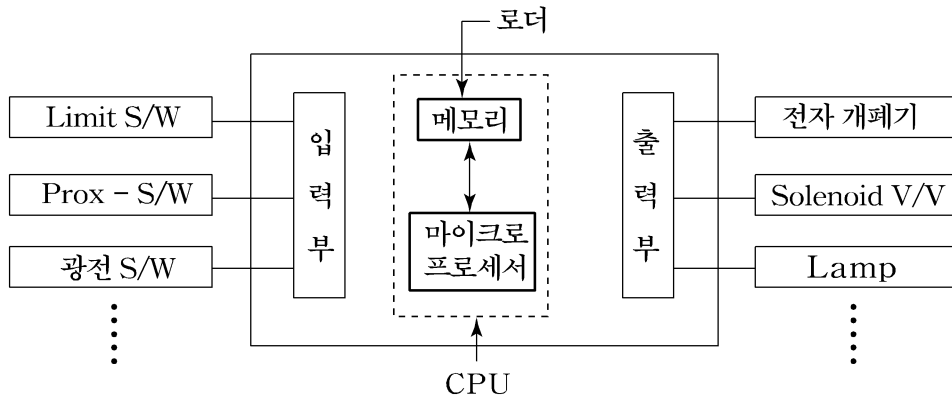
- 1) PLC란 종래에 사용하던 제어반 내의 릴레이, 타이머, 카운터 등의 기능을 LSI, 트랜지스터 등의 반도체 소자로 대체시켜 기본적인 시퀀스 제어기능에 수치연산 기능을 추가하여 프로그램 제어가 가능토록 한 자율성 높은 제어장치임
- 2) PLC는 FA(Factoring Automation)의 중요한 위치를 차지하고 있다. PLC를 사용한 시스템의 신뢰성을 확보하기 위해서는 기본적으로 온도, 습도, 진동, 부식성 가스, 과전압, 노이즈 등의 영향을 최소화하기 위해 설치 장소의 환경을 충분히 파악하여 시스템을 구성해야 한다.

2. PLC 기능

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| 1) 디지털, 아날로그 입·출력 제어 | 2) Logic 연산 및 산술연산  |
| 3) 타이머, 카운터 기능       | 4) 고속펄스 입력 및 펄스열 출력 |
| 5) 데이터 통신제어 기능       |                     |

3. PLC의 구성요소

- 1) Hard ware 구조
  - (1) 중앙처리 장치(CPU) :  $\mu$ -processor 및 메모리
  - (2) 입·출력부 : 외부기기와의 신호연결
  - (3) 전원부 : 각 부에 전원공급
  - (4) 주변장치 : PLC 내 메모리에 Program 기록, 저장, 출력
  - (5) 구성



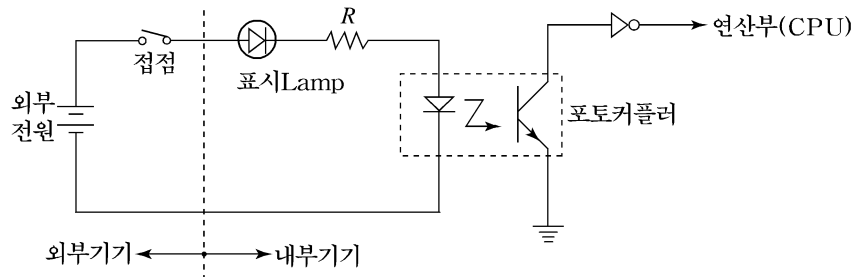
(6) 주요기능

① 중앙처리장치(CPU)기능

- ㉠ 메모리에 저장되어 있는 프로그램 해독, 처리, 실행
- ㉡ 고속 및 반복실행, 2진수로 데이터 처리
- ㉢ 메모리 종류: RAM, ROM, Flash 메모리

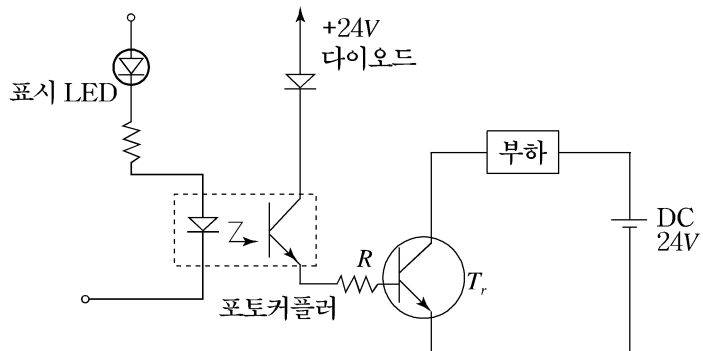
② 입력부 기능

- ㉠ 외부기기로부터 신호를 CPU내 메모리로 전달
- ㉡ 입력의 종류 : DC 24V, AC 110V, 220V 등
- ㉢ 외부기기로부터의 노이즈 차단 및 접점상태 표시



③ 출력부 기능

- ㉠ 내부연산의 결과를 외부에 접속된 기기에 전달하여 구동시킴
- ㉡ 종류 : Relay 출력, 트랜지스터 출력, SSR(Solid State Relay) 출력



2) Software 구조

(1) Hard wired Logic

- ① 제어기기들은 배치하고 리드선으로 배선해서 필요한 동작 구현
- ② Soft ware + Hard ware
- ③ 사양 변경시 전체교체

(2) Soft wired Logic

- ① Soft ware + Hard ware 분리 가능
- ② 프로그램 이용, 동작조건과 순서 지정
- ③ 사양 변경시 Soft ware만 교체

## 5. 설치시 유의사항

### 1) 주위 적정 온습도 유지

(1) 일반적으로 주위온도는 0~55 °C이하, 습도 범위 35%~85%에서 사용

① 제어반의 측면 상하에 자연 통풍구조

② 제어반 내 또는 그 주위의 온도가 높을 경우는 팬이나 에어컨 등을 설치

(2) 급격한 온도변화가 있을시 결로에 주의 → 히터나 드라이어에 의한 가열

### 2) 진동, 충격방지

① 진동, 충격원으로부터 제어반 격리

② 전자 개폐기조작, 기타 충격에 대해서는 방진고무로 고정.

### 3) 분진, 부식성 가스 체류장소 는 밀폐, 방폭구조일 것.

### 4) 전압변동최소화

①일반적으로 PLC의 전압 변동 범위는 +10 ~ -15%이내 유지

② 정전압 전원 장치를 사용

### 5) 순시정전 대책 : 무정전전원공급장치(UPS) 사용

### 6) 서지,노이즈 최소화

① 전용의 MCCB, 1:1 절연Transformer 사용 및 Twist Wire 배선

② PLC외함은 전력선과 별도로 접지

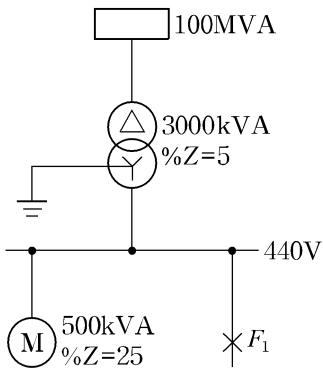
③ PLC는 고압 회로나 동력 회로부터 가습적 멀리할 것.

④ PLC의 입·출력선과 동력선은 배선 덕트를 별도로 분리시킬 것.

⑤ 접점에서 발생하는 노이즈방지를 위해 스너버(snubber) 회로를 채택

2-3

그림과 같은 저압회로의  $F_1$  지점에서 1선 지락전류와 3상 단락 전류를 계산 하시오. (단, 전원측용량 100MVA를 기준으로 하고 선로의 임피던스는 무시하며 1선 지락의 고장저항은  $5 \Omega$ 이다.)



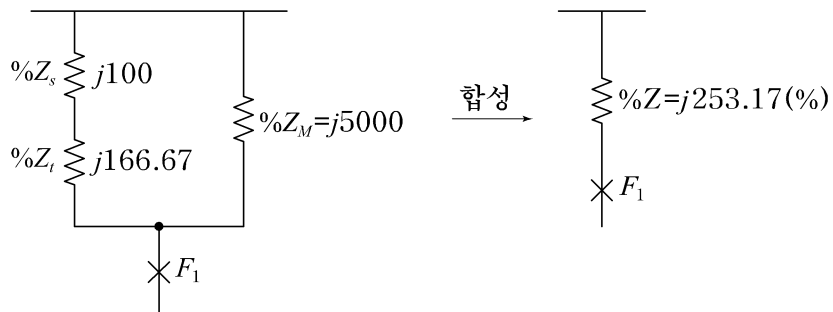
답)

1. 전원측 용량 100MVA를 기준하여 임피던스 환산

- 1) 전원측 임피던스  $\%Z_s = \frac{\text{기준용량}}{\text{전원단락용량}} \times 100 = \frac{100}{100} \times 100 = j100(\%)$
- 2) 변압기 임피던스  $\%Z_t = j5 \times \frac{100 \times 10^3}{3000} = j166.67(\%)$
- 3) 전동기 임피던스  $\%Z_M = j25 \times \frac{100 \times 10^3}{500} = j5000(\%)$
- 4) 지락점 저항을  $\%R_g$ 로 환산하면 :  $\%R_g = \frac{P \cdot R_g}{10 V^2} = \frac{100 \times 10^3 \times 5}{10 \times (0.44)^2} = 258,264.46(\%)$

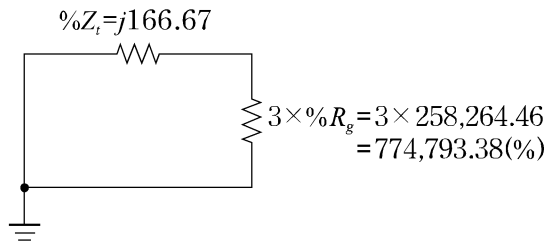
2. 임피던스 Map 작성

- 1) 정상, 역상분 임피던스
  - (1) 고장시 과도 임피던스는
    - ①  $\%Z_s$ 와  $\%Z_M$ 은 정상분과 역상분이 같다.
    - ②  $\%Z_t$ 는 정상분, 영상분, 역상분이 같다.



- (2) 합성 임피던스  $\%Z(\%Z_1 = \%Z_2) = j253,17(\%)$

2) 영상 임피던스



3. 단락전류 계산

$$I_s = \frac{100}{\%Z_1} \times I_N(\text{기준전류}) = \frac{100}{j253.17} \times \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 0.44} = 51.8(\text{KA})$$

4. 지락전류 계산

$$I_g = \frac{3 \times 100}{\%Z_1 + \%Z_2 + \%Z_0} \times I_N$$

$$= \frac{3 \times 100}{(j253.17 \times 2) + 774,793.38 + j166.67} \times \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 0.44} = 50.81(\text{A})$$

2-6

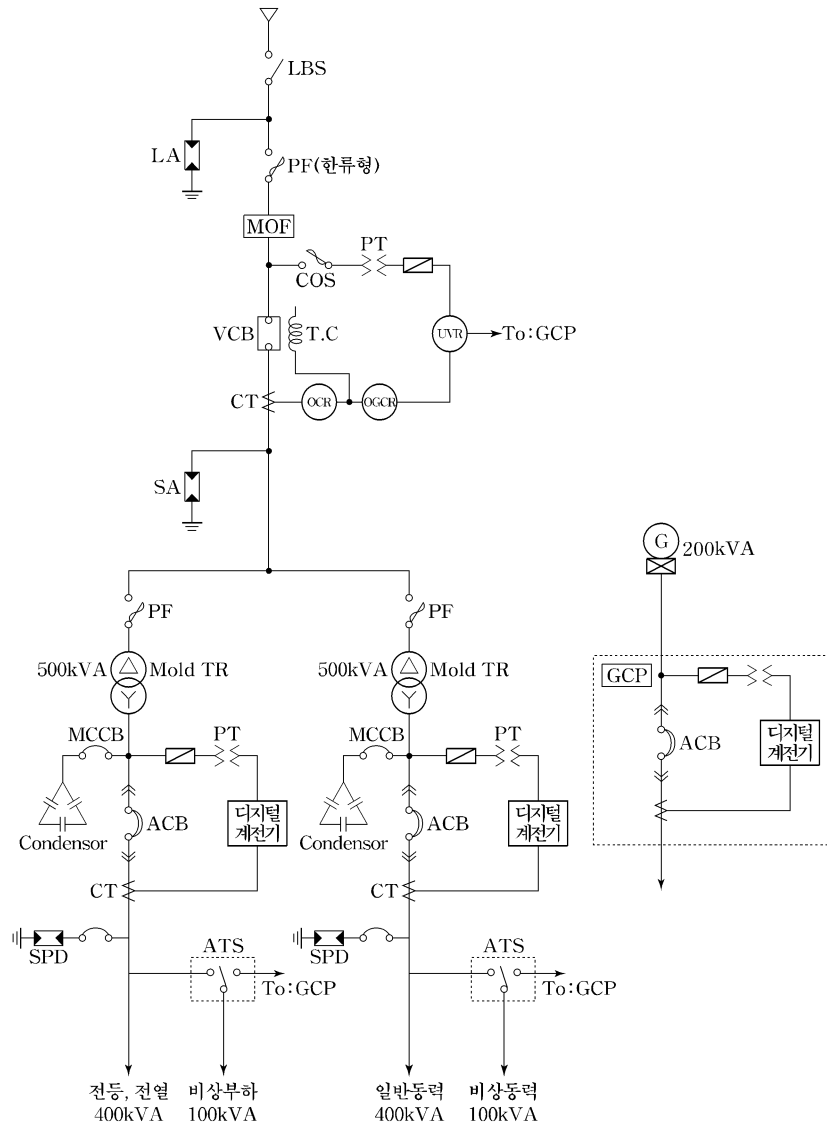
다음 조건을 적용하여 수전설비 단선결선도를 작성하고 사용되는 주요 기기를 설명하시오.

〈 조건 〉

전등, 전열부하 500kVA	일반부하 400kVA 비상부하 100kVA
동력부하 500kVA	일반부하 400kVA 비상부하 100kVA

답)

1. 수전설비 단선결선도



## 2. 주요기기 설명

기기명	특 징
LBS (부하 개폐기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>부하전류 개폐(한류휴즈 내장형)</li> <li>한류휴즈 용단시 3상 동시개로 → 단락보호, 결상방지</li> </ul>
LA (피뢰기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>뇌서지 침입시 신속방전, 제한전압 이하로 억제</li> <li>갭레스형 : 우수한 비직선저항 특성(<math>Z_n0</math>) 직렬갭 생략, 열폭주발생 우려</li> <li>폴리머형 : 폭발시 애자비산 없고 중량은 자기 애자형의 1/3정도</li> </ul>
PF(전력휴즈)	<ul style="list-style-type: none"> <li>단락보호(Backup용에 적합)</li> <li>소호방식에 따라 한류형, 비한류형 구분</li> <li>한류형은 차단시 한류효과 크나 과전압 발생</li> </ul>
MOF (계기용 변성기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>PT, CT 조합</li> <li>전력수급 계측용</li> <li>유입형(옥외), MOLD형(옥내)이 있음</li> </ul>
VCB (진공차단기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>진공中 Arc 확산에 의한 소호방식 이용한 특고압 차단기</li> <li>소형, 경량, 소음작고 유지보수용이</li> <li>차단시 개폐서지 발생</li> </ul>
SA (서지흡수기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>개폐서지 등 이상전압으로부터 보호</li> <li>VCB 2차에 설치, BIL이 낮은 TR보호 → (VCB + MOLD TR에 적용)</li> </ul>
TR (변압기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>종류 : 유입, 몰드형/아몰퍼스, 저소음 고효율형</li> </ul>
SC(전력용 콘덴서)	<ul style="list-style-type: none"> <li>무효(지상)전력 보상, 역률 개선</li> <li>TR용량 500~2,000kVA 이하 → 4%선정</li> </ul>
ACB (기중차단기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>공기에 의한 자연소호방식의 AC 600V 이하 저압 차단기</li> <li>과전류, 지락 차단용</li> </ul>
ATS(자동절체 개폐기)	<ul style="list-style-type: none"> <li>상용전원 정전시 비상 발전기 전원으로 자동(수동) 절체</li> </ul>
디지털 복합계전기	<ul style="list-style-type: none"> <li>자기진단기능, 계측+계전기능</li> <li>원방감시제어 가능, 데이터 통신 가능</li> <li>복합계전(OCR+OCGR+UVR, OVR, OVGR, SGR 등)</li> </ul>
SPD	<ul style="list-style-type: none"> <li>저압회로(1000V 이하)서지 보호용</li> <li>종류 : 전압제한형, 전압스위칭형, 복합형 SPD</li> </ul>
비상발전기	<ul style="list-style-type: none"> <li>종류 : Diesel, Gas turbine</li> </ul>

답)

1. 개요

2. 동력설비 에너지 절감방안

1) 전원공급측면

(1) 변압기에서의 에너지 절감

- ① 변압기용량의 적정 선정
- ② 저손실·고효율변압기 선정
- ③ 변압기 TAP의 적정 선정
- ④ 변압기의 최고효율 운전
- ⑤ 변압기 운전 대수제어
- ⑥ One-Step 강압방식 채택

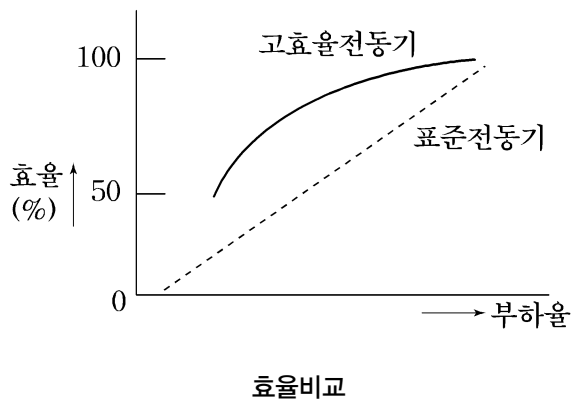
(2) 적정 배전방식

- ① 1φ3W, 3φ 4W 방식
- ② 적정 배전선 굵기 - 전압강하 감소, 손실감소
- ③ 배전 전압의 적정화

2) 전동기 측면

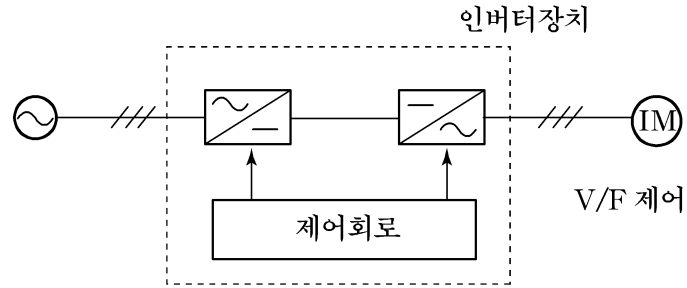
(1) 고효율 전동기 채용(KSC 4202)

- ① 일반 전동기에 비해 손실을 20~30%정도 감소 시켜 효율 4~10%정도 향상
- ② 신규 또는 교체 설치시 지원금 제공



(2) 전동기의 인버터 가변속 제어

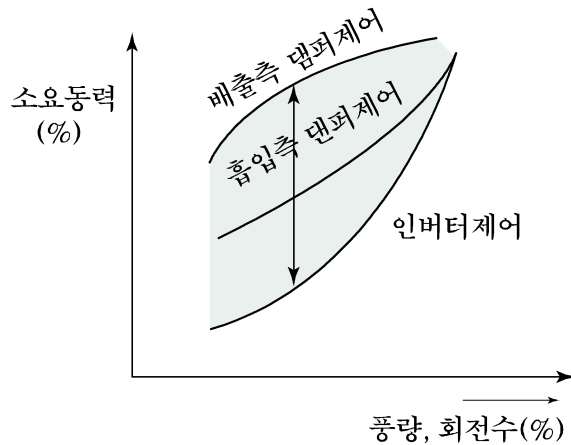
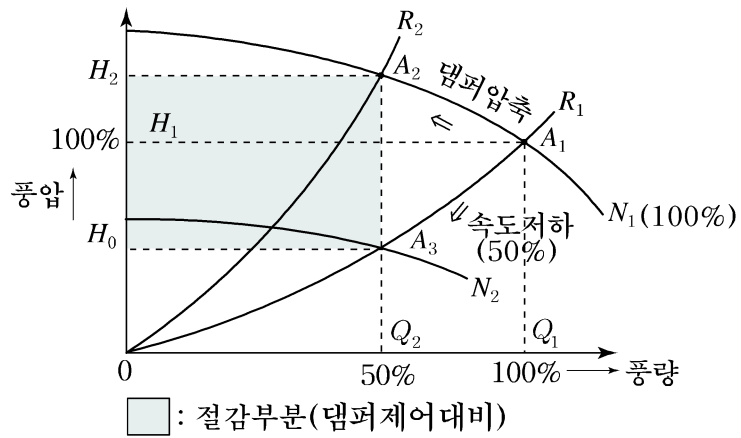
① 인버터 기본 구성회로



② 인버터 사용시 에너지 절감 효과

㉠ 제공토크 특성부하(Fan, Blower, Pump)

- 운전 특성 곡선



㉡ 절감원리 :  $P \propto Q \cdot H \propto N^3$  ( $\propto N, H \propto N^2$ 이므로)

$$\text{유량비} = \text{속도비} \left( \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{N_2}{N_1} \right)$$

㉔ 에너지 절감 예

$$\bullet \frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3$$

$$\bullet \text{풍량 50\% 제어시 } P = \left(\frac{50}{100}\right)^3 \times 100(\%) = 12.5\% \Rightarrow 87.5\% \text{ 절감}$$

③ Elevator 제어시(VVVF or 벡터제어)

㉑ IGBT에 의한 PWM제어로 소비전력 절감

㉒ 하강시 기계적 에너지의 회생전력을 양방향 컨버터를 통하여 전원으로 반환시켜 에너지 절감

(3) 전동기의 절전기(VVCF)사용

가변전압, 정주파수 장치로 경부하시 전압감소 → 손실저감, 효율 극대화

(4) 적정 기동방식 적용

① 직입 : 소용량(15HP 미만)

② Y-Δ : 중용량

③ 리액터, 콘돌퍼 : 중, 대용량

3) 부하사용 측면

(1) 진상용 콘덴서 설치

① 부하말단 콘덴서 설치로 역률개선

② 설치효과

- 설비용량의 여유도 증가
- 전압강하 경감
- 변압기, 배전선의 손실경감
- 전력요금 경감

(2) 심야 전력기기 이용

① 심야 시간대 전력이용, 주간대 peak부하 경감

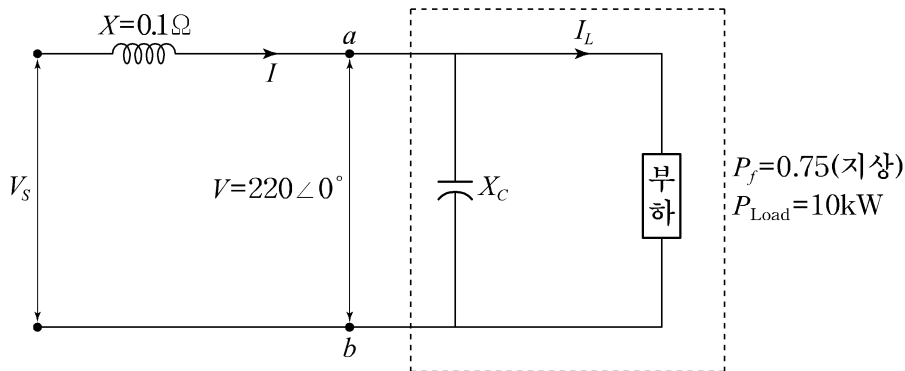
② 적용 : 빙축열 시스템, 흡수식 냉동기, 전기온수기 등

(3) 열병합 발전 시스템 채용 : 열과 전기 동시 생산 : 폐열 이용 에너지 절감(보일러, 냉방동력 경감)

(4) 기타 : 경부하 또는 무부하 운전 삼가, 고조파 대책, 대기전력 저감 등

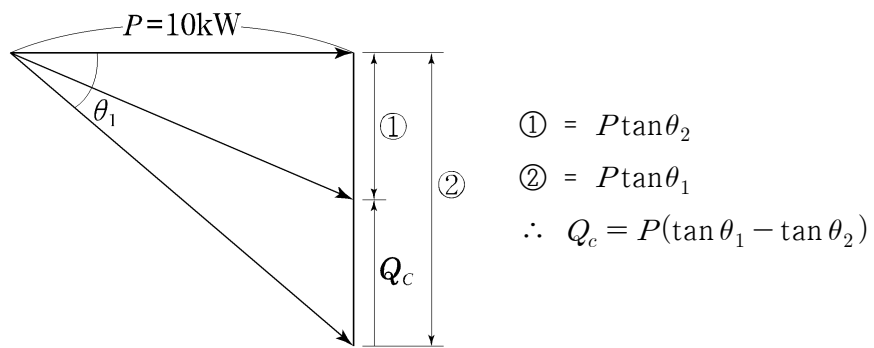
3-2

그림과 같은 회로에서 지상 역률 0.75로 유효전력 10kW를 소비하는 부하에 병렬로 콘덴서를 설치하여 부하에서 본 역률을 0.9로 개선하고자 한다. 콘덴서를 설치하여 역률을 0.9로 개선하였을 경우 부하전압을 220V로 유지하기 위하여 전원측에 인가해야 할 전압( $V_s$ )을 계산하시오.



답)

1. 역률을 0.75 → 0.9로 개선 시 필요한 콘덴서 용량  $Q_c$



$$Q_c = 10 \times 10^3 \{ \tan(\cos^{-1}0.75) - \tan(\cos^{-1}0.9) \} = 3976 \text{ (VAR)}$$

2. 콘덴서 설치 후  $X_c$ 에 흐르는 전류를  $I_c$ 라 하면 총 부하전류  $I$ 는

$$\dot{I} = \dot{I}_L + \dot{I}_c$$

여기서,  $\dot{I}_L = \frac{P_{Load}}{V \cos \theta_1} = \frac{10 \times 10^3}{220 \times 0.75} = 60.6 \angle -\cos^{-1}0.75 = 60.6 \angle -41.4^\circ$

$$\dot{I}_c = \frac{Q_c}{V} = \frac{3976}{220} = 18.1 \angle 90^\circ$$

$$\therefore \dot{I} = 60.6 \angle -41.4^\circ + 18.1 \angle 90^\circ = 45.45 - j22 \div 50.5 \angle -25.8^\circ$$

3. 부하전압을 220V로 유지 시 전원측 전압  $V_s$ 를 구하면

$$V_s = V + jX \times I \text{ 에서}$$

$$\therefore V_s = 220 \angle 0^\circ + j0.1(45.45 - j22) = 222.25 \angle 1.17^\circ \text{ (V)}$$

**고조파가 전력용 변압기와 회전기에 미치는 영향과 대책을 설명하시오.**

답)

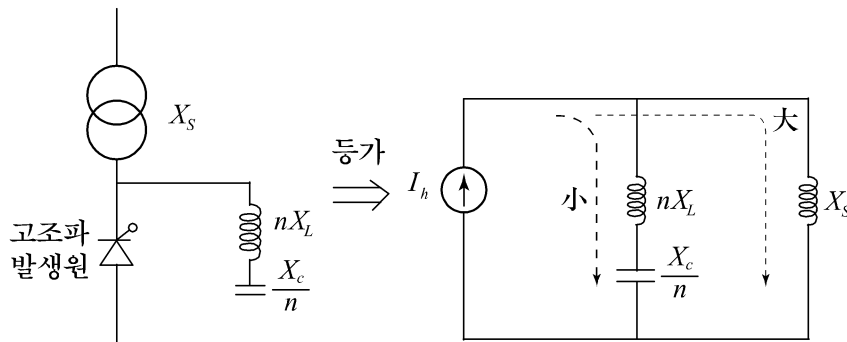
1. 개요

- 1) 변압기에 고조파가 흐를 경우 누설자속이 고조파의 영향을 받고, 이 고조파 자속에 의해 권선의 와류손과 기타 표류 부하손이 증가, 변압기 온도상승을 초래하므로 사용중인 변압기는 용량을 감소하여 운전해야 함
- 2) 고조파가 회전기에 미치는 영향의 대부분은 고조파 주파수에서 철손과 동손으로 인해 열의 증가와 함께 효율과 토크를 저하시키고 진동과 소음을 발생시키는 원인이 됨

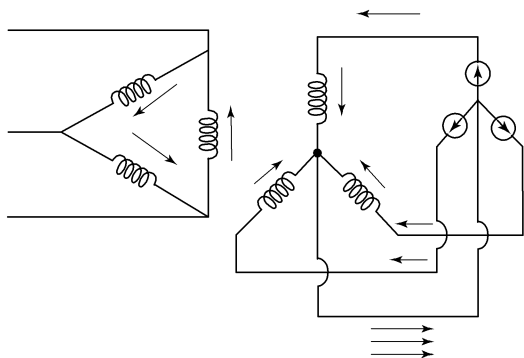
2. 고조파가 전력용 변압기에 미치는 영향

1) 변압기 권선의 과열 → 고조파 발생회로에서

(1)  $nX_L - \frac{X_c}{n} > X_s$ 일 때 변압기 쪽으로 고조파 전류 과대유입



(2) 고조파 전류가 변압기 Δ권선 내 순환에 의한 과열



$$\text{변압기 온도상승 } \Delta\theta = \Delta\theta_1 \times \left(\frac{I_e}{I_1}\right)^{1.6}$$

$I_1$  : 기본파 전류

$\Delta\theta_1$  : 기본파 전류에 대한 권선온도상승

$\Delta\theta$  : 유입변압기 온도 상승

$I_e$  : 고조파 전류를 포함한 등가전류

2) 변압기의 동손 증가

(1) 기본파전류에 고조파 전류가 포함 시 코일의 표피효과에 의해 동손 증가

(2) 동손 증가율

$$\textcircled{1} \Delta P_c = \frac{P_{cm}}{P_{cl}} \times 100 (\%)$$

② 제 5고조파가 10%포함시 동손은 약 5%증가

3) 변압기 철손 증가

(1) 철손은 히스테리시스손과 와류손으로 분류

(2) 따라서 철손은 주파수와 최대자속밀도의 비선형 함수임

4) 철심의 자왜현상으로 인한 이상음 발생

고조파 전류에 따른 변압기 철심의 자왜(磁歪)현상

: 주파수가 높을수록 증가 → 소음발생

5) 무부하시 변압기 권선과 선로 정전용량간 공진현상

변압기 단자측에서 본 임피던스가 전원측과 부하측에서 병렬공진이 형성되면 고조파 확대현상 발생하므로 유의

6) 절연열화

고조파전압 발생시 파고치를 증가시켜 절연변화의 원인

7) 변압기 출력감소

(1) 변압기 출력 감소율(THDF : Transformer Harmonics Derating Factor)

$$\text{3상부하의 경우 : THDF} = \sqrt{\frac{P_{LL-R}(pu)}{P_{LL}(pu)}} \times 100 (\%)$$

여기서,  $P_{LL-R}(pu) = 1 + P_{EC-R}(pu)$  : 정격시 부하손

$P_{LL}(pu) = 1 + K \cdot factor \times P_{EC-R}(pu)$  : 고조파 포함 부하손

$P_{EC-R}$  : 와류손

3. 고조파가 회전기기에 미치는 영향

1) 손실증가 : 동손 및 철손 증대

2) 소음 : 전자소음(고조파영향가장 큼), 통풍소음, 회전축 소음

3) 진동의 원인

(1) 상대기계를 포함시킨 회전체의 불평형

(2) 기계의 고유진동수와의 공진

(3) 전동기 맥동토크에 의한 상대적인 진동

4) 맥동토크

맥동토크의 영향은 구동 주파수가 낮을 때 즉 최대속도가 낮을 때 크다.

5) 역상전류에 의한 토크감소

역상 고조파전류 유입에 의한 역토크발생 → 전력 손실분으로 작용

#### 4. 대책

##### 1) 변압기에 대한 대책

- (1) 변환기의 다상화, 다펄스화
- (2) SC+SR설치(유도성 회로 구성)
- (3) 리액터(ACL, DCL) 및 Filter 채용(수동, 능동 Filter)
- (4) 변압기 고조파 내량 강화 K-factor에 따른 THDF 고려한 설계
- (5) 단락용량 증대
- (6) phase shift TR 채용

##### 2) 회전기기에 대한 대책

###### (1) 손실증가 방지대책

- 저항을 작게함
- 회전자저항의 주파수에 의한 2차동손 저감
- 자속밀도 저감으로 철손 감소

###### (2) 소음증대 방지대책

- 전동기 공진주파수를 벗어나게 함
- 전동기 자속밀도저감
- 전동기 공극자속 균일화
- ACL설치

###### (3) 진동 방지대책

- 커플링에 고무방진판 등으로 고주파진동 흡수
- 기기 몸체 밑에 방진고무 삽입
- 인버터 파형개선
- 전동기와 인버터간 ACL삽입

###### (4) 맥동토크 방지대책 : 고차 고조파 저감 $\rightarrow$ PWM채용시 $\frac{1}{4}$ 로 감소

###### (5) 발전기 역상고조파 유입방지 : 댐퍼권선 설치

답)

## 1. 개요

비상발전기 용량선정방식에는 일반부하계산방식이 있고 소방부하 계산방식이 있다 소방부하 계산방식에는 PG방식과 RG방식이 있으며 이를 기술하면 다음과 같다.

## 2. PG방식

(1)  $PG_1$ (정상운전상태에서 부하설비 가동)

$$PG_1 = \frac{\sum P_L}{\eta_L \times Pf_L} \times \alpha \text{ (kVA)}$$

$\sum P_L$  : 부하 출력합계(kW)

$\eta_L$  : 부하 종합효율(0.85)

$Pf_L$  : 부하 종합역률(0.8)

$\alpha$  : 부하율과 수용률 고려한 계수

(2)  $PG_2$ (최대값의 전동기 시동시 전압강하 고려)

$$PG_2 = P_m \cdot \beta \cdot C \cdot x_d' \times \frac{1 - \Delta V}{\Delta V} \text{ (kVA)}$$

(3)  $PG_3$ (최대값의 전동기를 맨 나중에 시동시)

$$PG_3 = \left( \frac{\sum P_L - P_n}{\eta_L} + P_n \cdot \beta \cdot C \cdot P_{fs} \right) \times \frac{1}{Pf_L}$$

$\beta$  : 전동기 kW당 시동 KVA

$P_{fs}$  : 전동기 기동역률(0.4)

$C$  : 전동기 시동계수

$P_m$  : 기동 KVA가 최대인 전동기 출력(kW)

$P_n$  : (기동 KVA-입력값)이 최대인 전동기 출력(kW)

## 3. RG방식

(1) 도입배경

① 기동방식의 변화 : Y- $\Delta$ , 리액터, 기동보상기 ...  $\rightarrow$  인버터 방식(현재 주류)

② 인버터 승강기 등 고조파 및 역상전류 고려 필요성

(2) 발전기 용량 (KVA) =  $RG \cdot K$

( $RG$  : 계수,  $1.47D \leq RG < 2.2$ ,  $D$  : 부하 수용률,  $K$  : 부하출력합계(kW))

(3) 계산방식(실용식)

①  $RG_1$ (정상부하 출력계수)

$$RG_1 = 1.47D \times S_f \quad (S_f : \text{불평형 부하의 선전류 증가계수})$$

②  $RG_2$ (허용 전압강하 출력계수)

$$RG_2 = \frac{1 - \Delta V}{\Delta V} \times x_d' \cdot \frac{K_s}{Z_m} \cdot \frac{M_2}{K}$$

$K_s$  : 시동방식 계수

$Z_m$  : 시동임피던스(pu)

$K$  : 부하 출력합계(kW)

$M_2$  : 최대 부하출력(kW)

③  $RG_3$ (단시간 과전류 내량을 고려한 계수)

$$RG_3 = 0.98d + \left( \frac{1}{1.5} \times \frac{K_s}{Z_m} - 0.98d \right) \times \frac{M_3}{K}$$

$d$  : 기저부하 수용률

$M_3$  : 단시간 과전류부하의 최대 부하출력(kW)

④  $RG_4$ (허용 역상전류 출력계수)

$$RG_4 = \frac{1}{KG_4} \times \sqrt{ \left( 0.432 \times \frac{R}{K} \right)^2 + \left( 1.25 \times \frac{\Delta P}{K} \right)^2 \times (1 - 3u + 3u^2) }$$

$KG_4$  : 발전기 허용 역상전류계수

$R$  : 고조파 부하 출력합계(kW)

$\Delta P$  : 단상 불평형 부하 출력합계(kW)

$u$  : 단상 불평형 계수

#### 4. 소방부하 산출방식 비교

구분	日本		美國
	PG방식(JISC-4204)	RG방식(NEGA C-201)	NEC
산출 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용량을 직접구함</li> <li>• <math>PG_1 \sim PG_3</math> 중 가장 큰 값 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 계수를 구한 후 용량을 구함</li> <li>• 산출용량 <math>G \geq RG \times K</math>에서 <math>RG = RG_1 \sim RG_4</math> 중 가장 큰 값 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 소 비상부하 합산</li> <li>• 발전기 용량 (kVA) = <math>\frac{\text{소방대상부하합계}}{\text{효율}}</math></li> </ul>
특징	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1983년에 일본에서 폐지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1986년 9월 일본 내연력 발전 설비협회에서 신규 제정</li> <li>• 고조파, 역상전류 고려(<math>RG_4</math>)</li> <li>• <math>1.47D \leq RG &lt; 2.2</math>내 선정</li> <li>• 계산이 복잡</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용량 산정방법이 간단</li> <li>• 가장 안전한 산출방법이나 비경제적임</li> </ul>
현 사용 국가	한국	일본 (한국 최근 일부사용)	북미, 중국 등

#### 5. 국내 적용상 문제점

- (1) 일본에서 폐기한 PG방식을 현재까지도 국내에서 적용
- (2) PG방식 사용시 기술환경 변화에 따른 데이터 필요
  - ① 전동기 인버터 기동방식에 대한 데이터가 없고, 고조파의 영향을 고려 안함 → 계산 결과 부정확함
  - ② 일부는 고조파에 대한 계수를 고려한 산출식을 만들어 사용하고 있으나 근거부족

#### 6. 결론

최근 전력전자 소자를 사용한 비선형부하가 급증하고 있는 가운데 전동기 기동방식도 인버터방식이 주류를 이루고 있어, 이로 인한 기기의 고조파 부하의 역상전류를 고려한 발전기용량 산정방법인 RG방식의 사용이 새로이 요구되고 있는 실정임

**변압기 보호용으로 비율차동계전기를 적용할 경우 고려사항을 설명하시오**

답)

1. 개요

- 1) 비율차동계전기(RDR)는 변압기 내부고장 보호용으로 사용되며 오동작 방지를 위해 억제 전류에 대한 동작전류의 비율이 일정치 이상일 때 동작하도록 한 계전기임
- 2) 대용량 특고압 변압기의 내부사고 보호를 위해 비율차동계전기 적용시 오동작이 발생하지 않도록 적정 전류탭 및 동작비율을 선정해야 한다.

2. 비율차동계전기 적용시 고려사항

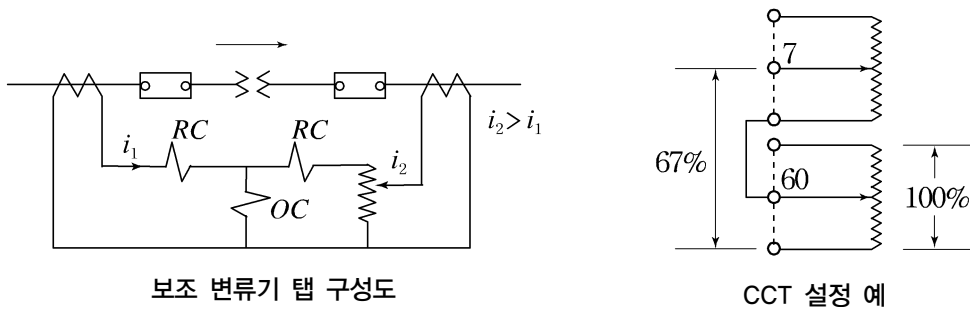
- 1) 위상각 보정 : 변압기 결선과 상반되게 CT회로 결선(예 : Y-Δ → Δ-Y)
- 2) 전류탭(CCT)보정 : 변류기 특성 오차에 의한 CT 2차 전류차 보정  
 변압기 1차측 변류기의 2차 전류와 2차측 변류기의 2차 전류가 같도록 선정

(1) 보조 변류기 탭에 의한 방법

$$\begin{cases} i_1 > i_2 \text{이면 } i_1 \text{ 쪽에 변류비 } \frac{i_2}{i_1} \text{ 의 것을} \\ i_1 < i_2 \text{ 이면 } i_2 \text{ 쪽에 변류비 } \frac{i_1}{i_2} \text{ 의 것을 삽입한다.} \end{cases}$$

CCT의 1,2차간 Ampere-turn은 같아야 하므로 전류가 적은 쪽을 100turn으로 하면

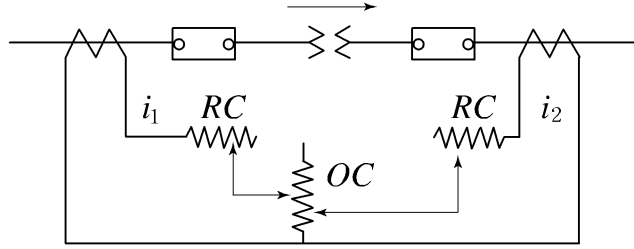
$$i_1 < i_2 \text{ 이면 } i_1 \times N_1 = i_2 \times N_2 \text{ 에서 } i_2 \text{ 쪽에 } N_2 = \frac{i_1}{i_2} \times 100(\%) \text{ 의 권선탭 선정}$$



(2) 계전기 Coil탭에 의한 방법

- $i_1, i_2$  중 큰쪽을 큰탭이 있는 Coil쪽에
- $i_1, i_2$  중 작은 쪽을 작은 탭이 있는 Coil쪽에 접속한다.

$$\text{즉 } \frac{i_1}{i_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ 에 가까워지도록 탭 } T_1, T_2 \text{ 를 정정함}$$



계전기 탭 구성도

3) 변압기 TAP(OLTC)변동에 따른 변류비 보정

4) 동작비율 선정

동작 비율은 모든 오차요인에 의한 오동작을 방지하기 위해 다음과 같은 오차비율(%)의 합계 이상으로 정정함

(1) 변압기(OLTC) 탭 오차 : 10%

(2) 변류기 오차 : 10%(2개 기준 : 5%×2)

(3) 탭 부정합률 : 5% 이하

$$\text{탭 부정합률(\%)} = \begin{cases} B > A \text{ 일 때 } \frac{B-A}{A} \times 100(\%) \\ B < A \text{ 일 때 } \frac{A-B}{B} \times 100(\%) \end{cases}$$

여기서,  $\begin{cases} A : \text{정정탭의 비} \\ B : \text{CT 2차 전류의 비} \end{cases}$

(4) 여유도 : 5%

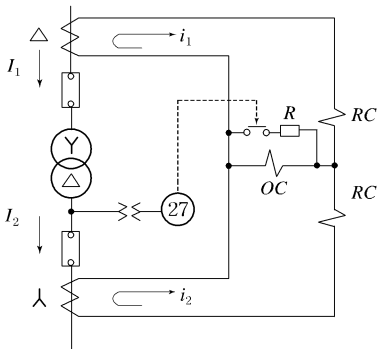
5) 여자돌입전류에 대한 오동작 대책

(1) 감도저하법

① 한시동작계전기 이용

변압기 투입시 동작 Coil을 약 수초동안 Bypass하여 감도저하 후 Bypass 접점을 open하여 정상복귀

② 부족전압 계전기 이용



변압기 투입시 순간적인 전압강하 이용, 동작 Coil을 Bypass한 후 정상복귀

③ Trip-Lock 법 : 변압기 투입 후 일정시간 Trip회로를 Lock-out 시킴



답)

## 1. 개요

최근 국내의 전기화재현황을 조사한 결과 전체 화재 중 점유율 약 25.4%로 선진국에 비해 월등히 높은 수준으로 나타나 이에 대한 대책이 필요함

## 2. Cable화재현상 및 특징

1. 화재발생(1차 재해)	큰 연소력 → 화재급속확대 → 재산피해
2. 연소가스(2차 재해)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 진한연기, 유독가스 : 소화활동장해, 인명피해</li> <li>• 연소시 염화수소 발생 : 고가 기기 부식</li> </ul>
3. Cable 부설경로 연소특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 밀폐덕트, pit 내부 : 축열효과</li> <li>• 수직덕트, Shaft : 굴뚝효과</li> </ul>

## 3. Cable 화재 원인

내부적 원인	외부적 원인
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단락 &gt; 과부하 &gt; 누전 &gt; 지락 &gt; 접촉불량</li> <li>• 허용전류 감소에 의한 열화 → 전선 열화, 다조부설이 원인</li> <li>• 절연 파괴부 아크열</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용접불꽃</li> <li>• 접속기기류 과열</li> <li>• 가연물 점화</li> <li>• 방화, 낙뢰</li> </ul>

## 4. 대책

## 1) 전력간선 선정

(1) 일반적인 고려사항 : 허용전류, 전압강하, 기계적강도, 기타(장래 부하증설, 고조파 부하 등)

(2) Cable 발화특성 고려

① 내열, 난연, 내화성

② 연소가스(유독성, 저독성, 부식성)

(3) 방재용 전력간선 선정

① 일반 난연 Cable

종류	600V F-CR(FR-CV), TFR-CV(Tray용)
용도	일반 저압 전력 간선용

② 저독성 난연 Cable : 기존 Cable에 시즈층을 HF 난연 보강

종류	600V HF 난연 Cable	22.9kV-Y FR-CNCO-W
용도	지하 전력구, 지하철, 병원 대형빌딩, 호텔	전력구, 공동구내 적용 22.9kV-Y계통의 지중선

③ 소방용 Cable

종류	내열전선(FR-3)	내화전선(FR-8)
내열특성	380℃/1분간 견디는 전선	840℃/30분간 견디는 전선
용도	신호용(600V이하 회로) 비상방송, 각종 화재경보배선	강전용(600V이하 회로) 옥내소화전, Sprinkler펌프배선

④ MI Cable : 도체에 고순도 무기절연체( $MgO_2$ )로 절연

종류	1심, 2심, 4심, 6심용
특징	내열, 내연, 내부식성, 방수, 방습성, 유연성
용도	비상 E/V 및 소방 pump 전원, 화학플랜트 및 방폭지역

2) 전력간선 시설방법

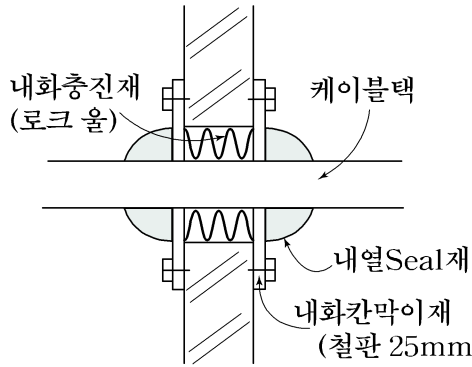
(1) 간선의 내화, 내열 배선 시설 방법(건축법 시행령 제 10조 2항)

사용전선	구분	시설방법
HIV, CV 클로로프렌 외장 Al피, 연피 CD Cable Bus Duct	내화 배선	• 금속관, 2중 금속제 가요관, 합성 수지관 사용 • 내화구조의 벽 또는 바닥에 깊에 25mm이상 배설
	내열 배선	• 금속관, 금속제 가요관, 금속덕트, 불연성 덕트내 시설하는 Cable 공사방법에 따름
	기타	• 내화성능을 갖는 배선 전용실 및 Shaft, pit, Duct 등에 설치 • 타 배선과 공용시 150mm 이상 기격, 또는 최대 배선 지름의 1.5배 이상 높이의 불연성 격벽 설치
내열, 내화, MI Cable		• Cable 공사방법에 따름

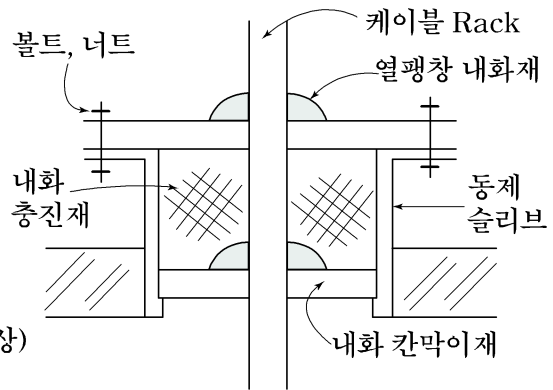
(2) Cable 방화대책

① 신설 Cable

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



방화구획 관통부 조치공법



바닥위 슬리브 공법

② 기설 Cable

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

③ Cable 부설경로

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

3. 결론

- 1) 빌딩의 고층화, 전전화, IB화에 따라 Cable 화재 피해도 날로 증가 추세
- 2) Cable 화재의 2차적 피해 확산 방지를 위해 저독성 난연 Cable의 사용확대 및 건축물의 방화구획, 관통부의 방화조치 등이 필요하다.