112회 기출문제

# 건축전기설비기술사

서학범 교수
한솔아카데미

**1교시 문제**

1-1. 건축물 설계에서 건축 설계자와 협의하여 평면계획에 포함 되어야 할 전기설계 내용에 대하여 설명하시오.

1-2. 보호계전기의 동작시간 특성에 대하여 설명하시오.

1-3. 변압기용량 5000kvA 변압기의 효율은 100% 부하시 99.8%, 75% 부하시 99.17%, 50% 부하시 99.20%라 한다. 이와 같은 조건에서 변압기의 부하율 65%일 때의 전력 손실을 구하시오. (단, 답은 소수점 첫째 자리에서 절상)

1-4. OLED 조명과 LED 조명을 비교 설명하시오.

1-5. 변압기의 소음발생원인 및 대책에 대하여 설명하시오.

1-6. 가스절연개폐장치의 장단점을 설명하시오.

1-7. 전력 산업에 적용이 가능한 에너지 하베스팅 기술에 대하여 설명하시오.

1-8. 규약표준 충격전압파형에 대하여 설명하시오.

1-9. 수요자원(DR) 거래 시장에 대하여 설명하시오.

1-10. 단락고장시 역률이 저하되는 이유에 대하여 설명하시오.

1-11. 차단기 트립시 이상전압이 발생하는 이유에 대하여 설명하시오.

1-12. 조명설계에서 조명 시뮬레이션의 입력데이터와 출력결과물에 대하여 설명하시오.

1-13. 배전선로의 전압강하율과 전압변동률에 대해 설명하시오.

**2교시 문제**

2-1. 변압기 2차측의 모선방식에 대하여 설명하시오.

2-2. 단락전류의 종류와 계산방법에 대하여 설명하시오.

2-3. 전력용 콘덴서의 절연열화 원인과 대책에 대하여 설명하시오.

2-4. 분산형전원을 배전계통에 연계시 고려사항에 대하여 설명하시오.

2-6. 콘크리트 구조물에서 KSC IEC 62305 피뢰시스템의 자연구성 부재를 사용하는 요건에 대하여 다음 내용을 설명하시오.

**3교시 문제**

3-1. 노이즈 방지용 변압기에 대해서 설명하시오.

3-2. 축전지의 용량산정시 고려사항에 대하여 설명하시오.

3-3. 에너지 저장장치(ESS)의 출력과 용량을 구분하고 전력계통의 활용 분야를 설명하시오.

3-4. 병원설비의 매크로쇼크(Macro Shock) 및 마이크로쇼크(Micro Shock)에 대한 방지대책과 개정된 전기설비기술기준의 판단기준 249조의 절연감시장치에 대하여 설명하시오.

3-5. 케이블 수트리에 대하여 다음 내용을 설명하시오.

3-6. 건설공사의 효율성을 높이기 위하여 적용되고 있는 BIM에 대하여 설명하시오.

**4교시 문제**

4-1. 눈부심(Glare)에 대하여 다음 내용을 설명하시오.
1) 눈부심의 원인 및 영향
2) 눈부심에 의한 빛의 손실
3) 눈부심의 종류 및 대책

4-2. 전력품질(Power Quality)에 대하여 설명하시오.

4-3. 직류차단기의 종류와 소호방식에 대하여 설명하시오.

4-4. 변압기 병렬운전조건 및 붕괴현상에 대하여 설명하시오.

4-5. KSC IEC 60364-4-41의 감전보호체계에 대하여 설명하시오.

4-6. 접지전극 부식 형태를 구분하고 이종금속 결합에 의한 부식원인 및 방지 대책을 설명하시오.

## 문 1-1) 건축물 설계에서 건축 설계자와 협의하여 평면계획에 포함 되어야 할 전기설계 내용에 대하여 설명하시오.

### 해설)

1) 옥외 전력 및 통신인입
맨홀 위치 및 지중 인입루트

2) 건축물 내 전기설비-위치,면적,구조 협의
① 전기실 : 장비반입구,PAD,수배전반 Lay-out 등
② 발전기실 :
• 장비 반입구,PAD,제어반,급.배기 및 DA(Dryarea) 등
• 전기실과 인접한 장소
③ 축전지실 : 통풍,환기시설 고려
④ 중앙감시실 : 전기실,발전기실등과 연계제어가 용이한 장소
⑤ EPS실 : TPS와 별도 실 분리여부,장래배선 여유고려
⑥ 동력실 : MCC반 Lay out, PAD 설치위치

3) 피뢰설비
① 수뢰부 위치
② 인하도선
③ 자연적 구성부재의 활용(전기적 연속성 검토)

4) 신재생에너지
① 옥상 태양광 설치
② BIPV검토(창문 벽 태양광 판넬마감)

5) 조명
① 건축화 조명
② 경관조명
③ 옥외 보안등(가로등)

## 문 1-2) 보호계전기의 동작시간 특성에 대하여 설명하시오.

## 해설)

### 1. 개요

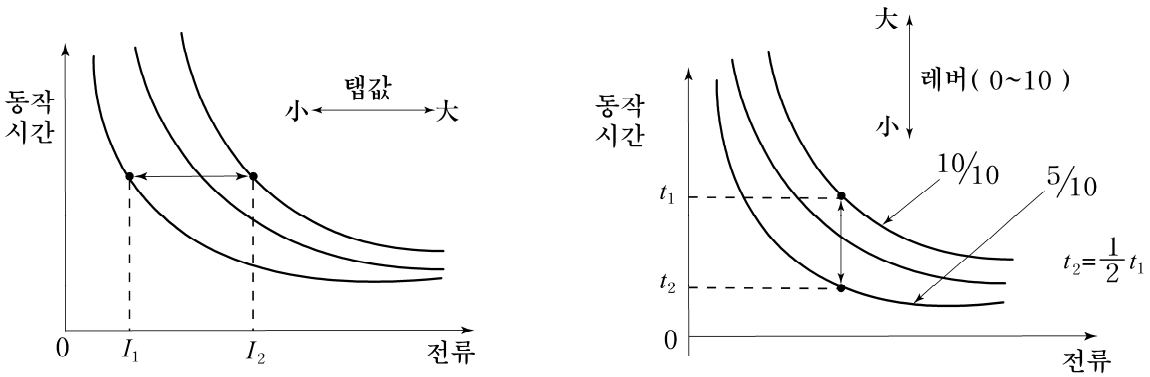
보호계전기란 전류가 예정값 이상 되었을 때 동작하는 계전기로써 용도가 대단히 넓고 단락보호용(과부하 포함)과 지락 보호용으로 주로 사용

### 2. 보호 계전기의 동작시간 특성

(1) 반한시 특성

① 계전기 Coil에 흐르는 전류가 증가함에 따라 동작시간이 반비례적으로 감소하는 특성

② 동작시간 전류특성은 계전기의 전류탭 및 타임레버에 의해 변화




탭정정 (레버고정) 레버정정 (탭 고정)

OCR 동작시간-전류 특성곡선 변화

(2) 정한시 특성

① 계전기 동작 Coil에 유입하는 입력전류가 정정치 이상이면 입력량에 관계없이 거의 일정한 시간에서 동작하는 것

② 일반적으로 한시계전기와의 조합(반한정시 특성)에 의해 사용

③ 주로 고속도형(정정치의 200% 입력으로 40ms 정도)

④ 적용 : 유도원판형, Plunger형, 정지형

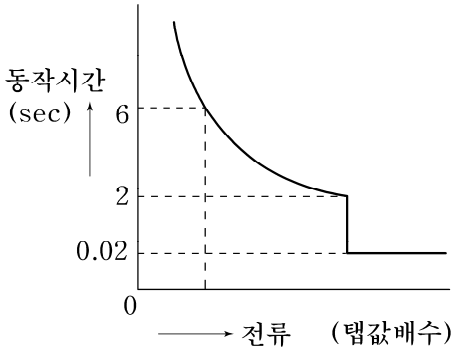
(3) 반한시-순시조합 특성(51/50)

① 반한시 특성에 순시요소 부가

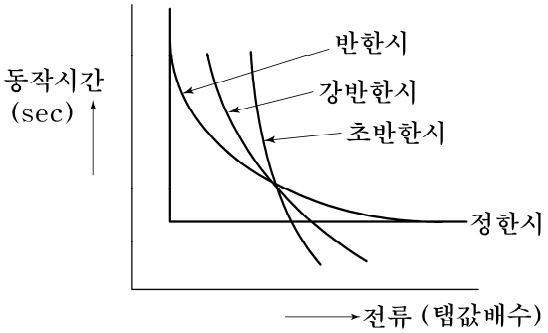
{ 순시요소(50) : 단락보호용 → 대전류 순시차단
{ 반한시요소(51) : 과부하 or 후비보호

### 3. 강반한시, 초반한시 특성

반한시 특성이 보다 강한 것으로 한시차정정의 단수가 많은 곳에서는 정정 곤란




반한시 – 순시조합특성

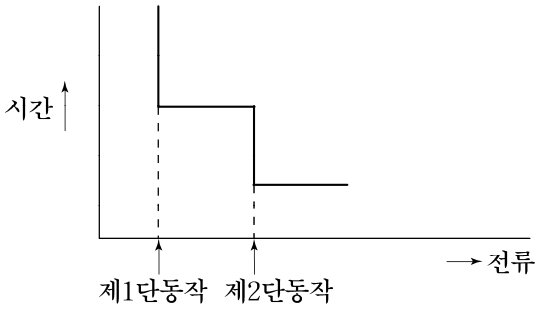



계전기 동작시간 특성

### 4. 단한시 특성

(1) 일종의 반한 – 정시 특성

(2) 정지형 계전기에서 사용



문 1-3) 변압기용량 5000kvA 변압기의 효율은 100% 부하시 99.8%, 75% 부하시 99.17%, 50% 부하시 99.20%라 한다. 이와 같은 조건에서 변압기의 부하율 65%일 때의 전력 손실을 구하시오.
(단, 답은 소수점 첫째 자리에서 절상)

해설)

1. 변압기 효율 및 손실

1) 효율= $\frac{\text{출력}}{\text{입력}}\times 100(\%)=\frac{\text{출력}}{\text{출력}+\text{손실}}\times 100(\%)$

2) 손실= $\frac{\text{출력}}{\%\text{효율}}\times 100-\text{출력 (kVA)}=\text{출력}\times\left(\frac{100-\%\text{효율}}{\%\text{효율}}\right)$

(1)100% 부하시의 손실=$5000\times\left(\frac{100-99.08}{99.08}\right)=46.4\text{kW}$

(2) 50% 부하시의 손실=$\frac{5000}{2}\times\left(\frac{100-99.2}{99.2}\right)=20.2\text{kW}$

(3) 70% 부하시의 손실=$5000\times 0.7\times\left(\frac{100-99.18}{99.18}\right)=28.9\text{kW}$

2. 철손을 $P_i$, 동손을 $P_c$라 하면

1) $46.4=P_i+P_c$.....(1)

2) $20.2=P_i+(1/2)^2P_c$.....(2)

식(1)과(2)를 연립하여 풀면

$P_i$=11.5kW $P_c$=34.9kW

3. 65%부하시의 동손=$34.9\times(0.65)^2=14.7\text{kW}$

65%부하시 총 손실=11.5+14.7=26.2kW ⇨ ∴26kW

## 문 1-4) OLED 조명과 LED 조명을 비교 설명하시오.

### 해설)

1. 개요

LED와 OLED는 전기 에너지를 직접 광으로 변환시키는 고체 발광소자로써 저소비전력과 장수명의 특징을 지니며 기존 백열전구와 형광램프를 대신할 차세대 친환경적인 광원으로써 주목을 받고 있다.

2. 에너지 Gap과 발광파장 관계

(1) $\lambda = \frac{h \cdot C}{E_g} \simeq \frac{1240}{E_g}$ (mm)

여기서, $\lambda$ : 발광파장(mm)

$h$ : plank 상수

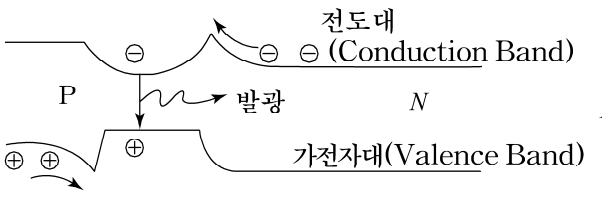
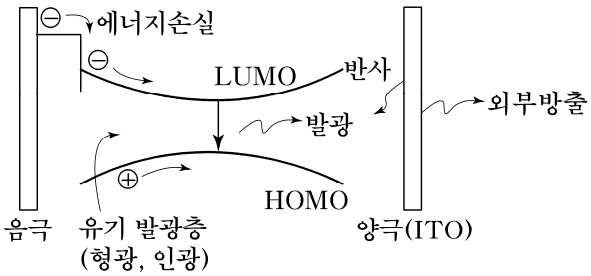
$C$ : 광속도

$E_g$ : 반도체의 Energy Gap(eV)

(2) 에너지 Gap이 클수록 짧은 파장(청색계)

(3) 에너지 Gap이 작을수록 긴 파장(적색계)

3. 발광원리

| LED | OLED |
|---|---|
| 특정 원소의 반도체에 순방향 전압을 인가 → PN 접합부를 통해 전자와 정공이 이동 → 상호 재결합 과정에서 전도대의 전자들이 가전자대의 정공(빈자리)으로 떨어지면서 에너지 Band Gap에 의해 빛 방출 | OLED 소자에 순방향 전압 인가 → 양극에서는 HOMO로 정공이 주입되고, 음극에서는 LUMO로 전자가 주입 → 주입된 전자, 정공이 유기층 분자간을 Hopping하면서 이동 → 이 유기층 내에서 전자와 정공이 재결합(즉, Excition이 기저상태로 천이) → 빛 방출 |
|  |  |

4. 특징

| LED | OLED |
|---|---|
| 1. 다양한 색상발광 → 고휘도 백색 광원 구현가능<br>2. 소형화, 저소비전력, 장수명(10만 시간)<br>3. 뛰어난 내구성, 빠른 점소등, 조광용이, 냉광<br>4. 친환경 광원, 에너지절감<br>5. 좁은 파장대의 점광원으로써 직진성, 시인성 우수<br>6. 단점 : 고가, 발열대책 필요, 효율 불투명 | 1. 자발광의 고휘도 면광원(Back Light 불필요)<br>→ 휘도 15배, 명암비 200:1<br>2. 고효율, 저전력(1/3), 낮은 구동전압<br>3. 빠른 응답속도(10㎲이하, 1,000배)로 잔상이 없다<br>4. 넓은 시야각, 유연성(전자 paper)<br>5. 공정단순, 초박형 → 제작 공정수 1/3, 두께 1/5~1/10<br>6. 내진, 내열성 우수<br>→ 열이 거의 발생 없고 -40~120℃의 넓은 온도범위에서 작동<br>7. LED에 비해 발광효율 낮고 고가 |

## 문 1-5) 변압기의 소음발생원인 및 대책에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

**1) 소음 발생원 종류**

(1) 변압기
(2) 차단기
(3) 공기압축기
(4) 송풍기 및 비상 발전기

2. 변압기 소음 발생원인과 방지대책

**1) 소음 발생원인**

(1) 철심의 자왜현상에 따른 진동에 의한 것 → 고조파 영향
(2) 철심 이음새 및 성층간 작용하는 전자력에 기인하는 진동에 의한 것
(3) 권선 전자력에 기인하는 진동에 의한 것
(4) 냉각팬, 송유펌프 등에 의해 발생

**2) 소음저하 대책**

(1) 자속밀도의 저감 → 1,000Gauss에 대해 2~3폰
(2) 철심과 탱크간 방진 고무 삽입 → 약 3폰
(3) 철판 1중, 2중 방음벽 설치 → 약 10~20폰
(4) 콘크리트 방음벽 설치 → 약 30폰
(5) 기타 차음 울타리 설치 → 약 15폰

## 문 1-6) 가스절연개폐장치의 장단점을 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

GIS(Gas Insulated Switchgear)란

철재 용기내 모선, 차단기, 단로기 등을 넣고 $SF_6$가스를 충진, 밀폐시킨 가스절연 개폐장치

2. $SF_6$가스의 특성

| 물리, 화학적 특성 | 전기적 특성(부특성) |
|---|---|
| • 무색, 무취, 무미, 무독 | • 절연내력 높다(공기의 2~3배) |
| • 불연성, 불활성 | • 소호성 우수(공기의 100배) |
| • 열전달성, 열적 안전성우수 | • 절연회복 빠름 |
| • 액화성(대기압 : -64℃) | • 아크안정 |

3. GIS(Gas Insulated Switchgear)의 장단점

1) 장점

- Compact화 : 설치면적축소(기존의 25%)
- 안전성 향상 : 감전 및 화재위험 적다
- 고 신뢰성 : 열화 및 사고확대 방지
- 유지관리용이 : On-Line진단
- 환경성 : 염진해, 소음, RFI감소
- 경제성 : 토지비용절감, 공기단축(20%~40%)

2) 단점

- 가스압력, 수분 감시필요
- 한랭지 액화 방지대책 필요
- 부적절 대응시 사고확대유발
- 육안점검불가, 부품교환 어려움
- $SF_6$가스 유출시 지구환경오염(오존층파괴)
- 초기투자비 고가

## 문 1-7) 전력 산업에 적용이 가능한 에너지 하베스팅 기술에 대하여 설명하시오

### 해설)

1. 에너지 하베스팅이란
   버려지는 에너지를 수확(harvesting) 또는 이용(scavenge)하여 에너지를 재생산하는 기술

2. 전력 산업에 적용 가능한 기술
   1) 태양광
   2) 태양열(국외)
   3) 해양열
   4) 발전소 폐열
   5) 공업 폐열
   6) 쓰레기 소각 폐열
   7) 진동에너지 – 철도 등 교량
   8) 압전에너지 - 과속방지턱, 통행료톨게이트, 횡단보도점자선
   9) MHD발전
   10) 위치 에너지 - 수력(옆으로 흐르는 물 이용)

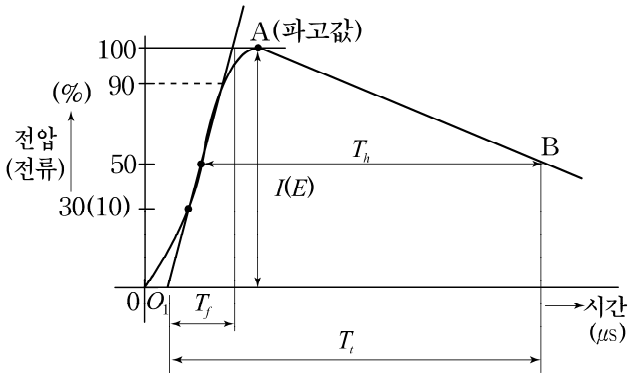
3. 에너지 출력량과 적용
   1) 소전력: 인체삽입형의료기 0.1~10mw/$cm^3$
   2) 중전력: 휴대용기기 센서등 10~500mw/$cm^3$
   3) 대전력: 자동차,도로,철도 등 500mw/$cm^3$ 이상

4. 적용 예)
   1) 네덜란드: 운동클럽 → 바닥진동발전
   2) 이스라엘: 도로압전발전

## 문 1-8) 규약표준 충격전압파형에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 규약표준 충격전압파형
   1) 규약적으로 정한 단시간 과도적으로 나타나는 충격파로써
      각종 기기의 절연강도 및 절연 협조에 이용됨
   2) 표준충격전압파형은 1.2 × 50μs
      : 파두시간(파두장)이 1.2μs이고 반파고시간(파미장)이 50μs인 충격전압 파형
2. 규약원점(규약0점)
   전압파고치의 30%와 90%지점을 직선으로 연결하여 시간축과 만나는
   지점을 말한다.(전류는 10%와 90% 이다)
3. 규약파두준도= 전압파고치/ 규약파두시간 ( kV/μS)
4. 50% 섬락전압
   표준충격파형을 몇 번 인가하여 섬락되는 횟수가 인가한 횟수의 50%가
   되는 경우의 인가전압의 파고치를 말한다.




$O_1$ : 규약 0점　$OA$ : 파두장
$AB$ : 파미장　$I(E)$ : 피크전류(피크전압)
$T_f$ : 파두시간
$I(E)$ : 피크전류(전압)
$T_t$ : 파미시간, $T_h$ :반파고시간

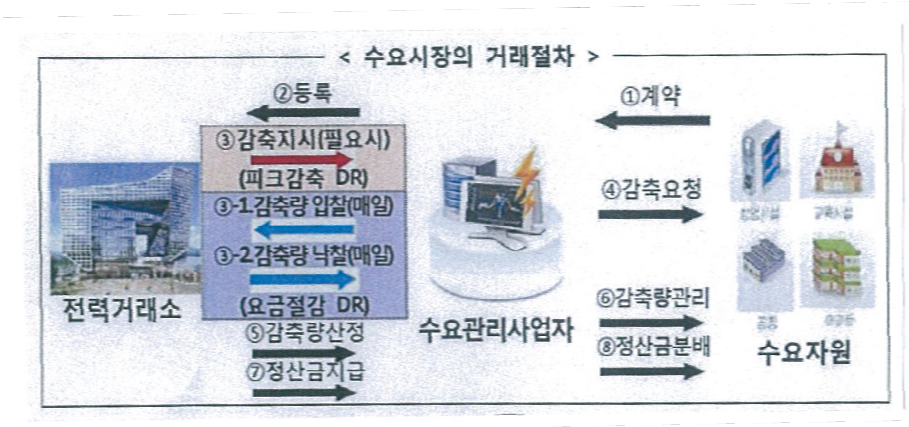
전압파형 : $1.2\times50\mu s$
전류파형 : $8\times20\mu s$

## 문 1-9) 수요자원(DR) 거래 시장에 대하여 설명하시오.

### 해설)

1. 수요자원 거래시장이란
   1) 전기 소비자가 수요반응참여고객이 되어 금전적 이유 등으로 자발적 반응을 하여 중개상(수요관리 사업자)에게 자신의 전력 (수요자원)을 위탁 거래하는 것

2. 흐름도




3. 수요자원의 종류

   1) 표준DR(신규)
      ① 자원구성: 100MW~500MW
      ② 발령조건:최소 1시간~최대 4시간,2회/일(연속)
      ③ 모든 계약종별 참여가능(단,산업용은 2MW이하만 가능)
      ④ 등록시 RRMSE면제

4. 급전지시
   1) 운영예비력 500만 kw 이하가 될 경우 (준비/관심)
   2) 직전 동기간 피크 기간의 최대전력을 갱신 예상되는 경우
   3) 목표 수요를 초과하거나 예상되는 경우
   4) 수요예측오차 및 발전기 고장등으로 전력거래소가 전력부하 감축이 필요하다고 인정하는 경우

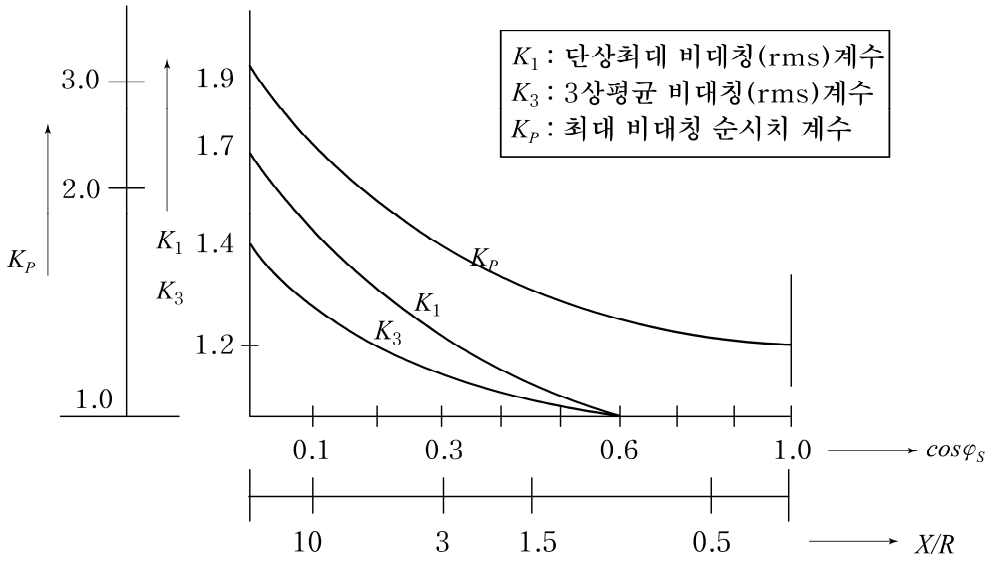
## 문 1-10) 단락고장시 역률이 저하되는 이유에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 단락고장시 역률저하이유

단락고장 과도시에는 단락 전류에 포함되어 있는 직류분을 포함한 비대칭전류가 흐르는데 X/R비의 크기에 따라 비대칭계수가 달라지며 X/R비가 클수록 역률이 저하된다.
일반적으로 고압회로에 있어서는 전원측의 저항은 리액턴스에 비하여
무시할 수 있을 정도로 작기 때문에 단락전류는 전원 전압에 비하여 위상각이 거의 90° 늦게 된다.
따라서 단락역률도 매우 낮게 된다.

2. X/R비에 의한 단락역률관계



## 문 1-11) 차단기 트립시 이상전압이 발생하는 이유에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

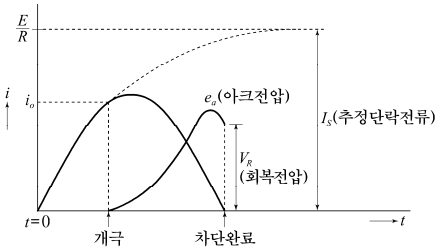
   차단기 트립시 이상전압이 발생하는 이유는 계통의 L.C에 의해 좌우되며 회로조건에 따라 달라진다.

2. 이상전압 발생유형

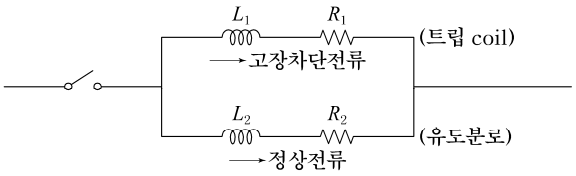
   1) 직류차단시 이상전압

      (1) 직류는 전류 0점이 없어 차단시 전류 절단현상 발생

      (2) 아크전압을 회복전압 이상 높여 한류차단



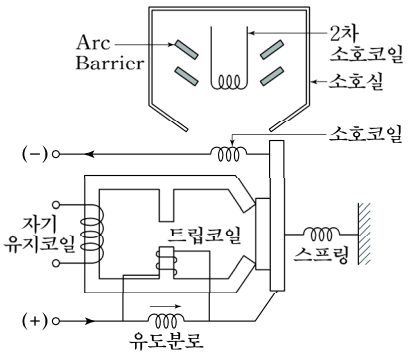

직류회로 차단시 파형



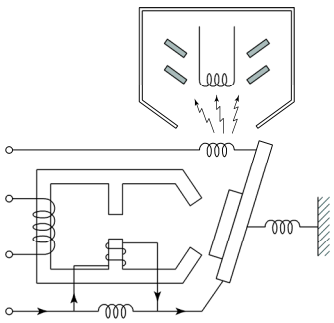

유도분로와 선택차단

정상시 $R_1 > R_2$

고장시 $L_1 < L_2$




폐로시 정상전류 흐름



개로시 고장전류 흐름

2) 교류차단시 이상전압

(1) 지상회로

재기전압 or 과도회복 전압(Tramsient Recovery Voltage : $V_{tr}$ ) 발생

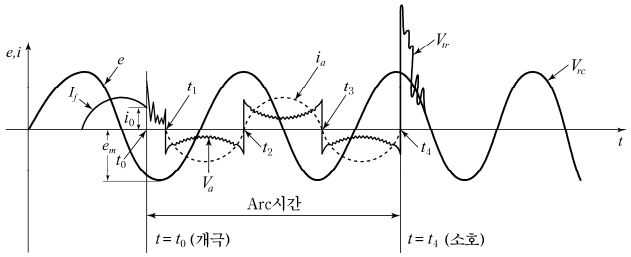
① 고장전류가 완전차단 직후 아크전압이 전원전압으로 복귀하려는 순간에 발생하는 과도 진동 이상전압

$V_{tr} = e_m \left\{ \sin(\omega t + \varphi) + \varepsilon^{-\alpha t} \cos\omega_o t \right\}$

단, $\alpha = \frac{R}{2L}$ (감쇠계수)

$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ (비감쇠 고유주파수 or 과도 진동주파수)

② 과도진동 주파수는 회로의 L-C에 의해 정해짐 → $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Hz)



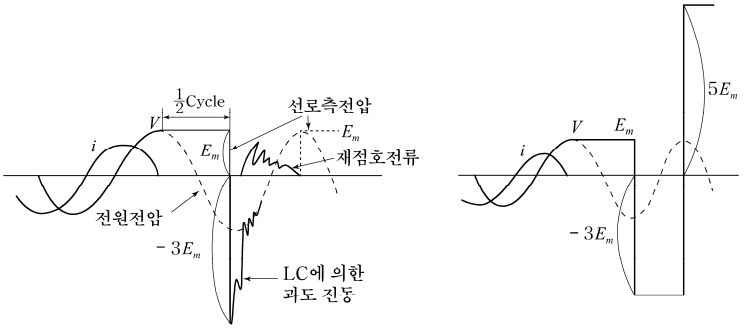

(2) 진상회로

차단시 재점호서지 발생

① 무부하 선로의 충전전류를 차단하는 경우 전류의 위상이 전압보다 90°앞서게 된다.

② 차단시 전류 영점에서 전압은 최대 $E_m$이고 선로에 그 전압이 잔류한다.

③ $\frac{1}{2}$Cycle후에는 차단기 극간에 $E_m - (-E_m) = 2E_m$이 인가되어 절연회복이 충분치 못하면 재점호되고 잔류전압이 급격히 전원전압으로 되돌아가려고 진동을 발생, 최대 $3E_m$에 이르는 서지 발생



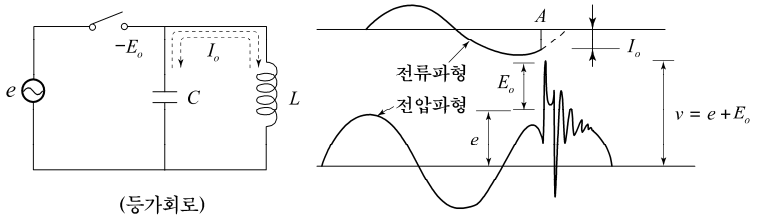

(무제동시)

(3) 유도성 소전류 차단

전류 절단 서지 발생

① 지연 소전류 차단시 전류의 자연 0점이 아닌 곳에서 강제 차단시 발생

② 그림의 A점에서 전류절단 발생시 부하 L에 축적된 전자(電磁)에너지가 부하의 대지정전용량 C를 충전하는 정전(靜電)에너지로 변환됨




(등가회로)

③ 이때 L, C간 전기 진동이 일어나면서 극간 서지 $v$가 발생함

$$\frac{1}{2}Ce^2 + \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}Cv^2 0$$

$$v = \sqrt{\frac{L}{C}I^2 + e^2 0} \simeq \sqrt{\frac{L}{C}}I_0$$

$I_0$ : 전류절단값

$E_0$ : 전류 절단 순간의 부하측 대지전압

## 문 1-12) 조명설계에서 조명 시뮬레이션의 입력데이터와 출력결과물에 대하여 설명하시오.

### 해설)

1. 입력데이터 (KEBIM 예)
   1) 사무실 공간
      (1) 용도
      (2) 규격
      (3) 사용광원
      (4) 조명방식
      (5) 광색
      (6) 램프효율
      (7) 조명기구수
      (8) 기준조도
      (9) 보수율
      (10) 작업면높이
   2) 적용라이브러리 결정
      (1) 천장매입하면 개방
      (2) 하면 파라 보릭루바
      (3) 하면 플라스틱루바
   3) 적용반사율조건
      조건1 천장 80% 벽 50% 바닥 10%

2. 출력 결과
   1) 조도 계산결과
      (1) 조건별 조도계산결과값
      (2) 조건별 사무실 조도 뷰어

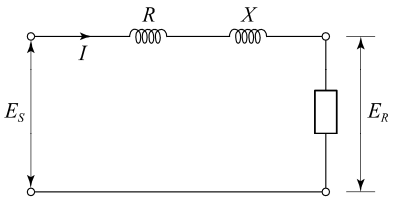
## 문 1-13) 배전선로의 전압강하율과 전압변동률에 대해 설명하시오.

### 해설)

1. 전압 강하율

   1) 임의의 송수전단 구간에서 부하 변동에 따른 전압 강하폭이 수전단 전압에 대해 어느 정도 되는가를 백분율로 나타낸 값

   2) $\varepsilon = \frac{\triangle E}{E_r} \times 100 = \frac{E_s - E_r}{E_r} \times 100(\%) = \frac{kI(R\cos\theta + X\sin\theta)}{E_r} \times 100(\%)$

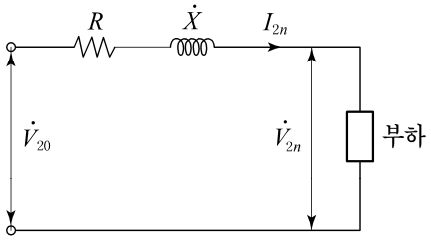



$\begin{cases} \Delta\dot{E} : \text{전압강하} \\ \dot{E}_S : \text{전원전압} \\ \dot{E}_R : \text{부하측 전압} \end{cases}$

2. 전압 변동률

   변압기에 정격 부하를 접속하고, 1차측 전압을 조정하여 2차 전압이 정격치와 같게 되었을 때, 1차 전압을 그대로 두고 부하를 떼어버리면 2차 전압이 상승하게 되는데, 이를 2차 정격 전압에 대한 백분율로 나타낸 것

$$\varepsilon = \frac{\dot{V}_{20} - \dot{V}_{2n}}{\dot{V}_{2n}} \times 100(\%)$$




1차를 2차로 환산한 저항, 리액턴스

$$R = \frac{r_1}{a^2} + r_2$$

$$\dot{X} = \frac{\dot{x}_1}{a^2} + \dot{x}_2$$

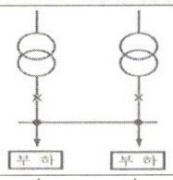
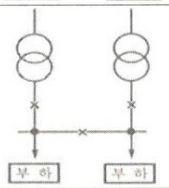
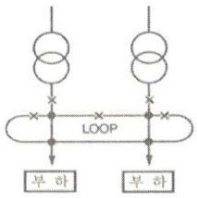
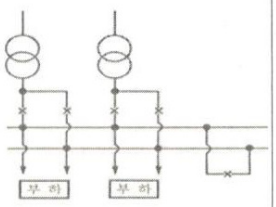
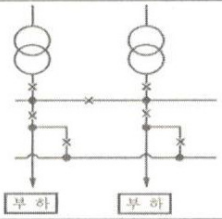
## 문 2-1) 변압기 2차측의 모선방식에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

변압기의 모선방식에는 단일모선,이중모선,루프모선방식으로 구분하며 선정시 부하의 중요도,설비용량,운용방법등을 고려하여야 한다

2. 모선 구성방식

| 구분 | 구성도 | 특징 |
|---|---|---|
| 단일 모선 |  | ① 가장 간단, 경제적<br>② 모선 사고 및 점검 시 정전 필요 |
| 전환가능 단일모선 |  | ① 간단, 경제적, 가장 많이 사용<br>② 한쪽뱅크 모선 사고시에도 모선 연락차단기를 개방하고 건전 뱅크에서 부하 공급이 가능. |
| 루프모선 |  | ① 간단해서 경제적으로도 무리가 없으며, 공급신뢰도 높음<br>② 변압기 또는 모선의 사고, 보수 점검의 경우에도 운용의 예비성이 있으며 신속 대응 가능.<br>③ 루프모선 케이블사용 시 표준 스위치 기어 사용 가능<br>④ 중요 설비 계통 사용 |
| 이중모선 |  | ① 공급 신뢰도 높음<br>② 주변압기 2차, 모선연락, 공급전선 등의 차단기가 많아지므로 보호 협조 복잡<br>③ 스위치 기어에 수납하는 경우에는 모선의 위치와 분리에 주의 요함.<br>④ 특수 설계로 비경제적 이므로 대규모 설비 사용 |
| 예비 모선 |  | ① 비상 전원 계통 공급<br>② 스위치기어에 수납시 특수설계<br>③ 특수용도 사용 |

3. 모선 보호방식

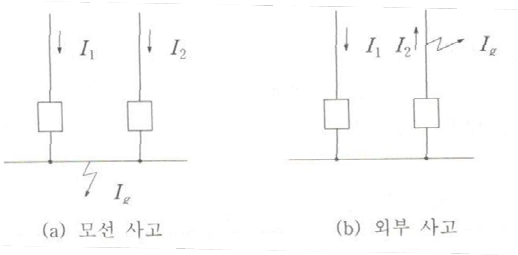
1) 차동 보호방식

(1) 전류차동방식

수전 각회로의 CT2차회로를 일괄하여 차동회로에 보호계전기 접속

① 모선사고시 : CT2차전류가 계전기에 흘러 동작

② 외부사고시 : CT2차전류 내부순환,계전기 부동작




(2) 비율차동방식

① 오차전류에 의한 오동작 방지 억제코일 설치

② CT불필요

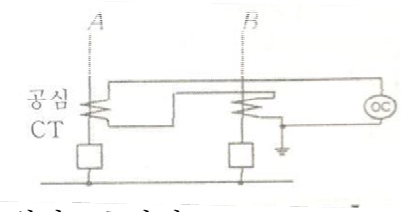
(3) 전압차동방식

2) Liner Coupler

(1) 차동방식은CT철심포화에 의한 오차문제로 공심CT사용하여 직렬접속

(2) CT2차전류의 합으로 계전기 동작

(3) 현재 거의 사용안함




3) 위상보호방식

(1) CT출력과 무관하게 위상만으로 내.외부 고장 판별

(2) A와B가 동위상이면 내부,역위상이면 외부고장

(3) 전용CT필요없음

4) 방향비교방식

(1) 각회선에 전력방향계전기 접속

(2) 접점의 조합에 따라 사고 검출

4. 모선방식 결정시 고려사항

1) 고려사항

① 신뢰도 : 부하의 정전에 따른 신뢰도

② 설치면적

③ 유지보수성

④ 경제성

2) 비교표

| 구분 | 무정전 | 설치면적 | 보호협조 | 경제성 |
|---|---|---|---|---|
| 단일모선 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 전환가능단일모선 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 루프모선 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 이중모선 | 1 | 4 | 4 | 4 |

## 문 2-2) 단락전류의 종류와 계산방법에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

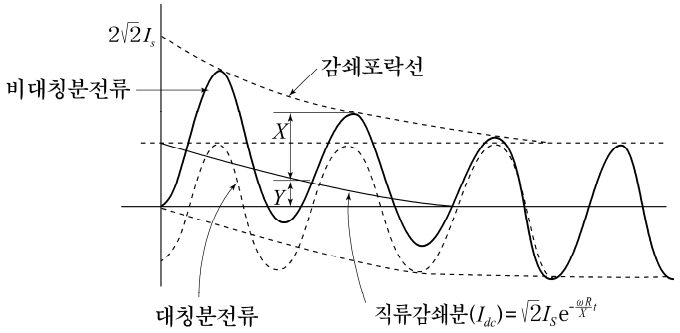
**1) 고장전류 계산목적**

(1) 차단기 용량 선정
(2) 기기의 열적, 기계적 강도 검토
(3) 보호계전기 정정 및 보호협조
(4) 계통의 경제성, 안정성 검토

**2) 고장의 종류**

(1) 불평형 고장 : 1선지락, 2선지락, 선간단락
(2) 평형 고장 : 3상단

**3) 단락전류 형태**




**직류성분 감쇄와 비대칭 전류**

2. 단락전류의 종류

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

직류분을 포함하지 않는 교류분 만의 실효치로 나타냄

**2) 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 최대로 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 :** $I_P = K_P \cdot I_S$

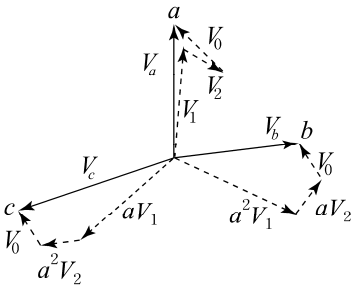
(1) 비대칭 단락전류의 순시 값이 최대로 되는 투입위상에 있어서의 값

(2) 직렬기기의 기계적 강도 시험에 적용

3. 고장전류 계산방법

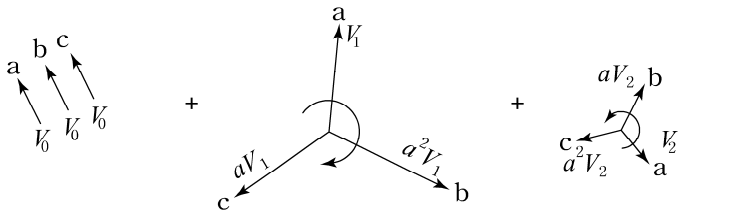
**1) 대칭좌표법**

계통 고장시 3상 불평형분 발생 → 대칭분인 정상, 역상, 영상분으로 분해하여 계산 후 그 결과를 다시 중첩해서 해를 구하는 방법




**불평형분**

분해 ↓↑ 합성




$V_0 = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c)$ $V_1 = \frac{1}{3}(V_a + aV_b + a^2V_c)$ $V_2 = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + aV_c)$

**영상분** **정상분** **역상분**

**2) 클라크 좌표법**

(1) 3상 불평형 회로를 $\alpha, \beta, o$ 회로로 분해하여 계산 후 합성하는 방식

(2) 실무적으로 적용 안함

**3) 임피던스법**

(1) 종류

ohm법, %임피던스법, pu법

(2) 계산순서

Skeleton작성(공급측 단락용량 조사) → 고장점 선정(차단기 설치점)
→ 기기, 선로 임피던스 선정 → 임피던스 환산 $\left(\begin{matrix}\Omega\text{법 : 기준전압}\\ \%Z\text{법 : 기준용량}\end{matrix}\right)$ →
임피던스 Map작성 → 임피던스 합성 → $\left(\begin{matrix}\text{고장전류}\\ \text{차단용량}\end{matrix}\right)$계산 → 차단기 선정(시판규격)

(3) 계산법 비교

| 구분 | 임피던스 | 단락전류 | 특징 |
|---|---|---|---|
| ohm법 | $Z_1 = \sqrt{R^2+X^2}(\Omega)$<br>$Z_1$ : 단락점에서 계통측을 본 정상분 임피던스 | $I_s = \frac{V}{\sqrt{3}Z_1}\times K$<br>(V : 선간전압,<br>K : 비대칭계수) | • 각 계통간 옴값을 기준 전압으로 환산<br>• 번거로움, 거의 사용안함 |
| %임피던스법 | $\%Z = \frac{Z\cdot I_n}{E}\times 100(\%)$ | $I_s = \frac{100}{\%Z}\times I_n \times K$<br>$(I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}V})$ | • 기준용량으로 환산, 계산 용이<br>• 가장 많이 사용함 |
| pu법 | $Z_{pu} = \frac{\%Z}{100}(pu)$ | $I_s = \frac{I_n}{Z_{pu}}\times K$ | • $\%Z$법과 동일방법 ($\frac{1}{100}$로 환산)<br>• 복잡한 송전계통 적용시 편리 |

(4) 임피던스 환산방법(여기서 P의 단위 : kVA, V의 단위 : ㎸)

| 조건 | Ohm법 | %Z법 |
|---|---|---|
| ① 전원 임피던스가 불분명한 경우 (단락용량 파악 필요) | • 전원임피던스 $Z_s = \frac{(\text{전원전압})^2}{\text{단락용량}}$<br>• 기준전압으로 환산<br>$Z_s' = Z_s \times \left(\frac{\text{기준전압}}{\text{전원전압}}\right)^2$ | • 기준용량으로 환산<br>$\%Z_s = \frac{\text{기준용량}}{\text{단락용량}}\times 100(\%)$ |
| ② $\%Z$로 주어진 계통 | $Z = \frac{10V^2(\text{기준전압})}{P(\text{자기용량})}\times \%Z$ | • 기준용량으로 환산<br>$\%Z' = \%Z \times \frac{\text{기준용량}}{\text{자기용량}}(\text{kVA})$ |
| ③ $Z$로 주어진 계통 | • 기준전압으로 환산<br>$Z' = \left(\frac{\text{기준전압}}{\text{자기전압}}\right)^2 \times Z$ | $\%Z = \frac{P\cdot Z}{10V^2}$ ($P$ : 기준용량) |

## 문 2-3) 전력용 콘덴서의 절연열화 원인과 대책에 대하여 설명하시오

### 해설)

1. 개요

1) 전력용콘덴서의 열화는 용기 외함의 파손과 함께 2차사고로 이어질 우려가 크기 때문에 원인별 적절한 방지대책이 필요하다

2) 보호장치 시설기준(판단기준 제 49조)

| 설비종별 | 뱅크용량 구분 | 자동적으로 전로 차단장치 |
|---|---|---|
| 전력용 커패시터 및 분로리액터 | 500kVA 초과 15,000kVA 미만 | 내부고장 또는 과전류 |
| | 15,000kVA 이상 | 내부고장, 과전류, 과전압 |

3) 허용전류 및 허용 과전압 기준

| 규격 | 전압구분 | 최대사용전류 | | 허용과전압 |
|---|---|---|---|---|
| | | SR무 | SR유 | |
| KSC-4801 | 저압 회로용 | 130%이하 | 120%이하 | 110% |
| KSC-4802 | 고압 및 특고 회로용 | | | |

2. 콘덴서 절연열화 원인

1) 온도의 영향

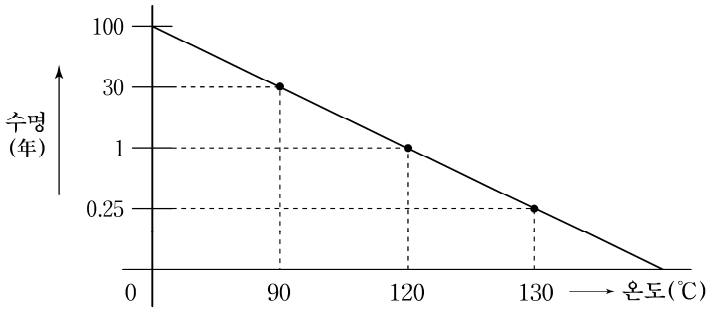
(1) 온도와 수명관계

절연물 열화 법칙(Arrhenius 법칙)

수명 $Y = a \cdot e^{-b\theta_m}$

$a, b$ : 상수

$\theta_m$ : 최고점온도(주위온도 + 최고온도상승)



2) 전압의 영향

(1) 전압과 수명관계

$$Ls = L_r\left(\frac{V_s}{V_r}\right)^{-n} \times e^{\frac{(Tr - Ts)}{\alpha}}$$

(Ls: 실제수명, $L_r$:정격전압 및 온도에서의 수명, α:온도계수 n:전압계수)

(2) 콘덴서회로 차단시 재점호에 의한 과전압

3) 전류의 영향

(1) 전력용 콘덴서는 고조파에 대해 저임피던스로 작용

→ 고조파전류 유입에 따른 과열 및 소손원인

(2) 용량성, 계통공진으로 인한 고조파 확대

(3) 차단기 투입시 돌입전류

3. 대책

1) 온도상승에 의한 보호

(1) Arm switch 방식

콘덴서 외함의 팽창 변위 검출(마이크로 스위치 동작)로 고장 판별하는 방식

(2) Lead-cut 방식

콘덴서 절연파괴시 내부압력 상승으로 외함 변형을 일으켜 보호 장치 동작

2) 이상전압에 의한 보호

(1) 외부사고에 의한 과전압 보호:OVR설치

(2) 경부하시,무부하시 콘덴서 차단회로 구성

(3) 재점호에 의한 과전압 : 절연회복이 빠른 소호방식이나 고속도 개폐기 채용

3) 이상전류에 의한 보호

(1) 외부사고에 의한 과전류보호

① OCR : 정격전류 150%에 정정, 투입시 정격전류의 5배에 부동작

② PF : 정격전류의 1.43배에 안전통전,돌입전류에 손상없을 것

콘덴서 10%케이스 파손특성이 PF전차단특성의 우측에 있을 것

(2) 고조파전류 : 회로를 유도성으로 하여 고조파 확대현상 방지

(3) 돌입전류 : 저항 차단방식 채용, 6% 직렬리액터 설치

4) 내부소자 사고에 의한보호

(1) 중성점간 전류 검출방식(NCS : Neutral Current Sensing)

Y결선된 콘덴서 2조로 하여 고장시 중성점간 흐르는 불평형전류 검출

(2) 중성점 전압 검출방식(NVS : Neutral Voltage Sensing)

고장시 중성점간 흐르는 불평형전압 검출

(3) Open-Delta 방식

방전 Coil의 2차측을 open-△결선하여 사고시 이상전압 검출

(4) 전압 차동방식

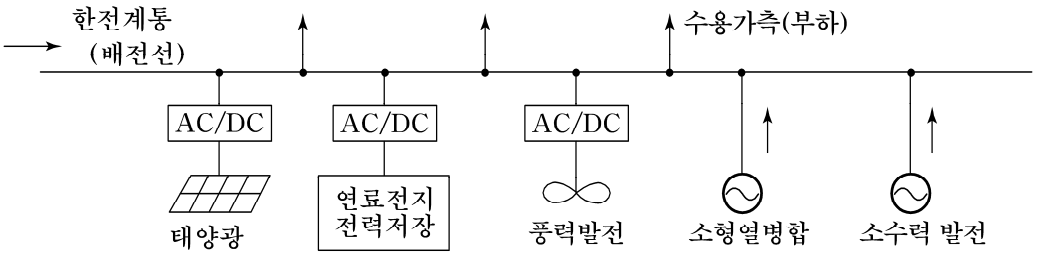
open-△ 방식과 동일한 검출방식이나 절연처리에 유리

## 문 2-4) 분산형전원을 배전계통에 연계시 고려사항에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

**1)** 분산형 전원이란 소규모로 수요치 근처에 분산 배치되어 기존의 전력계통과 연계, 운전 가능한 형태의 전원




**2)** 계통 연계란 사용전력 계통과 분산형 전원 상호간 전력의 수수를 위해 동기화하여 상호연결 운전하는 형태

**3) 계통연계 목적**

(1) 공공의 인축과 설비 안전
(2) 전력 공급신뢰도 및 품질 확보
(3) 계통 운용의 안정성 도모

2. 계통연계시 고려사항 (한전 배전규정)

**1) 연계구분(저압/특고압 배전선로)**

| 구분 | | 저압 한전계통 | 특고압 한전계통 |
|---|---|---|---|
| 연계요건 | | 분산형 전원 연계용량이 100kW 미만이고 배전용 변압기 누적 연계용량이 해당 변압기 용량의 50%이하인 경우 | 분산형 전원 연계용량이 100kW 이상 10,000kW 이하이고 특고압 일반선로 누적 연계용량이 해당 선로의 상시운전 용량 이하인 경우 |
| 전압변동 | 상시(10분 평균) | 3% 이하 | 전압 상, 하한 여유도 이내(±5.91%) |
| | 순시(2초 이하) | 6% 이하 | 변동 빈도에 따라 3~5% 이하 |
| 연계 계통 전기방식 | | 교류단상 220V or 교류 3상 380V | 교류 3상 22,900V |
| 기타 | | - | 주변압기 OLTC의 불필요한 동작 발생 없도록 할 것 |

**2) 동기화**

계통연계 병렬장치 투입순간 다음 값 이하

| 발전용량 합계(kVA) | 주파수차(Hz) | 전압차(%) | 위상각 차(°) |
|---|---|---|---|
| 0~500 | 0.3 | 10 | 20 |
| 500초과~1,500 | 0.2 | 5 | 15 |
| 1,500초과~20,000미만 | 0.1 | 3 | 10 |

**3) 가압이 안된 계통에 연계금지**

**4) 감시설비 :** 분산형 전원 용량 250kW 이상 경우(연계 상태, 유효 및 무효전력, 운전역률, 전압 등)

**5) 계통연계 시스템 건전성 유지 :** EMI 장해 대책, 서지 보호기능

**6) 계통 이상시 전원 분리**

(1) 이상 전압시 다음표의 시간 이내로 분리

| 기준전압에 대한 비율(%) | V<50 | 50≤V<88 | 110<V<120 | V≥120 |
|---|---|---|---|---|
| 고장제거시간(sec) | 0.16 | 2.0 | 1.0 | 0.16 |

(2) 이상 주파수시 다음표의 시간 이내로 분리

| 분산형 전원 용량 | 30kW 이하 | 30kW 초과 | | |
|---|---|---|---|---|
| 주파수 범위(Hz) | > 60.5, < 59.3 | > 60.5 | 57~59.8(조정가능) | < 57 |
| 분리 시간(sec) | 0.16 | 0.16 | 0.16~300(조정가능) | 0.16 |

(3) 계통 재병입시 전압과 주파수가 5분간 정상상태 유지할 것

**7) 전기품질**

(1) 분산형 전원 연결점에서 정격 최대전류의 0.5%초과의 직류전류 유입금지

(2) 역률 90%이상유지

(3) 플리커

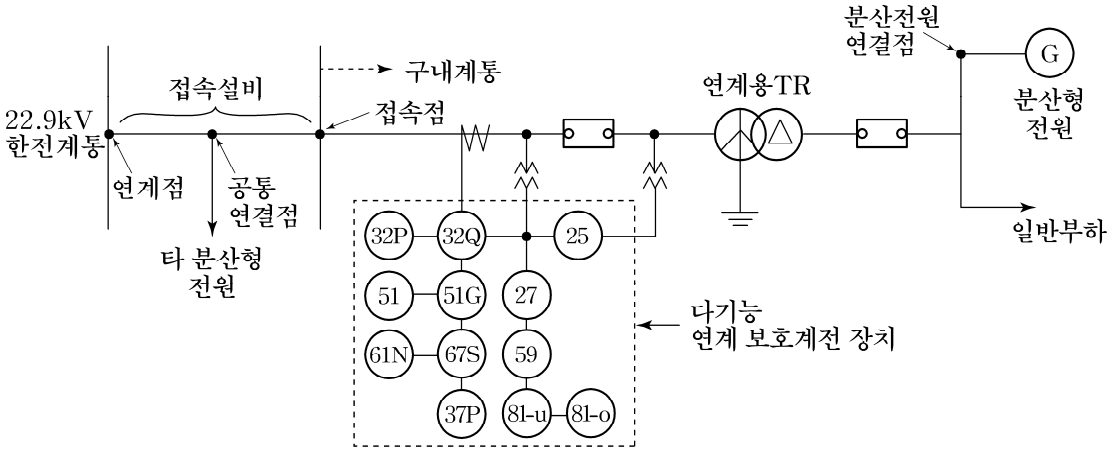
시각적인 자극을 줄만한 플리커나 설비 오동작을 초래하는 전압동요가 없을 것

(4) 고조파

배전계통 고조파 관리 기준에 준함(저압/특고압 : 3.0%, 154kV : 1.5%)

**8) 단독운전방지(Anti-Islanding) :** 단독운전 발생시 0.5초 이내 계통분리

3. 계통연계 보호협조(예)




27 : 저전압 계전기

59 : 과전압 계전기

37 : 저전력 계전기

81 : 주파수 계전기 { OFR(81-O) / UFR(81-U) }

67N, 67S : 지락, 단락방향 계전기

32P : 역방향 유효전력 계전기

25 : 동기 검출기

32Q : 역방향 무효전력 계전기

51, 51G : 과전류, 지락과전류 계전기

## 문 2-6) 콘크리트 구조물에서 KSC IEC 62305 피뢰시스템의 자연구성 부재를 사용하는 요건에 대하여 다음 내용을 설명하시오.

### 해설)

1. 개요
   1) KSC IEC 60365의 외부피뢰시스템으로 수뢰부, 인하도선, 접지극으로 분류할 수 있다.
   2) 건축물의 구조 및 시설의 금속 부분을 자연구성부재로 사용하는 것을 설명한다.

2. 자연적 수뢰부
   1) 다음 조건을 만족시키는 보호 대상 구조물을 덮는 금속판
      (1) 납땜, 용접, 주름이음, 봉합이음, 사사조임 → 전기적 연속성 측정치 0.2Ω이하
      (2) 천공 가연성물질 발화고려 불필요 금속판 두께
      (3) 천공 가연성물질 고온 고려 필요시 금속판 두께
      (4) 절연재료로 피복하지 말 것

| 피뢰시스템레벨 | 재료 | 두께Tmm | 두께T`mm |
|---|---|---|---|
| I - IV | 동 | 5 | 0.5 |
| | 납 | - | 2.0 |
| | 강철 | 4 | 0.5 |
| | 티타늄 | 4 | 0.5 |
| | 알루미늄 | - | 0.65 |
| | 아연 | 7 | 0.7 |

   2) 지붕 마감재 하부의 지붕을 구성하는 금속재 부분(트러스 상호접속된 철근)
   3) 지붕에 있는 배관용기 : 두께 (폭발성 가연성 수송 pipe제외)

3. 자연적 인하도선
   1) 다음 조건을 갖춘 금속설비
      (1) 전기적 연속성이 있는 금속제 pipe금속판
      (2) 금속가스켓이 아니거나 적당한 본딩이 안된 가연성 폭발성 pipe제외
   2) 철근 콘크리트 구조체 금속
   3) 상호 접속된 건축물 강재
   4) 건축물 정면부재, 측면레일, 정면벽의 보조구조재
      (전기적 연속성 유지)

5) 구성, 부재 재질
① 구리
② 주석도금
③ 알루미늄
④ 용융아연도금
⑤ 스테인레스 및 합금강

4. 자연적 접지극
1) 건축물의 지하구조물의 금속재 부분
2) 구성 부재 재질
① 구리
② 강
③ 스테인레스강
3) 불가 구성부재 : AI 납 (환경문제)

5. 결론
1) 62305가 국내 기준으로 되어 있어서 현재 건축물 시공에 적용되고 있으나, 기술부족, 홍보부족으로 어려움이 많아 산.학연.연구개발이 필요하다.

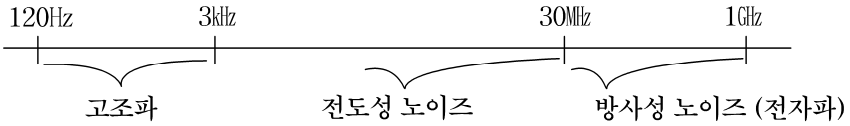
## 문 3-1) 노이즈 방지용 변압기에 대해서 설명하시오.

## 해설)

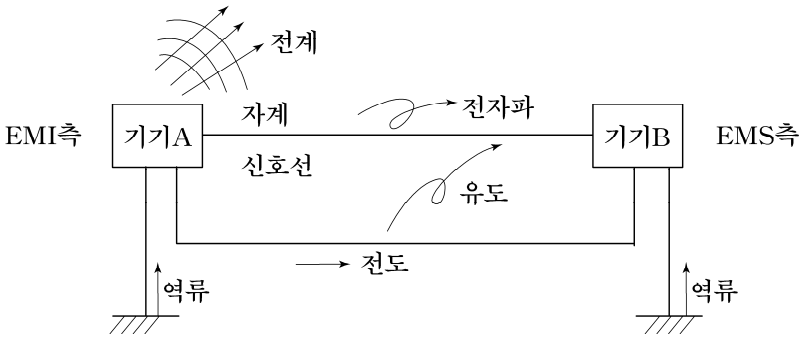
1. 노이즈(Noise)의 기본개념

(1) 정의 : 전자기기 등에 악 영향을 끼치는 원하는 신호 이외의 고주파 잡음원

(2) EMC환경의 주파수 영역 구분




2. 노이즈 전달경로




3. 노이즈 발생원

(1) 방전에 의한 것(낙뢰, 코로나, 정전기 방전 등)

(2) 전로의 개폐, 반도체소자의 고속 스위칭

(3) 순시전압변동, 플리커, 기타 과도현상

4. 노이즈의 종류

1) 방사 노이즈 : 전자파 형태로 공간을 통해 전달

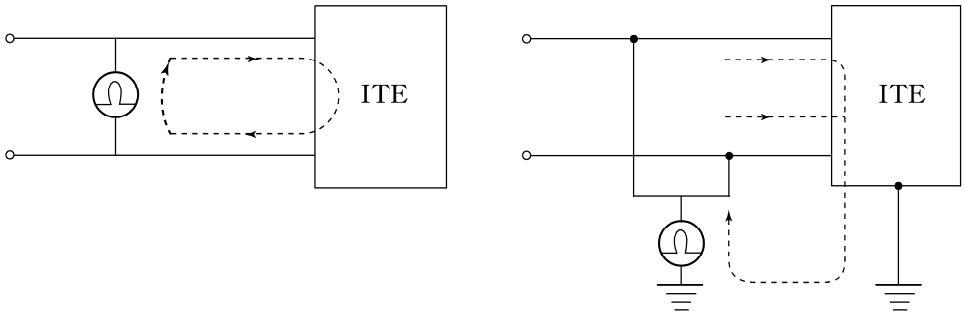
2) 유도 노이즈 : 정전, 전자유도에 의해 전달

3) 전도 노이즈

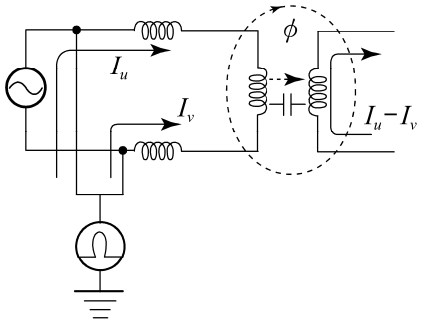
노이즈 발생원으로부터 전원선, 신호선, 접지선을 통해 전달

(1) Normal Mode(차동성분) : 전원선간 걸리는 노이즈

(2) Common Mode(동상성분) : 전원선과 대지(접지)간 걸리는 노이즈




(3) 선로상을 진행하는 과정에서 Mode 변환 발생 → 서로 독립적으로 취급곤란



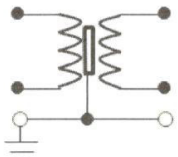
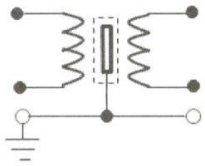
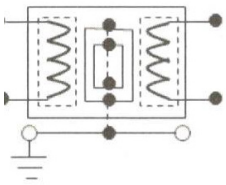

5. 노이즈 영향(장해)

(1) 컴퓨터 시스템 오동작, 부품파손, Memory소실
(2) 통신교란, 음향기기 잡음, 전자식 계전기(계기)오차
(3) 생체의 열작용, 자극작용

6. 노이즈 방지용 변압기

1) 특징
   (1) 접지하지 않아도 효과적
   (2) 임피던스 부정합선로에도 효과적
2) 고절연에 의해 높은 서지전압에도 견딤
3) 누설전류가 규제되는 장소(의료기기 TR등)에 사용
4) 양방향성 노이즈, 전자파 차단
5) 노이즈 필터와의 차이 : 1,2차 공진 발생없음

7. 노이즈 방지용 변압기의 종류 및 특성비교

| 종류 | 구조 | 특징 |
|---|---|---|
| 절연변압기<br>(Insulating TR) | 1차와 2차권선이 완전분리되어 노이즈가 2차측으로 전도되는 것을 방지<br>  | Common Mode와<br>Normal Mode 모두 통과 |
| 차폐변압기<br>(Shield TR) | 1차와 2차사이에 정전차폐판 설치로 1차측 고주파 노이즈가 분포정전용량을 통해 2차측에 전달되는 것을 방지<br>  | • Normal Mode 통과<br>• Common Mode는<br>저주파 노이즈는 방지되나<br>고주파 노이즈 통과 |
| 노이즈 차단<br>변압기<br>(Noise Cut TR) | 3중 차폐구조(1,2차,외함)로하고 2차는 교차권선으로 하여 정전유도 및 전자유도 차폐(또는 상쇄)<br>  | Common Mode와<br>Normal Mode 모두 방지 |

## 문 3-2) 축전지의 용량산정시 고려사항에 대하여 설명하시오.

### 해설)

1. 개요

1) 축전지 설비는 독립된 순수 직류전원으로써 정전시 무순단으로 단시간에 전기를 공급할 수 있는 신뢰성이 매우 높은 예비전원 설비이며 중요부하에 그 사용이 증가 추세임

2) 축전지 설비 구성 : 축전지, 충전장치, 제어장치, 보안장치

2. 축전지 설비 설계시 고려사항

**1) 축전지 용량산정**

(1) 부하의 종류결정

① 순시부하 : 차단기 조작전원

② 상시부하 : 비상조명, 제어회로 전원

(2) 방전전류($I$) 산출

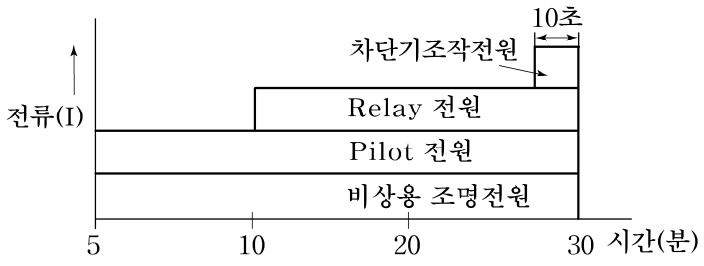
| 일반축전지 | UPS용 축전지 |
|---|---|
| $I = \frac{\text{부하용량}(VA)}{\text{정격전압}(V)}$ [A] | $I = \frac{P \cdot P_f \times 10^{-3}}{V_f \cdot N \cdot \eta \times k}$<br>$P$ : UPS 출력용량(kVA)<br>$P_f$ : 부하역률, $\eta$ : UPS 효율<br>$V_f$ : 방전종지저압(V/cell)<br>$k$ : 저감율(병렬운전의 경우) |

(3) 방전시간 결정

① 건축법, 소방법 : 30분

② 발전기 설치시 : 10분

(4) 예상 부하특성($I-t$ )곡선 작성




가급적 방전 말기에 대전류가 방전되도록 고려하여 작성

(5) 축전지 종류결정

① 연 축전지 : CS형(완방전형), HS형(급방전형)
가격면에서 유리(주로 HS형 사용)

② 알카리 축전지 : 포켓식(AL, AM, AMH), 소결식(AH-S, AHH)
성능, 유지보수면에서 유리(주로 AMH형 사용)

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

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

(7) 허용 최저전압 결정(방전 종지전압)

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

단, $V_a$ : 부하의 최저 소요전압
$V_f$ : 방전 종지전압
$V_c$ : 축전지와 부하간 전압강하

(8) 최저 전지온도 결정

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

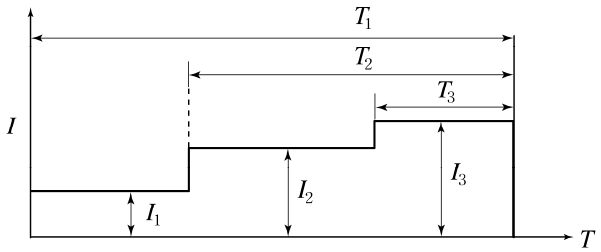
② 최저 축전지온도 : 실내(+5℃), 옥외 Cubicle 내(5~10℃), 한냉지(-5℃)

(9) 용량 환산시간 "K값" 결정

허용 최저전압, 전지 최저온도, 방전시간에 따라 결정

(10) 축전지 용량산출

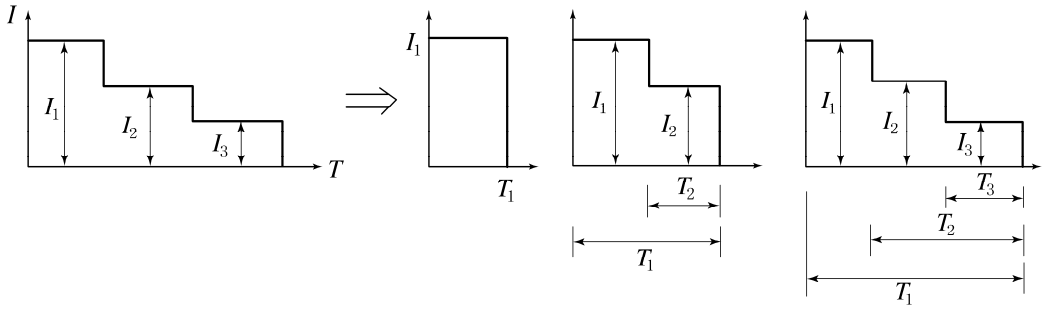
① 방전전류 증가패턴




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

단, $C$ : 25℃에서의 축전지 정격환산용량(Ah)
$L$ : 보수율(0.8)
$K$ : 용량 환산시간
$I$ : 방전전류

② 방전전류 감소패턴
전류 감소구간 분해, 각각 용량 산출 후 가장 큰 값 적용



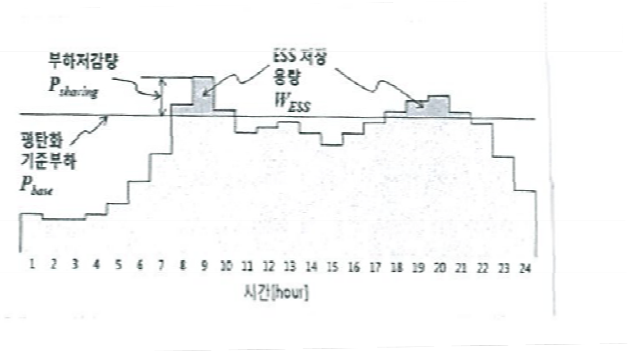
## 문 3-3) 에너지 저장장치(ESS)의 출력과 용량을 구분하고 전력계통의 활용 분야를 설명하시오.

### 해설)

1. 개요
   1) 기후변화대책으로 신재생에너지 개발보급 및 스마트 그리드기술 등에 전력 저장 용기는 매우 중요한 요소이다.
   2) 첨두 부하 시 최대출력을 발생하는 ESS의 출력과 용량을 구분하고 전력계통의 활용분야를 설명

2. ESS의 출력과 용량 구분
   1) PCS의 출력 결정: 첨두 부하 절감을 위해 최대 출력이 필요한 시간 때의 부하에 따라 결정
   2) ESS의 용량 결정: 하루(또는 특정기간)동안의 부하 패턴에 따라 결정

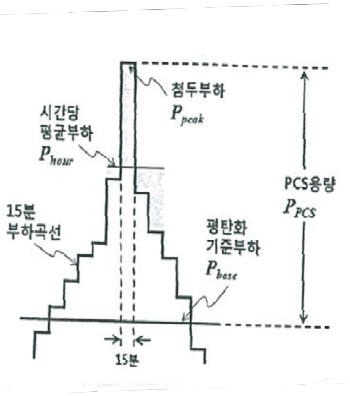
3. 첨두부하용 ESS용량 산정




   ① 우변은 충전가능전력량
   ② 2식 조건을 만족하지 않으면 총방전용량부족

4. PCS 용량 산정
   1) 실제 첨두부하가 측정되는 기준고려
   2) 한전 전기요금 15분마다 측정
      (1) 15분당 첨두부하를 보상하기위해 ESS가 출력을 최대로 내는 경우 용량산정
      (2) 15분만 최대로 방전하고 나머지 시간에는 방전하지 않는 경우

5. ESS저장 용량과 PCS의 출력 용량을 결정하는 과정



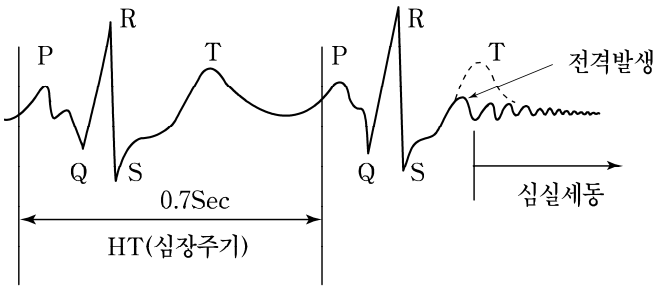

6. 전력계통의 활용분야
   1) 첨두부하 CUT용
   2) 주파수조정용
   3) 부하 평균화용
   4) 신재생에너지 저장용

7. 결론
   1) ESS용량 결정 후 > 첨두부하 절감에 필요한 PCS용량결정
   2) 각 건축물 시간별 계절별 부하패턴에 따라 첨두부하 절감을 위해 필요한 ESS와 PCS용량이 달라 질 수 있다
   3) ESS, PCS를 설치 시 건축물 부하 패턴 분석이 중요

## 문 3-4) 병원설비의 매크로쇼크(Macro Shock) 및 마이크로쇼크(Micro Shock)에 대한 방지대책과 개정된 전기설비기술기준의 판단기준 249조의 절연감시장치에 대하여 설명하시오.

### 해설)

1. 감전 Mechanism




P파 : 심방의 수축
QRST파 : 심실의 동작

1) 정상시 : P, R, T의 파두신호에 의해 심근의 주기적인 이완, 수축으로 체내혈액 공급
2) 전격사고시 : 체내 이상전류가 흘러 심장 제어신호 교란으로 심실세동을 일으킴
(심실세동 → 혈압저하 → 호흡중지 → 사망)

2. 일반인과 환자의 감전비교

| 구 분 | 일반인 | 환자 |
|---|---|---|
| 감전전류 | 통상 수십~100㎃ | 대단히 미약한 전류(수십㎂~1㎃) |
| 감전시 대처능력 | •스스로 위험 제거<br>•타인에게 알리거나 경보조치 가능 | •신체의 부자유(마취), 심신의 쇠약<br>•제 3자에게 알릴 수 없음 |

3. 매크로쇼크(Macro Shock) 및 마이크로쇼크(Micro Shock) 비교

| 구 분 | Macro-shock | Micro-shock |
|---|---|---|
| 정의 | 누설전류에 의한 심리적, 2차적 장해를 일으키는 shock | 전류 유·출입점이 심근에 접하여 일으키는 shock |
| 발생 부위 | 심장 원거리(인체표면) | 심장부근 |
| 허용 한계치 | 0.1㎃(100㎂)이하 | 10㎂(전위차 10㎷)이하 |
| 보호대상 | 일반환자, 의료종사자 | 수술 중 환자 |

4. 방지대책

1) 매크로쇼크(Macro Shock) 대책

**(1) 보호접지 실시**

① ME기기 외함에 실시, 기준치 이상 누전시 신속차단

→ 고속, 고감도형(인체 감전 보호용) 누전 차단기 설치(30㎃, 0.03초)

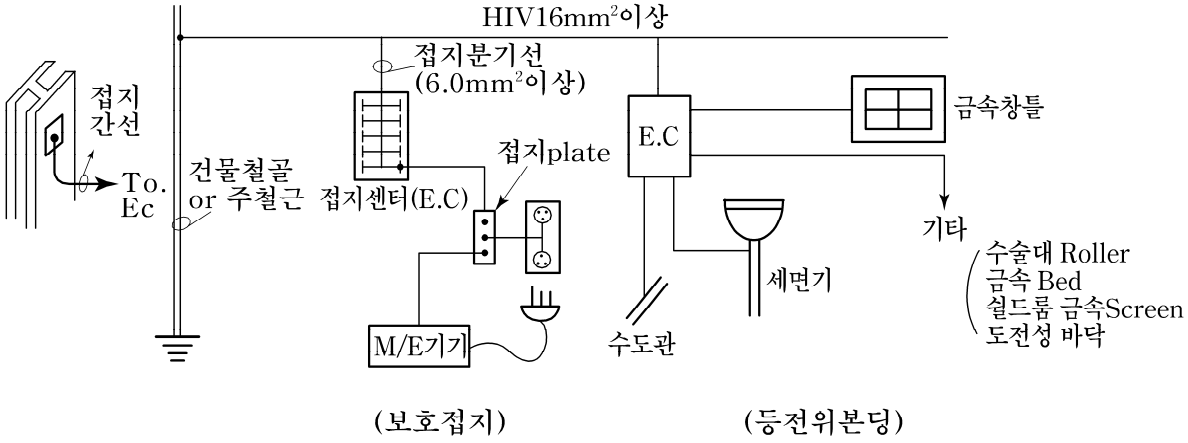
② 간선 HIV 16mm², 분기선 HIV 6.0mm² 이상, 접지저항 10Ω이하

2) 마이크로쇼크(Micro Shock)대책

**(1) 등전위 본딩 실시**

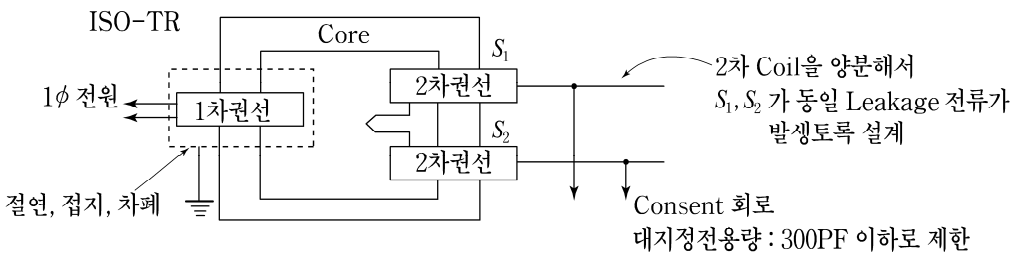
① 누설전류 10㎂, 전위차한도 10㎂×1000(Ω)=10㎷ 이내

② 수평 2.5, 수직 2.5m 이내의 도전성 부분
(계통외 도전부, 기기노출 도전부, EMI 차폐선, 도전성바닥)




**(2) 의료 IT접지**

① 인체감전 방지, 노이즈 방지, 수술실 전원차단 방지



5. 절연감시장치(판단기준 제249조 의료장소 전기설비의 시설)

의료 IT 계통의 절연저항을 계측, 지시하는 절연감시장치를 설치하고 다음과 같은 표시설비 및 음향설비를 갖출 것

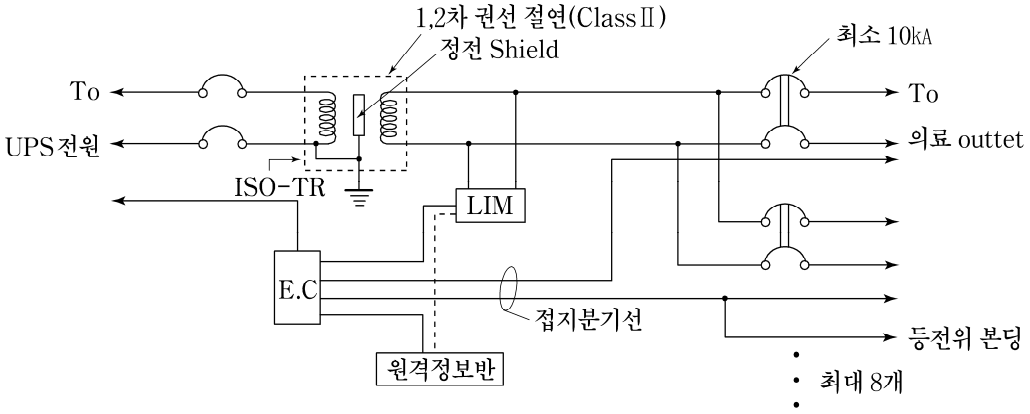
1) 절연저항이 50kΩ 까지 감소하면 표시설비 및 음향설비로 경보를 발하도록 할 것.

2) 적절한 장소에 배치하여 의료진에 의하여 지속적으로 감시될 수 있도록 할 것.

3) 표시설비는 의료 IT 계통이 정상일 때에는 녹색으로 표시되고 의료 IT 계통의 절연상태 이상시에는 황색으로 표시되도록 할 것.
또한 각 표시들은 정지시키거나 차단시키는 것이 불가능한 구조일 것.

4) 수술실 등의 내부에 설치되는 음향설비가 의료행위에 지장을 줄 우려가 있는 경우에는 기능을 정지시킬 수 있는 구조일 것.

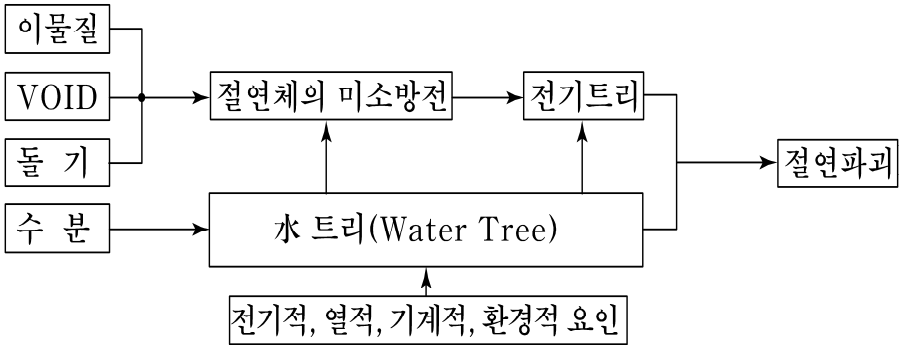
5) 의료IT 계통도



## 문 3-5) 케이블 수트리에 대하여 다음 내용을 설명하시오.

## 해설)

1. 개요
   1) 케이블 내부 및 외부 반도전층과 절연체의 경계에 수분침투에 의한 전계 집중으로 발생하는 Tree 형태
   2) 5~8년 이상되면 트리현상이 가속화됨
   3) 수트리는 물과 전계가 동시에 존재하는 조건에서 발생
   4) Cable 열화 진행과정



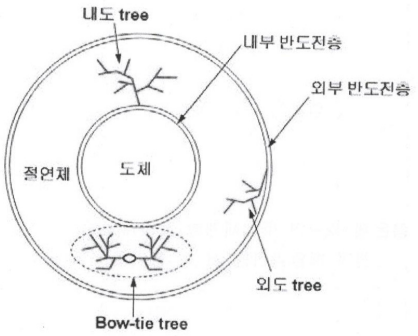

2. 수트리 발생원인
   1) 제조시
      (1) 습식가교시
      (2) 건식가교시 : 화학 반응에 의해 $H_2O$형성
   2) 운반보관시
      (1) 드럼 케이블 단말캡 불량
   3) 시공시
      (1) 외피손상
      (2) 전주 입상시 수분 침투
   4) 운영유지시
      (1) 맨홀 우수 침수
3. 수트리의 종류 및 특징
   1) 종류
      (1) Vented 트리

      { 내도 Tree : 내부 반도전층에서 발생 (도체내부 수분 침투시)
      { 외도 Tree : 외부 반도전층에서 발생 (외피 손상시)

① 내도와 외도를 합친 모양
② 수지상으로 확대
③ 가장위험

(2) Void 水 tree : 절연체 중의 공극에서 발생

(3) Bow tie 트리
① 이물질이나 공극에 의해 발생
② 절연물 내부에서 확장




2) 특징
① 저전계에서 발생 → 건조하면 사라짐
② 고압케이블 이상에서 주로 발생 → 전기트리 유도
③ 교류에서 주로발생 →고주파시 더욱 심함
④ 고분자 사슬이 풀려 기계적 변형
⑤ 온도가 높으면 열화 촉진
⑥ 성장 속도가 느리나 사고의 2/3정도 차지
⑦ 오염물(이온)이나 보이드 또는 절연층과 반도전층 계면의 돌기 등의 결함에 의해 발생

2. 수트리발생 억제대책
1) 제조시
(1) 건식공법으로 하고 절연층을 균질성 있게 제작
(2) 물이 침투하지 않도록 컴파운드 충진
(3) 도체와 절연체사이의 경계면을 매끄럽게 제작
(4) 절연체에 Voltage stabilizer등의 첨가제주입으로 전계의 집중 방지
2) 시공시
(1) 외피손상방지
(2) 숙련된 접속자 땀 주위습기 침투방지

(3) 과도한 포설장력 방지
(4) 케이블 단말처리 철저

3) 운영시
(1) 맨홀 우수 침입방지
(2) 정기적 절연검사

## 문 3-6) 건설공사의 효율성을 높이기 위하여 적용되고 있는 BIM에 대하여 설명하시오.

### 해설)

1. 개요
   1) BIM이란
      (1) 기존 건축설계 2 D방식을 3차원 3D방식을 전환한 방식
      (2) 기획➡ 설계➡납품 ➡시공관리 ➡ 유지보수단계의 모든 정보를 생산 관리하는 기술
   2) 2016년부터 조달청 맞춤형 서비스공사 BIM설계 적용 의무화
   3) 기존 방식과 비교

| 구분 | 기존 | BIM |
|---|---|---|
| 도면 | 2D,3D | 3D입체 4D |
| 언어 | 2D 캐드 | 시각언어 |
| 물량신출 | 수동 반자동 | 완전자동 |
| 수정 | 불편 | 믈량까지완전자동 |

2. 관련규정
   1) 시설사업 BIM적용지침서(조달청2016.03)
   2) 건축분야 BIM적용 가이드라인(국토부 2010.01)

3. 전기분야 BIM
   1) KEBIM ver : 개발완료 및 실증 시험 중
   2) 적용 예)
      (1) 수변전설비 판넬배치 및 자동 3D생성 및 뷰어
      (2) 전기실 점면 배치도 판넬배치 및 자동 3D생성 및 뷰어
      (3) 조명시뮬레이션
      (4) 전열 설계 평면도
      (5) 사무실 색온도에 따른 뷰어
      (6) 부하계산
      (7) 도면물량 산출
      (8) 법규검토
      (9) 타공종 간섭 자동체크 및 변경용이

4. BIM 추진단계

1) 계획단계(PD : Pre-Design)
사업성분석, 상품개발, 대지계획, 사업비예측

2) 설계단계(SD : 계획설계, DD :기본설계, CD : 실시설계)
설계오류검토, 도면 생산성 향상, 비정형 디자인 검토

3) 납품(PR : Procurement)

4) 시공관리 단계(CA : Construction Administration)
(1) 간섭 검토를 통한 시공오류제거
(2) 시공 시뮬레이션을 통한 피크부하 분산, 프로젝트 비용 및 일정관리

5) 운전 및 유지보수 단계(OP : Operation)
디지털 유지관리체계 구축, 환경 및 성능관리, 방재 및 피난관리

5. 문제점 및 대책

1) 표준라이브러리 개발 및 데이터 구축필요
(1) 전기 배선
(2) 전선관 및 트레이
(3) 부하 계산 및 간선 선정
2) 소규모 설계 사무소 까지 적용 할 수 있도록 개발 및 보급활성화
3) 타공종과 간섭 사항 체크 및 해결
4) 보안

6. BIM의 도입효과

1) 도면 오류저감 및 도면 자동 수정
2) 공정관리 최적화
3) 정확한 자동수량 산출

## 문 4-1) 눈부심(Glare)에 대하여 다음 내용을 설명하시오.

1)눈부심의 원인 및 영향

2) 눈부심에 의한 빛의 손실

3) 눈부심의 종류 및 대책

해설)

### 1. 눈부심(Glare)이란

시야내 어떤 휘도로 인하여 불쾌, 고통, 눈의 피로나 시력의 일시적인 감퇴를 초래하는 현상

### 2. 눈부심의 원인

(1) 고휘도 광원
(2) 반사면 및 투과면
(3) 순응의 결핍
(4) 입사 광속의 과다
(5) 시선 부근에 노출된 광원
(6) 물체와 그 주위사이의 고휘도 대비
(7) 눈부심을 주는 광원을 오랫동안 주시할 때

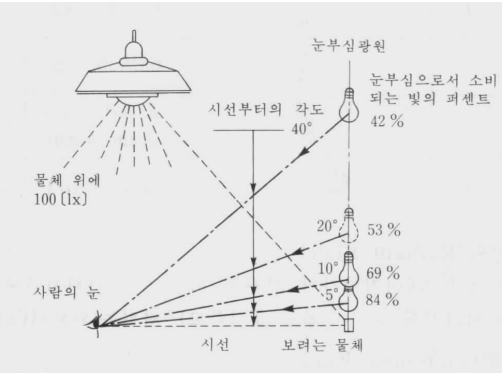
### 3. 눈부심의 영향

(1) 작업 능률의 저하
(2) 부상, 재해의 원인
(3) 피로, 권태, 시력저하

### 4. 눈부심에 의한 빛의 손실

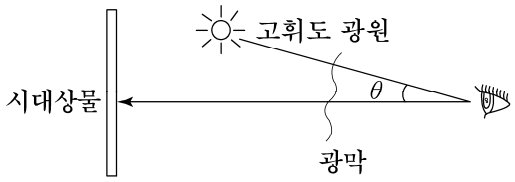
빛의 손실은 광원의 위치에 따라 달라지며 작업능률이 저하되고 작업자의 부상이나 재해의 원인이 된다.

| 현휘광원과 시야간의 각도 | 눈부심에 의한 빛의 손실 | 실제조도 |
|---|---|---|
| 40° | 42% | 58lx |
| 20° | 53% | 47lx |
| 10° | 69% | 31lx |
| 5° | 84% | 16lx |



### 5. 눈부심의 종류 및 대책

1) 감능 or 불능(disability) Glare




(1) 정의 : 시선방향의 고휘도 광원에서 눈에 들어간 빛이 안구내 산란으로 대상물의 식별을 저하시키는 현상

(2) 원인 : 눈과 시대상물 사이에 광막을 끼움으로써 시표와 배경의 휘도대비를 물리적으로 저하

즉, 광막의 휘도가 망막에 대해 겹쳐지므로 망막은 그 만큼 높은 휘도에 순응하게 되어 망막의 감도가 물리적으로 저하됨

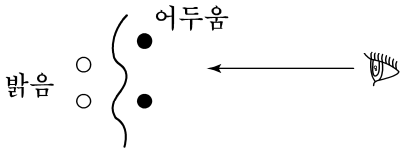
(3) 대책

① 고휘도 광원 설치 배제

② 그 위치를 중심 視에서 멀리함

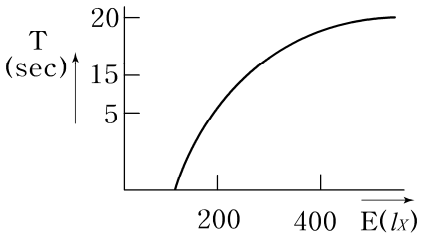
③ 배경휘도가 높은 조건을 피함

2) 불쾌(discomfort)Glare




(1) 정의 : 심한 휘도차이로 눈의 피로나 불쾌감을 느끼는 시력장애

(2) 현휘 시간과 자극조도 관계

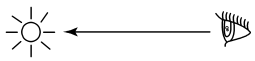



$$T = 0.0389E^{0.96}$$

(3) 원인 : 물체와 그 주위사이의 고휘도 대비

(4) 대책 : 루버설치

3) 직시(direct)Glare



(1) 정의 : 극히 높은 휘도가 중심시야에 들어간 경우 나타나는 현상으로 불쾌 Glare와 상호관계를 갖는다.

(2) 원인 : 고휘도 광원을 직시했을 때

잔상지속시간 $Dt = 1.8\log(L \cdot t) + K$

$\begin{cases} L : \text{고휘도 광원의 휘도}(cd/\mathrm{m}^2),\ t : \text{직시시간(sec)} \\ K : \text{고휘도 광원의 배경에 의해 정해지는 정수} \end{cases}$

(3) 대책

① 고휘도 광원이 시야에 없도록 배치

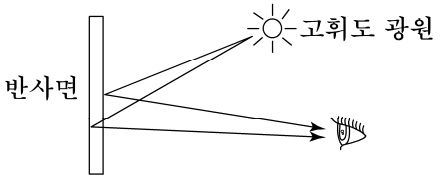
② 고휘도 한계를 제한

㉠ 항시 시야 내 있는 광원 : $0.2cd/\mathrm{cm}^2$ 이하

㉡ 때때로 시야내 있는 광원 : $0.5cd/\mathrm{cm}^2$ 이하

※ 형광등의 예 : 휘도는 약 $0.4cd/\mathrm{cm}^2$으로 잠깐 동안은 눈부심이 생기지 않지만 오래지속되면 눈부심을 느낌

4) 반사(Reflected)Glare




(1) 정의 : 고휘도 광원에서의 빛이 물질 표면에서 일단 반사하여 눈에 들어왔을 때의 현상

(2) 원인 : 반사면이 평활하고 광택이 있는 경우(정반사율이 높은 면일수록 강하다)

※ 광막반사 : 최근 OA환경에서 CRT 화면의 경면반사 때문에 종이와 문자 사이에 휘도대비 저하를 일으키는 현상

(3) 대책

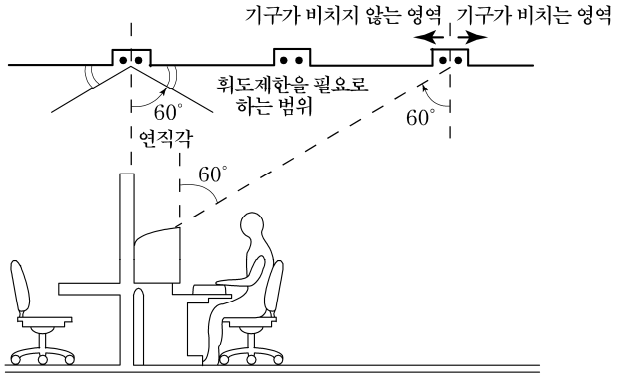
① 일정한 범위에 고휘도 광원 배제

② 보호각 조정으로 직사광 차광

㉠ Glare Zone(시선에서 $\pm 30°$ 범위)을 피함

㉡ 아크릴 루버등 설치

③ 저휘도 광원이나 저휘도 반사판 채용




VDT 화면에 비치는 기구의 위치

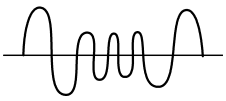
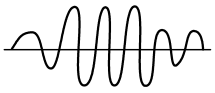
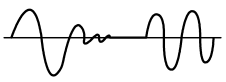
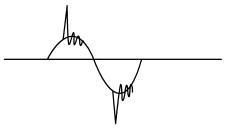
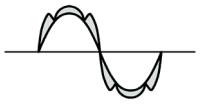
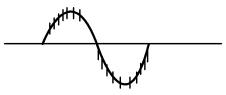
## 문 4-2) 전력품질(Power Quality)에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

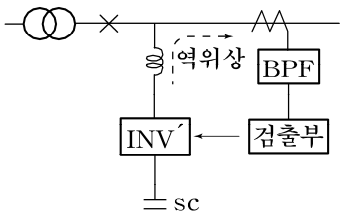
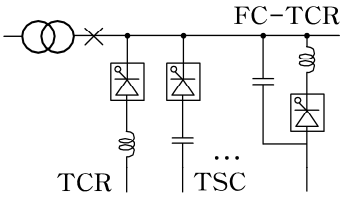
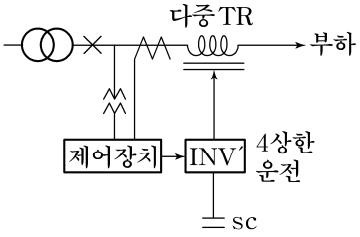
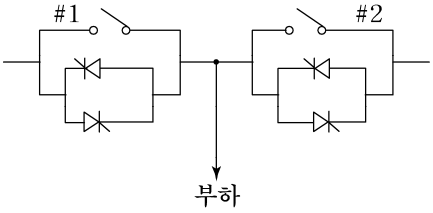
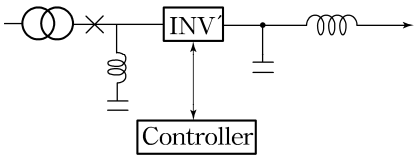
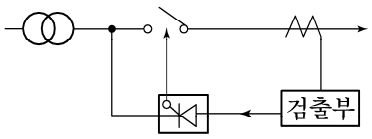
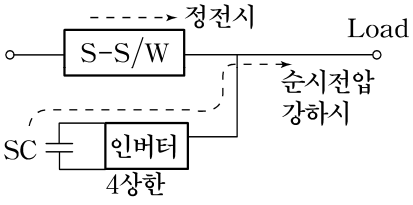
   최근 건축물의 IB화 추세에 따라 전력계통의 외란이나 EMI 발생에 대한 전력품질 안정화 대책이 절실히 요구됨

2. 전력품질의 분류(IEEE 1159)

| 장해요소 | 파 형 | 크기 및 지속시간 | 원 인 | 영 향 |
|---|---|---|---|---|
| 순시전압강하 (Sag or Dip) |  | 0.1~0.9 pu 0.5~30 cycle | 낙뢰, 중부하 개폐 돌입전류, 순간부하 급증 | 제어장치 오동작 방전등 소등, UVR 오동작 |
| 순시전압상승 (Swell) |  | 1.1~1.8 pu 0.5~30 cycle | 지락, 갑작스런 부하 감소 | 전자기기 오동작, 소손 |
| 정전 (Interruption) |  | 0.1 pu 이하 3Sec~1min | 전력기기 고장, 선로 사고, 휴즈, 차단기 동작 | 경제적 손실 안전사고 |
| Surge |  | 1.4 pu 이상 수 $\mu s \sim ms$ | 낙뢰, 전력계통 개폐 단락, 지락사고 | 기기절연파괴 및 열화 |
| 고조파 (Harmonics -Distortion) |  | 0~20% (6kHz 이하) 지속적 | 비선형 부하 아크로, 변압기 | 기기소음, 진동, 과열, 손실증대, 오동작 |
| Noise |  | 0~1% (Broad band) 지속적 | 고주파 발생기기 (전자식 안정기, 스위칭 소자) | EMI 발생 (통신잡음) |
| Flicker | | 0.1~7% (25Hz 이하) 간헐적 | 아크로, 유도로 등 대형 부하 급변 | TV화면 떨림 조명 깜박임 |

3. 전력품질 향상대책

1) 수용가측 대책(Custom Power 기기)

| 장치명 | 구성도 | 특 징 |
|---|---|---|
| 1) Active-filter |  | •고조파 검출 → 인버터→ 역위상 고조파 → 상쇄 |
| 2) SVC(Static Var-Compensator) |  | •대용량 Thyristor에 의한 무효전력 변동 보상장치<br>•전압변동, 상불평형 Flicker 방지 |
| 3) SVG (SV-Generator) = STATCOM |  | •대용량 자려식 인버터 사용, 전압차에 의한 진, 지상 무효 전력공급<br>•역률, 전압변동 보상<br>•SVC에 비해 고속, 고신뢰성, 면적축소 |
| 4) DVR(Dynamic Voltage Restorer) | 소용량 SVG | •수용가측 소용량 부하에 적용<br>•Sag보상 |
| 5) SSTS(Solid State Transfer Switch |  | •2회선 수전 또는 비상전원 소유의 수용가 계통사고 및 정전시 고속절체<br>•무정전 전원공급 |
| 6) MFPC(Multi - Function Power Conditioner |  | •다기능 통합장치<br>•고품질, 장시간 무정전 전력공급 및 감시 관리기능 |
| 7) SSB(Solid State Circuit Breaker) |  | •GTO등 고속 스위칭 소자 이용<br>•급전선 사고시 신속차단 |
| 8) DPI(Dip Proofing Inverter) |  | • 인버터를 통해(Capacitor에 에너지를 충방전(1초이내 재충전)<br>• 인버터 통해 600μs 이내 순시전압강하 보상<br>• 단상 제어전원에 사용 |

2) 전력계통측 대책(FACTS 설비)

| 구분 | | 설비명칭 | 주요기능 |
|---|---|---|---|
| Thyristor 제어설비 | TCSC | Thyristor Controlled Series Capacitor | 선로 임피던스제어<br>전력조류제어 |
| | TCBR | Thyristor Controlled Braking Resiter | 계통 동요 억제 |
| | TCPR<br>(TCPAR) | Thyristor Controlled Phase Regulator | 위상각 제어<br>전력조류제어 |
| | SVC | Static Var Compensator | 모선전압제어 |
| 인버터 응용설비 | STATCOM<br>= SVG | Static Synchronous Compensator | 모선전압제어 |
| | SSSC | Static Synchronous Series Compensator | 선로 임피던스 제어<br>전력 조류제어 |
| | UPFC | Unified power Flow Controller | 위상각제어<br>전압제어<br>전력조류제어 |

4. 결론

최근 전력품질향상을 위한 장치들은 분산형 전원 등과 더불어 각 지역 전력망에 연계, 운용되는 형태로 발전될 전망이며 이로 인한 21세기 정보화 사회의 고품질 전력 서비스 제공과 계통의 안정화 실현이 기대됨

## 문 4-3) 직류차단기의 종류와 소호방식에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

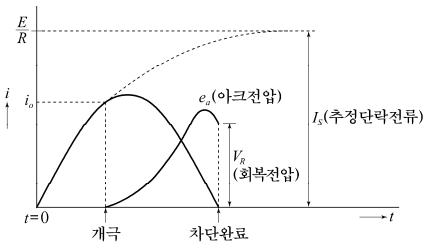
직류는 교류와 달리 사고발생직후 전류가 급상승하고 전류영점을 가지고 있지 않기 때문에 사고전류 차단 시 고속동작에 의해 전류를 영점까지 감쇠시키기 위한 노력이 필요함

기존에는 전철용 직류차단기로 기중차단기가 널리 이용되어 왔는데 이후 기중(氣中)에 아크를 방출하지 않는 반도체 차단기 및 진공차단기가 개발돼 사용되고 있는 추세임.

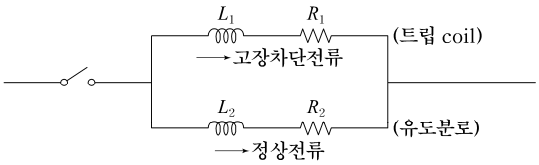
2. 직류차단기의 종류 및 소호방식

1) 기중차단기

① 전류 차단 시에 발생하는 아크 길이를 기중에서 늘리고 냉각하여 계통전압 이상으로 아크전압을 증가시키고, 한류(限流) 효과에 의해 전류를 감쇠· 차단함.



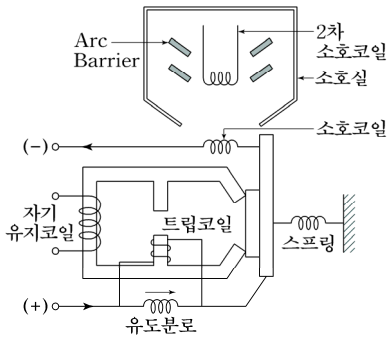

직류회로 차단시 파형



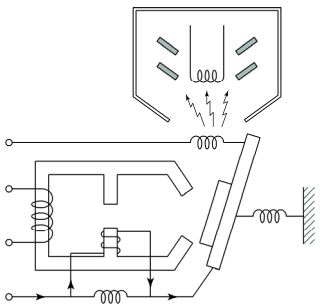

유도분로와 선택차단

정상시 $R_1 > R_2$

고장시 $L_1 < L_2$




폐로시 정상전류 흐름



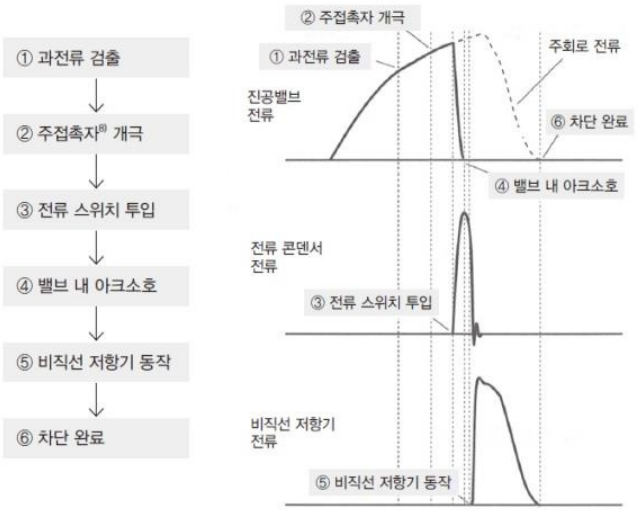
개로시 고장전류 흐름

② 차단기 이외의 소자(비직선 저항기 및 콘덴서)를 필요로 하지 않는 매우 단순한 주회로 구성
③ 기중에 아크방출 → 외부에 스페이스 필요 (대형화)
④ 소전류 차단 시 아크 길이를 늘리는 힘이 작아 한류효과가 불충분
→ 공기 분사 및 외부에서의 자계 인가 등 아크 길이를 늘리기 위한 대책필요.
⑤ 현재까지 가장 널리 사용

2) 반도체 차단기
① 기계접점 대신 반도체 소자의 턴온·턴오프 (turn on·turn off)로 주회로 전류를 제어
② 자기소호 능력을 가진 GTO차단기가 주로 사용
③ 전기신호에 의한 고속응답·고속차단이 가능
④ 아크리스(Arcless)차단기로 소음이 없다
⑤ 차단 시의 회로 에너지를 처리하기 위해 반도체와 병렬로 비직선 저항기(배리스터)로 구성됨
⑥ 전력손실 및 발열이 큼 → 냉각장치필요

3) 진공차단기
(1) 진공차단기술을 이용한 차단기로 접촉자를 내부에 갖춘 진공밸브, 고주파 진동전류를 주회로 전류에 중첩하기 위한 전류(轉流) 콘덴서 및 전류(轉流) 스위치, 차단 시의 회로 에너지를 처리하기 위한 비직선 저항기로 구성됨.
(2) 기중에 아크방출 없슴 (진공밸브 내의 접촉자 간에만 아크발생)
(3) 진공차단기의 아크전압은 수 10~100V로 낮아 한류효과없슴.
→ 콘덴서 방전이용
(4) 차단원리
전류 차단 시 진공밸브 내의 접촉자 개극 직후 전류 스위치를 투입
→ 전류 콘덴서에서 방전되는 고주파 진동전류가 주회로 전류에 중첩→ 진공밸브를 흐르는 전류가 급속하게 감소→ 전류 영점도달 →진공밸브 내의 접촉자 간 아크가 소호
→ 회로에 저장된 에너지에 의해 접촉자 간 전압이 급격히 상승 → 비직선 저항기 동작 → 열에너지 소비 → 차단동작 완료

(5) 특징
① 기중에 아크를 방출하지 않기 때문에 방재성우수
② 진공밸브 내에서 전류를 차단하기 때문에 아크에 의한 소음이 적다.
③ 차단기 외부에 아크 처리 불필요로 스페이스 절약화가 가능하다.




④ 진공밸브 내에서 고주파 진동전류의 중첩으로 단시간 내에 전류를 차단하기 때문에 접점 등 부품의 마모가 적고, 유지보수에 유리.

3. 각종 직류차단기의 특성비교

| NO. | 항목 | 기중 차단기 | 반도체 차단기 | 진공 차단기 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 차단원리 | 아크의 연신(延伸)/냉각에 의한 소호 | 반도체 소자의 소호기능 | 역전류 주입에 의한 소호 |
| 2 | 차단 시의 에너지 처리 | 아크슈트(소호장치)[5] | 비직선 저항기 | |
| 3 | 정격전압 | DC750/1500V | DC1500V | DC750/1500V |
| 4 | 정격전류 | 3000~6000A | 3000A | 3000/4000A |
| 5 | 개극시간[8] | 4~8ms | – | 1~2ms |
| 6 | 주회로 구성 (개략) | 접촉자 | 비직선 저항기, GTO | 전류 콘덴서[7], 비직선 저항기, 진공 밸브, 전류 스위치 |

## 문 4-4) 변압기 병렬운전조건 및 붕괴현상에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 병렬운전의 특징

**1) 장점**

(1) 공급의 신뢰도 향상(1대 고장 또는 점검시에도 무정전 공급능력 확보)
(2) 전압변동경감
(3) 부하증감에 신축적 대응

**2) 단점**

(1) 고장전류 증가로 인한 단락용량 증대
(2) 차단기기류 고가
(3) 보호계전 시스템 복잡

2. 병렬운전 조건

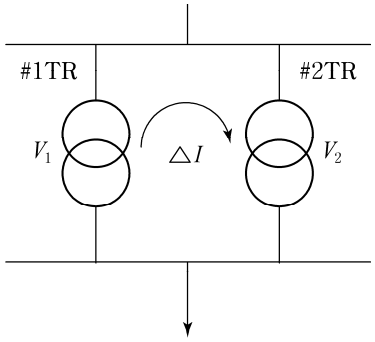
1) 1, 2차 정격전압이 같을 것
2) 극성이 같을 것(단상의 경우)
3) 상회전 방향 및 위상(각변위)이 같을 것(3상의 경우)
4) 권수비가 같을 것
5) 저항과 리액턴스 비가 같을 것
6) %임피던스가 같을 것(10% 이내)
7) 정격용량이 같을 것(정격 용량비 3 : 1 이내)

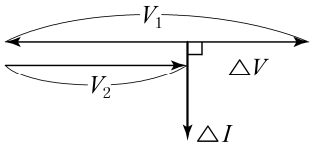
3. 조건이 다를 경우 현상 (병렬운전 붕괴현상)

**1) 정격전압이 다를 경우**

→ 변압기간 무효 순환전류 발생

(1) Vector도 ( $V_1 > V_2$일 때) : 리액턴스 성분만 고려시






$$\triangle I = \frac{\triangle V}{j\,(X_1 + X_2)} = \frac{\triangle V}{X_1 + X_2} \angle -90°$$

(2) 즉, 전압과 90°의 위상차를 가진 무효 순환전류가 전압이 높은 쪽에서 낮은 쪽 변압기로 유입 → #2 TR의 여자전류로 작용

### 2) 극성과 상회전 방향이 다를 경우

과대 전류에 의한 권선소손

(1) 극성이 다를 경우

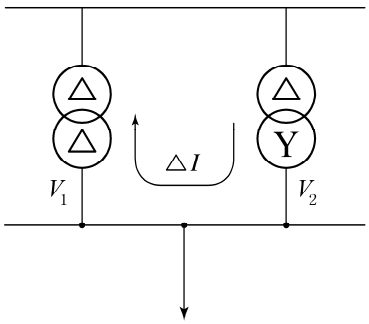
전압이 직렬로 가해져 2배가 됨

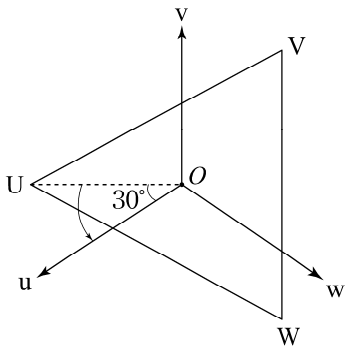
(2) 상회전 방향이 다를 경우

120° or 240° 위상차(상간 등가단락)

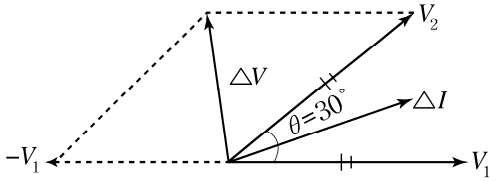
### 3) 위상(각변위)이 다를 경우

(1) △-△/△-Y 병렬 운전시




변압기간 유효 순환전류 발생, 권선과열




전류의 방향 $\begin{cases} V_1\text{보다 } \dfrac{\theta}{2}\text{만큼 앞섬} \\ V_2\text{보다 } \dfrac{\theta}{2}\text{만큼 뒤짐} \end{cases}$

### 4) 권수비, 저항과 리액턴스비가 다를 경우

→ 순환전류에 의한 권선 과열

(1) 권수비가 다를 경우

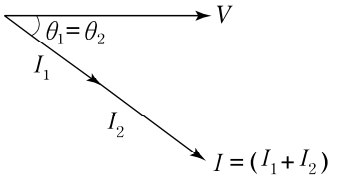
2차 기전력의 크기가 달라 순환전류에 의한 동손 증대로 과열

(2) 저항과 리액턴스비가 다를 경우

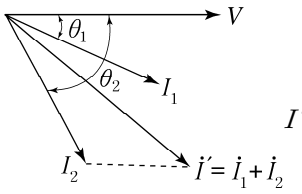
역률에 의한 부하 분담차 또는 전류차에 의한 순환전류 → 손실증가

① $\frac{R}{X}$ ratio가 같을 경우 → $I = I_1 + I_2$(대수적합)

② $\frac{R}{X}$ ratio가 다를 경우 → $\dot{I} = \dot{I}_1 + \dot{I}_2$(벡터적합)




R/X비 동일



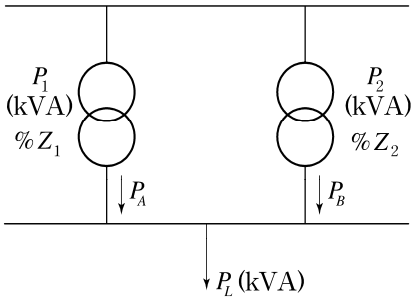

$I' < I$로 손실증가

R/X비 상이

### 5) 용량, %임피던스와 부하분담 관계

(1) 용량이 다르면 : 자신의 용량에 비례한 부하분담

(2) %Z가 다르면 : 자신의 %Z에 반비례한 부하분담




관계식

$$\begin{cases} P_A = \dfrac{\%Z_2 \cdot P_1}{\%Z_1 P_2 + \%Z_2 P_1} \times P_L = \dfrac{m\%Z_2}{\%Z_1 + m\%Z_2} \times P_L \\ P_B = \dfrac{\%Z_1 \cdot P_2}{\%Z_1 P_2 + \%Z_2 P_1} \times P_L = \dfrac{\%Z_1}{\%Z_1 + m\%Z_2} \times P_L \end{cases}$$

여기서, $m = \dfrac{P_1}{P_2}$

$\begin{cases} P_1,\ P_2 : \text{각 TR정격용량} \\ P_A,\ P_B : \text{각 TR부하분담 용량} \\ P_L : \text{TR 총 부하분담 용량} \end{cases}$

4. 기타 고려사항

1. 병렬운전 가능 : △-△/△-△, Y-Y/Y-Y, Y-△/Y-△, △-Y/△-Y
2. 병렬운전 불가능 : △-△/△-Y, △-△/Y-△, Y-Y/Y-△, Y-Y/△-Y
3. 부하의 합계가 변압기 정격용량보다 크지 않을 것
2. 순환전류와 부하전류의 합이 정격부하의 110%를 초과하지 않을 것

## 문 4-5) KSC IEC 60364-4-41의 감전보호체계에 대하여 설명하시오.

## 해설)

1. 개요

**1) 감전 보호방식의 종류**

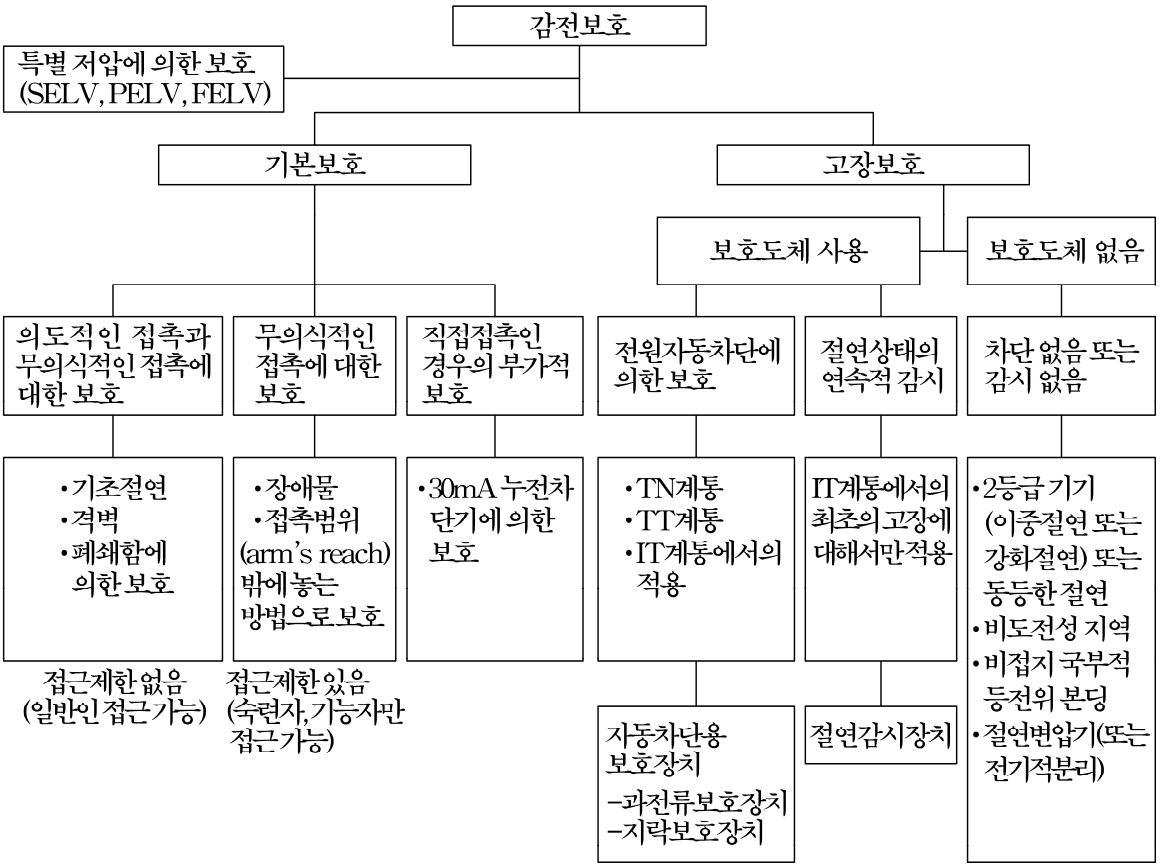
(1) 기본보호 : 정상 운전시의 감전 보호수단

(2) 고장보호 : 고장시 감전 보호수단

(3) 특별저압에 의한 보호 : 전압을 낮게 제한하여 감전보호

**2) 관련규격 :** KSC IEC 60364-4-41

2. 감전 보호체계



3. 감전 보호대책

### 1) 기본보호

(1) 의식적·무의식적 접촉보호 : 충전부 절연, Barrier 또는 Enclosure에 의한 보호

(2) 무의식적 접촉보호 : Obstacle에 의한 보호, Arm's reach 밖 설치

(3) 누전 차단기(30mA 이하의 RCD)에 의한 추가보호

→ 사용자의 부주의로 직접접촉에 일어난 경우로써 단독 보호수단으로는 인정불가

### 2) 고장보호

#### (1) 보호도체(PE) 있는 경우

① 전원의 자동차단 보호

㉠ 기기 노출 도전부 보호도체에 접속 및 등전위 본딩

㉡ 규약 접촉전압 초과시 자동차단

• 계통별 차단조건

| 계통별 | 차단조건 |
|---|---|
| TN | $Z_s \times I_a \leq U_0$<br>단, $Z_s$ : 고장루프 임피던스<br>$I_a$ : 보호기 차단전류<br>TN-S : 과전류 차단기, 누전 차단기<br>TN-C : 과전류 차단기(누전 차단기 사용불가) |
| TT | $R_a \times I_a \leq 50\text{V}$, $R_a = Z_{PE} + R_A$<br>($Z_{PE}$ : 보호도체저항 $R_A$ : 노출 도전부 접지저항)<br>누전 차단기 사용추천($R_a$가 매우 낮을 경우만 과전류 차단기 허용) |
| IT | $R_a \times I_d \leq 50\text{V}$, $I_d$ : 제 1고장전류<br>1st 고장시 : 절연감시(경보)<br>2nd 고장시 : 전원차단(과전류 차단기, 누전 차단기) |

• 계통별 차단시간(IEC 60364-4-41의 표 41A, B)

| 설비의 공칭전압(V) | 차단시간(sec) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | TN계통 | TT계통 | IT계통 | |
| | | | 노출 도전부가 보호도체에 접지시 | 노출 도전부가 그룹별 또는 개별 접지시 |
| 50 초과 120 이하 | 0.8 | 0.3 | 0.8 | 0.3 |
| 120 초과 230 이하 | 0.4 | 0.2 | 0.4 | 0.2 |
| 230 초과 400 이하 | 0.2 | 0.07 | 0.2 | 0.07 |
| 400 초과 | 0.1 | 0.04 | 0.1 | 0.04 |

(2) 보호도체(PE) 없는 경우

① Class Ⅱ 기기 사용에 의한 보호 : 이중, 강화 절연, IB××B 또는 IP2X 이상

② 비도전성 장소에 의한 보호 : 절연(절연저항 규정값 준수), 이격

③ 비접지 국부적본딩 : 동시 접근 가능한 노출, 계통외 도전부 등전위본딩 및 비접지

④ 전기적 분리 : 절연 TR 또는 동등이상 전원에서 공급(기본절연 고장시 감전예방)

### 3) 특별저압에 의한 보호(전압밴드 Ⅰ : AC 50V, DC 120V)

| 구분 | 전원 | 회로 | 대지와의 관계 | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 1차회로 | 2차회로 (* : 충전부, 노출 도전부) |
| SELV | 안전절연TR(2권선 TR) 또는 이와 동등한 전원 | 구조적 분리 | 비접지 | * 1차 PE에 접속안함 |
| PELV | | | 접지허용 | * 1차측 PE에 접속 |
| FELV | 안전전원이 아님 (단권 TR) | 구조적 분리 없음 | 접지허용 | * 1차측 PE에 접속 (전원자동차단 보호) |
| | | | 비접지 | * 1차측 등전위본딩 도체에 접속 (전기적 분리보호) |

## 문 4-6) 접지전극 부식 형태를 구분하고 이종금속 결합에 의한 부식원인 및 방지 대책을 설명하시오.

### 해설)

1. 개요
   1) 부식이란 에너지 준위가 높은 물질이 낮은 화합물로 안정화되는 과정으로 물질 자체의 특성이나 형태가 변질되는 금속의 산화작용
   2) 특히 이종금속 부식은 전해질이 동반된 전기화학 작용임

2. 형태
   1) 습식
      (1) 전식
         ① 외부에서 흘러들어온 누설전류에 의해 발생
         ② 종류: 직류부식(누설전류), 교류부식(간섭)
      (2) 자연부식:
         ① 공기,물,토립자에 의해 발생
         ② 종류
            • 국부전지(Micro Cell): 전위차에 의한 부식
            • 농담전지(Macro Cell)부식 : 염류농도 및 용존 산소차에 의함
            • 이종금속 접촉부식
            • 토양세균에 의한 부식(동,은,황산염,박테리아)

3. 이종금속에 의한 부식원인 및 방지대책
   1) 원인
      (1) 접지극의 재질에 따라
         ① 동피복 접지봉 – 철봉에 동피복을 한 구조
         ② 구조물 접지극 - 철 접지극과 동인하도선의 접속부
         ③ 메쉬 등의 접속 부위 접속도체
      (2) 토양의전해질
         ① 접지극 주위의 토양은 수분을 함유 전해질 역활을 한다
      (3) 전위차 발생
         ① 전위 크기 순서
         – 1. 구리(접지극, 인하도선~접지주접속점)
           2. 납(환경 문제로 접지주 사용불가)

3. 철
4. 알루미늄 (접지주 사용불가)
5. 아연
+ 6. 마그네슘

2) 대책

(1) 전위차를 최소하 하는 방법

① 동종 금속 사용
② 이종금속판 사용접속
③ 용접

(2) 전해질 제거방법

① 토양에 따라 접지주 재질을 선정한다.
② 도장 : 페인팅, 코팅

(3) 접지극 단면적을 크게한다.

(4) 접지주를 도전성 콘크리트로 보호한다.