

»모아는 Challenge다«

전기분야의 Legend, 모아전기학원

제 122회 건축전기설비기술사

[문제풀이집]

교수: 황모아, 홍성철 기술사

Legend 모아전기학원의 자랑!

모아전기학원 2012~2020년

전체 수강생의 1/7을 합격시킨, 진정한 Legend!

“실제 수강생 대비 합격률 대한민국 1위”

강의만족도 90%, 강의 평균 재수강률 80%

“8년간의 검증” 모방이 불가능한 커리큘럼

열정적으로 2020년을 시작합니다.

Legend 모아전기학원의 최강의 강사진!

황모아 원장 “건축전기 기본반과 연구반, 전기안전 특강반”

하용일 교수 “섬세한 발송배전 기본튼튼 강의”

오부영 교수 “최단기 합격비법 전기안전·전기응용반 강의”



MOA Technical Education

전기 교육전문학원

모아전기학원

02) 2068-2851

» 모아전기학원 전기기술사반의 Strength!

첫 번째: 대한민국 최고의 강사진!

- ▷ 최고 전문성을 갖춘 검증된 소방기술사 교수진 5명 강의 중

두 번째: 충분한 공부시간 확보!

- ▷ 정규반/심화반 수업(상/하 총 120~160시간 확보)
- ▷ 별도의 스터디를 통한 학습효과 극대화

세 번째: Class Line-up!

- ▷ 건축전기 2개 Class, 발송배전 2개 Class, 전기안전 2개 Class, 전기응용 1개 Class 운영 중! ▷ 총 7개 Class 개강 운영 중!

네 번째: 동영상 혹은 교재 무료제공!

- ▷ 수강 기간 동안 제공되는 복습용 동영상 or 해당 과정 교재 택1 가능
- ▷ 현장강의 수강시 동일과목 동영상강의 무료제공!!

다섯 번째: 스터디 룸 무료제공!

- ▷ 토요일/일요일: 정규반, 심화반 오전/오후 별도의 스터디룸 제공
- ▷ 평일 스터디룸(24시간) 무한 제공!

모아소방전기학원 / 전기기술사 개강일정

건축전기설비기술사 (홍성철 교수 / 황모아 원장)

CLASS	개강일정 (11주)			교재
건축전기의 중요핵심 “SGN 기본반”	8월 9일 ~ 11월 03일	일요일 15시 ~ 20시30분	11강	모아건축전기기술사 2권+보충자료
영혼있는 답안작성 “SBR 연구반”	8월 9일 ~ 11월 03일	일요일 10시 ~ 18시	11강	모아건축전기기술사 +Sub note

발송배전기술사 (하용일 교수 / 김영민 교수)

CLASS	개강일정 (11주)			교재
철저한 기본주의 “토요기본반”	8월 8일 ~ 11월 09일	토요일 15시 ~ 21시	11강	발송기본3권(송길영) 동일출판사
고정관념 제거 “심화연구반”	8월 8일 ~ 11월 09일	토요일 09시 ~ 15시	11강	자체교재

전기안전(응용)기술사 (오부영 교수)

CLASS	개강일정 (11주)			교재
쓸 수 있는 공부 “SGN기본반”	8월 8일 ~ 11월 09일	토요일 15시-20시	11강	모아전기안전기술사 +보충자료
마무리토론과 모의고사 “SGN연구반”	8월 8일 ~ 11월 09일	토요일 9시-14시30분	11강	모아전기안전기술사 +보충자료

제 122회 건축전기설비기술사 1차 필기문제 (2020년 7월 4일)**[제 1 교시]**

※ 다음 문제 중 10문제를 선택하여 설명하시오. (각 10점)

1. 전력반도체 중 IGCT(Integrated Gate Commutated Thyristor)에 대하여 설명하시오.
2. 피뢰기(LA)의 단로장치에 대하여 설명하시오.
3. 빌딩 내 수변전설비의 변압기뱅크 2차측 모선 방식에 대하여 설명하시오.
4. 옥내배선의 케이블 트렌치 공사 시설 기준에 대하여 설명하시오.
5. 신·재생에너지설비의 지원 등에 관한 지침의 태양광설비 시공기준에서 태양광 모듈의 제품, 설치 용량, 설치상태에 대하여 설명하시오.
6. 무정전전원 장치(UPS)용 대용량 축전지 선정에서의 요구사항과 필요조건에 대하여 설명하시오.
7. 전기사업법령에서 정한 전기의 품질 기준과 이를 유지하는 방법에 대하여 설명하시오.
8. 공동주택 세대별 원격검침설비 기기 구성 및 기능, 전송선로 구성 및 배선에 대하여 각각 설명하시오.
9. 분산형 전원의 배전계통연계 목적과 연계기술기준에 대하여 설명하시오.
10. 전기자동차(EV) 충전방식에 대하여 설명하시오.
11. 전기설비기술기준의 판단기준에서 정의하는 이차전지를 이용한 전기저장장치의 제어 및 보호장치 시설기준을 설명하시오.
12. 전력계통의 전원외란(Power Disturbance) 중 순시전압강하(Voltage Sag)와 전압변동의 발생 원인과 영향에 대하여 설명하시오.
13. 조명설비 용어 중 시감도(Luminosity Factor), 순응(Adaptation), 퍼킨제(Purkinje)효과에 대하여 설명하시오.

[제 2 교시]

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각 25점)

1. 지능형 홈네트워크 설비 설치 및 기술기준 내용 중 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 예비전원이 공급되어야 하는 홈네트워크 필수 설비
 - 2) 홈네트워크 사용기기 설치기준
2. 건축물 지하층에 디젤엔진발전기를 설치할 경우, 전기공사감리 준공검사에 필요한 점검사항에 대하여 설명하시오.
3. 개폐서지(Surge)의 종류와 대책에 대하여 설명하시오.
4. 전동기의 보호장치 및 보호방식에 대하여 설명하시오.
5. 리튬이온 전지(Li-ion Battery)의 동작원리와 특징 및 전기에너지 저장장치(ESS)에 사용 할 경우 안전대책에 대하여 각각 설명하시오.
6. 전력케이블의 열화 요인과 형태, 방지대책 및 진단 방법에 대하여 각각 설명하시오.

[제 3 교시]

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각 25점)

1. 배전선로에서 전력손실 정의와 경감 대책에 대하여 설명하시오.
2. 전선을 병렬로 사용하는 경우, 포설 방법과 접속방법에 대하여 설명하시오.
3. 인공조명에 의한 빛공해 방지법에 대하여 설명하시오.
4. 엘리베이터의 속도제어방식의 종류와 특성에 대하여 설명하시오.
5. 풍력발전시스템의 구성 및 발전원리를 설명하고, 전력계통에 연계 시 미치는 영향과 대책에 대하여 각각 설명하시오.
6. 지중전선로에 대하여 시설방식, 지중전선의 종류, 지중함의 시설방법 및 지중전선 상호간의 접근 시 시설방법에 대하여 각각 설명하시오.

[제 4 교시]

※ 다음 문제 중 4문제를 선택하여 설명하시오. (각 25점)

1. 건축물에 설치되는 구내방송설비에 대하여 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 스피커 종류 및 배치 방법
 - 2) 사무실에 스피커 배치(BGM방송 수신기준) 방법
 - 3) 공연장, 강당, 체육관에 스피커 배치 방법
2. 에너지 하베스팅(Harvesting)과 압전에 대하여 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 에너지 하베스팅 개념과 흐름도
 - 2) 압전의 구성 및 원리
 - 3) 기존발전과 압전발전 비교
 - 4) 압전효과
 - 5) 기술동향
3. 전기사업용 전기에너지 저장장치(ESS)의 사용 전 검사 시 수검자의 사전제출 자료 및 사용 전 검사 항목에 대하여 각각 설명하시오.
4. 케이블의 수트리(Water Tree)현상에 대하여 설명하시오.
5. 공항시설법령에 의한 항공장애 표시등에 대하여 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 장애물 제한 표면
 - 2) 항공장애 표시등 설치대상 및 제외 대상
 - 3) 고광도 항공장애 표시등의 종류와 성능
 - 4) 설치 방법
6. 터널조명의 설계기준 중 설계속도와 정지거리, 경계부 조명, 이행부 조명, 기본부 주명, 비상조명 및 유지관리 요건에 대하여 각각 설명하시오.

제 1 교 시 문제풀이

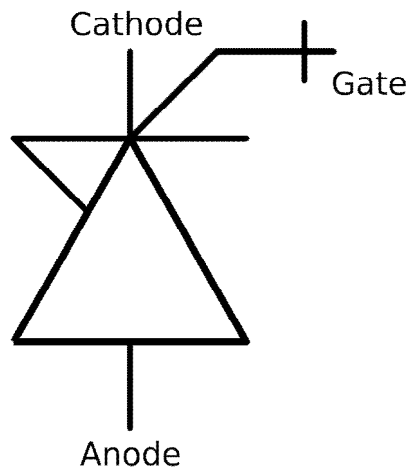
1-1. 전력반도체 중 IGCT(Integrated Gate Commutated Thyristor)에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 기타 자료

1. 전력반도체 중 IGCT(Integrated Gate Commutated Thyristor)

- (1) 통합 게이트 정류 사이리스터(Integrated Gate Commutated Thyristor, IGCT)는 대용량의 전류를 제어할 수 있는 신형 반도체 소자이다.
- (2) GTO와 비슷한 사이리스터의 일종으로, 제어단자(gate) 신호로 켜고 끌 수 있으며 GTO에 비해 전도 손실이 적은 것이 특징이다. 또한 IGCT는 GTO에 비해 조금 더 고속의 스위칭이 가능하다. 최고 400KHz까지의 스위칭이 가능하지만, 변환 손실이 크기 때문에 보통은 500Hz 정도로 스위칭한다.
- (3) 구성



- (4) 특징
 - 1) GTO에 비해 전도 손실이 작다.
 - 2) GTO에 비해 조금 더 고속의 스위칭이 가능하다.
 - 3) 변환 손실이 크다.(보통 500Hz 정도로 스위칭)

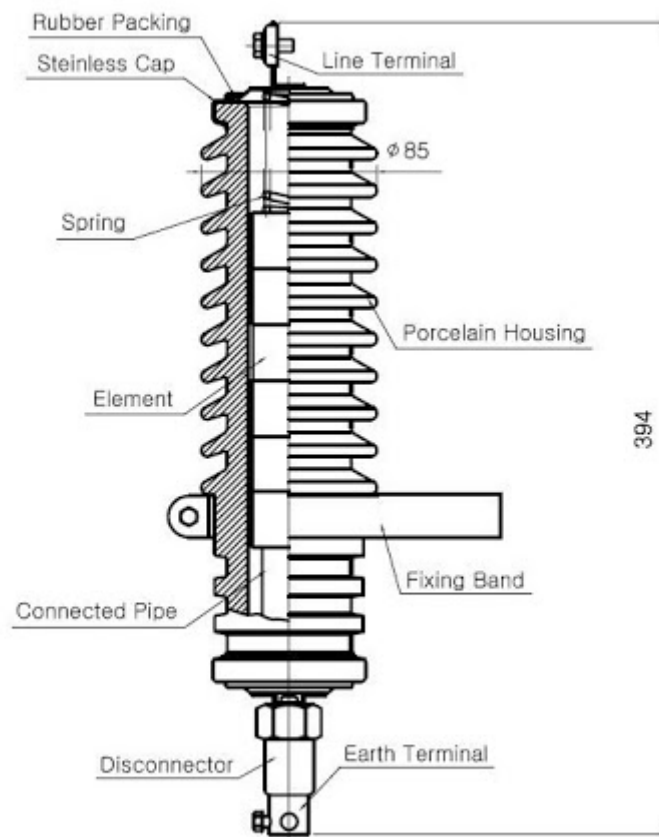
1-2. 피뢰기(LA)의 단로장치에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 기타 자료

1. 피뢰기(LA)의 단로장치

- (1) 피뢰기 자체의 사고는 계통전체에 영향을 주게 되므로 이에 대처하기 위한 조치가 필요하다. 특히 22.9kV-Y 계통용의 피뢰기는 반드시 단로장치가 부착된 피뢰기를 사용하여야 한다.
- (2) 피뢰기(LA)의 단로장치 구조



- 1) Disconnector 내부구조는 저항코일과 폭약성분의 Element로 구성
- 2) 피뢰기 자체고장으로 이상전압은 피뢰기 몸체 내부의 축로갭에서 단로장치로 흐르지만 지속적인 이상전압은 저항코일을 열화로 Element를 폭발시켜 접지측과 분리
- (3) 피뢰기(LA)의 단로장치 필요성
 - 1) 피뢰기의 자체 고장 계통사고로 파급되는 것을 방지하기 위해 접지측에 몸체와 별도로 단로장치를 설치하며 22.9kV 자가용수변전설비의 피뢰기는 반드시 단로장치가 붙어 있는 것을 사용
 - 2) 육안으로 Disconnector의 정상여부를 판단할 수 있으며 만약 분리 되었다면 피뢰기 2차측(접지측)에는 특고압이 충전되었으므로 감전사고에 주의

1-3. 빌딩 내 수변전설비의 변압기뱅크 2차측 모선 방식에 대하여 설명하시오.

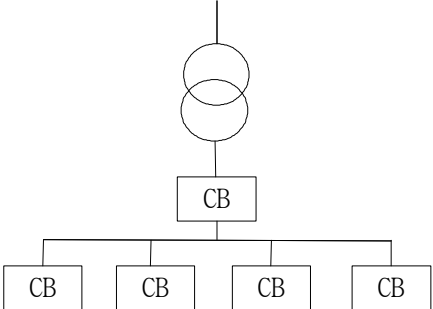
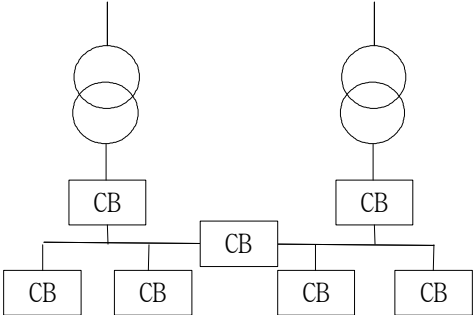
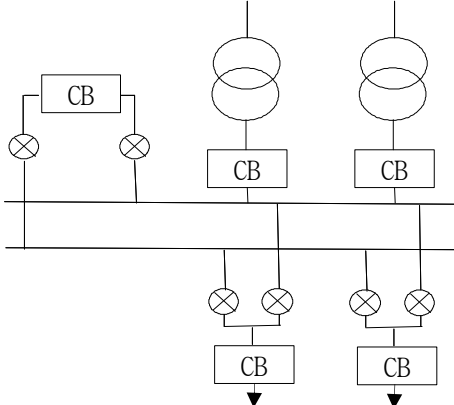
답)

출처‘ 모아 건축전기설비기술사 1권 p222

1. 수변전설비의 변압기뱅크 2차측 모선 방식

- (1) 모선이란 발·변전소등에서 발전기, 변압기, 차단기, 송전선 등이 접속되는 중심이 되는 도체를 의미하며 모선의 회로구성방식에 따라 단일모선, 섹션을 가진 단일모선, 이중모선방식이 있다.

(2) 모선방식

구분	결선도	특징
단일모선		① 간단하고 경제적 ② 위험한 경우 폐쇄형, 절연 모선 사용 ③ 모선 연락용CB 없음 ④ 부하증설 불리(TR 1대) ⑤ 예비전원 공급 불리(병렬운전하여 %Z감소하여 단락전류 증가)
섹션을 가진 단일모선		① 신뢰성이 우수(한쪽 뱅크 고장 시 다른쪽 뱅크 전원공급) ② 차단 시 단락용량 감소 ③ 모선 연락용CB 있음 ④ 부하증설 가능(TR 1대 고장시 모선 연락용 CB투입) ⑤ 예비전원 공급 가능
이중모선		① 신뢰성이 우수(정전없이 점검보수) ② 설비 복잡 ③ 설치면적 증가 ④ 보호협조 불리(다수CB)

1-4. 옥내배선의 케이블 트렌치 공사 시설 기준에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 P237

1. 옥내배선의 케이블 트렌치 공사 시설 기준

(1) 케이블 트렌치에 의한 옥내배선

- 1) 케이블 트렌치 내의 사용 전선 및 시설 방법은 케이블 트레이 공사 방법에 준용한다. 단, 전선의 접속부는 방습 효과를 갖도록 절연 처리하고 점검이 용이하도록 할 것
- 2) 케이블 배선은 회로별로 구분하고 2m 이내의 간격으로 받침대 등을 시설할 것
- 3) 케이블 트렌치에서 케이블 트레이, 덕트, 전선관 등 다른 배선 공사 방법으로 변경되는 곳에는 전선에 물리적 손상을 주지 않도록 시설할 것
- 4) 케이블 트렌치 내부에는 전기배선 설비 이외의 수관, 가스관 등 다른 시설물을 설치하지 말 것

(2) 케이블 트렌치 구조

- 1) 케이블 트렌치의 바닥 또는 측면에는 전선의 하중을 충분히 견디고 전선에 손상을 주지 않는 받침대를 설치할 것
- 2) 케이블 트렌치의 뚜껑, 받침대 등 금속재는 내식성의 재료이거나 방식 처리를 할 것
- 3) 케이블 트렌치 굴곡부 안쪽의 반경은 통과하는 전선의 허용 곡률반경 이상이어야 하고 배선의 절연피복을 손상시킬 수 있는 돌기가 없는 구조일 것
- 4) 케이블 트렌치의 뚜껑은 바닥 마감면과 평형하게 설치하고 장비의 하중 또는 통행 하중 등 충격에 의하여 변형되거나 파손되지 않도록 할 것
- 5) 케이블 트렌치의 바닥 및 측면에는 방수처리하고 물이 고이지 않도록 할 것
- 6) 케이블 트렌치는 외부에서 고형물이 들어가지 않도록 IP2X 이상으로 시설할 것
- (3) 케이블 트렌치가 건축물의 방화구획을 관통하는 경우 관통부는 불연성의 물질로 충전하여야 한다.
- (4) 케이블 트렌치의 부속설비에 사용하는 금속재는 제33조에 의한 접지공사를 하여야 한다.

1-5. 신·재생에너지설비의 지원 등에 관한 지침의 태양광설비 시공기준에서 태양광 모듈의 제품, 설치용량, 설치상태에 대하여 설명하시오.

답)

출처: 태양광설비 시공기준개선

1. 신·재생에너지설비의 지원 등에 관한 지침의 태양광설비 시공기준

(1) 태양광 모듈의 제품

- 1) 태양광 모듈은 한국산업표준에 따른 인증제품(수상형태양광 모듈의 경우에는 고내구성 친환경 제품)을 설치하여야 한다. 다만, 신제품·융합제품 활성화 등을 위해 신재생에너지 센터의 장이 인정하는 경우에는 예외로 할 수 있다.
- 2) BIPV형 모듈은 센터장이 별도로 정하는 품질기준(KS C 8561 또는 8562 일부 준용)에 따른 발전성능 및 내구성 등을 만족하는 시험결과가 포함된 시험성적서를 설비(설치)확인 신청시 신재생에너지센터에 제출할 경우에는 사용 할 수 있다.

(2) 모듈 설치용량

신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 지침에 따른 설비의 경우 모듈의 설치용량은 사업계획서의 모듈 설계용량과 동일하게 설치할 수 없는 경우에는 설계용량의 110% 범위 내에서 설치할 수 있다.

(3) 설치상태

- 1) 모듈의 일조면은 원칙적으로 정남향 방향으로 설치하여야 한다. 정남향으로 설치가 불가능할 경우에 한하여 정남향을 기준으로 동쪽 또는 서쪽 방향으로 45도 이내(RPS의 경우 60도 이내)로 설치하여야 한다. 다만, BIPV, 방음벽 태양광 등의 경우에는 정남향을 기준으로 동쪽 또는 서쪽 방향으로 90도 이내에 설치할 수 있다.
- 2) 모듈의 일조시간은 장애물로 인한 음영에도 불구하고 1일 5시간 [춘계(3~5월)·추계(9~11월) 기준] 이상이어야 하며 전선, 피뢰침, 안테나 등 경미한 음영은 장애물로 보지 않는다.
- 3) 모듈 설치 열이 2열 이상일 경우 앞 열은 뒷 열에 음영이 지지 않도록 설치하여야 한다.

1-6. 무정전전원 장치(UPS)용 대용량 축전지 선정에서의 요구사항과 필요조건에 대하여 설명하시오.

답)

출처: 모아 건축전기설비기술사 1권 P488

1. 무정전전원 장치(UPS)용 대용량 축전지 선정에서의 요구사항

(1) 축전지 용량산출

$$C = \frac{1}{L} \times K \times \frac{P_0 \times 10^3 \times P_f}{\eta_{INV} \times E_d \times N} \text{ [Ah]}$$

여기서, P_0 : UPS용량[kVA], P_f : UPS역률

η_{INV} : 인버터 효율, L : 축전지 보수율(보통 0.8)

K : 용량환산 시간계수, E_d : Cell당 최저전압, N : 직렬개수

(2) 축전지 수량계산

$$N = \frac{V}{V_B} \quad \text{여기서, } V: \text{부하정격전압[V], } V_B: \text{축전지 공칭전압[V]}$$

2. 무정전전원 장치(UPS)용 대용량 축전지 선정에서의 필요조건

(1) 교류입력 특성

- 1) 교류입력은 단상 또는 삼상
- 2) 교류입력의 전압변동허용범위: 정격전압의 $\pm 10\%$ 이내
- 3) 교류입력의 주파수 변동허용범위: 정격 주파수의 $\pm 5\%$

(2) 교류출력 특성

- 1) 과부하 내량은 120%에서 10분
- 2) 출력전압 안정도는 정격전압의 $\pm 2\%$ 이내
- 3) 출력주파수 안정도(비동기 시)는 $\pm 0.3\text{Hz}$ 이내
- 4) 전압 THD(Total Harmonic Distortion)는 선형부하에 대하여 5% 이내
- 5) 과도전압변동(정전, 복전 시)은 정격전압의 $\pm 8\%$ 이내
- 6) 출력전압 불평형률(3상 출력의 경우)은 30%
- 7) 부하 불평형률에 대해서 각 상 평균전압의 $\pm 4\%$ 이내

(3) UPS 출력용량

- 1) UPS 출력용량을 결정하기 위해서는 부하 용량과 부하의 특성을 파악
- 2) 부하 용량에는 정상 시 용량과 돌입용량이 있고, 이들이 UPS의 연속정격 용량과 단시간 과부하내량, 순시 전압변동을 등의 특성에 영향을 주게 된다.
- 3) UPS의 정격용량 > 부하의 정상 시 용량의 총합계
- 4) 최대 돌입용량은 정격용량의 50% 이하
- 5) UPS의 단시간 과부하내량 > 정상 시 부하용량과 돌입 부하용량 합

- 6) 사용 부하가 비선형부하일 경우
 - ① 3상 부하의 경우에는 1.2~1.5배
 - ② 단상 부하의 경우에는 1.3~2배
- 7) 스위칭 주파수 감쇄용 Filter 설치
- 8) Surge 보호용 SPD(Surge Protector Device) 설치
- 9) 장래 부하 증설분도 고려하여야 한다.

1-7. 전기사업법령에서 정한 전기의 품질 기준과 이를 유지하는 방법에 대하여 설명하시오.

답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 2권 p83

1. 전기사업법령에서 정한 전기의 품질 기준과 이를 유지하는 방법

(1) 전력품질 3대 요소(한전): 전압, 주파수, 정전시간

(2) 전압

1) 전기사업법 시행규칙 제118조(전력품질유지)에 의거 규정전압유지율:

$110 \pm 6V$, $220 \pm 13V$, $380 \pm 38V$

2) 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 제5조(전압조정목표)

① 345kV계통: $336kV \sim 360kV$ < $353kV-17kV \sim 353kV+7kV$ >

② 배전용 변전소(배전선 인출 측 기준)

- 중부하시: 최대계통 운전전압

- 경부하시: 전압강하고려 중부하시와 경부하시의 부하비율

③ 154계통: 중부하시($160 \pm 4kV$), 경부하시($156 \pm 4kV$)

(3) 주파수

1) 전기사업법 시행규칙 제118조(전력품질유지)에 의거 규정전압 유지율의거 규정주파수 유지율:

$60 \pm 0.2Hz$

2) 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 제5조(전압조정목표)의 제4조 “계통주파수조정 및 유지범위”에서 비상외의 경우 $62Hz \sim 57.5Hz$

(4) 정전시간

1) 정전이란 전압이 순간 또는 장시간 존재 하지 않는 것

2) 발생: 전력계통의 단락, 전력공급 설비불량, 근접수용가 설비불량

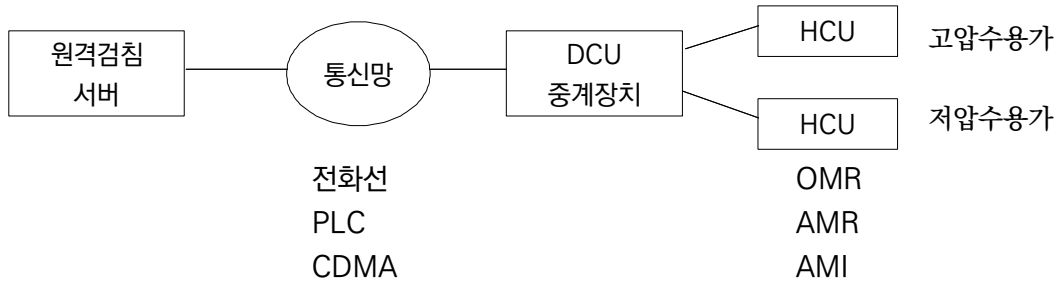
3) 지속시간: 한계설정이 표준화되어 있지 않음

1-8. 공동주택 세대별 원격검침설비 기기 구성 및 기능, 전송선로 구성 및 배선에 대하여 각각 설명하시오.

답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 2권 p330

1. 공동주택 세대별 원격검침설비 구성 및 기능



[원격 검침시스템 구성도]

- (1) 세대원격검침장치(HCU: Home Control Unit)
 - 1) 단독형 구성기기: 원격검침장치 단독으로 설치
 - 2) 일체형 구성기기: 전자식 전력량계와 일체로 구성
 - 3) 비디오폰 겸용기기: 홈오토메이션 설비 내 일체로 구성
- (2) 중계방송(DCU: Distribution Control Unit)

세대 원격검침장치 신호를 중계
- (3) 원격검침서버
 - 1) 중앙처리장치, 모니터, 프린트, 소프트웨어, UPS
 - 2) 전송된 데이터를 분석하여 사용량 적산, 청구서 발행
 - 3) 시설물 관리에 필요한 데이터 기록, 보관

2. 공동주택 세대별 원격검침설비 전송선로 구성 및 배선

(1) AMR/AMI(Automatic Meter Reading/Advance Metering Infrastructure)

배선	특징
전화선 이용(PSTN)	① 기존전화망 이용 ② 시공확장 용이 ③ 통화중 검침 불가 ④ 원거리 송출 가능
전력선 이용(PLC)	① 기존 설치된 전력선 이용 ② 인터넷 서비스 가능 ③ 시공확장 용이, 원거리 송출 가능
전용선 이용	① 전용선로 구성으로 간섭이 없음 ② 통신이 가장 안정적 ③ Data처리속도 빠르고 용량 크다. ④ 배관배선비 증가, 원거리 통신 난해
이동통신망 이용(CDMA)	① 기존의 이동전화망 이용 ② 모뎀설치 및 유지보수 용이 ③ Data신뢰성 우수

(2) AMI 지능형 검침인프라

- 1) 단방향 원격검침인 AMR에서 한 단계 진화한 형태로 수용가와 전력 회사 간 양방향 통신
- 2) AMI 구성
 - ① 스마트미터
전력사용을 근거리 무선통신을 통해 모니터링
전자식계량기, 통신네트워크 단말기 기능
 - ② Back Haul: 원거리 통신용으로 PLC 등을 통해 전력사용 정보수집
 - ③ IHD(In Home Energy Display): 가정 내 전력장비에서 발생하는 전력소모량을 모니터링, 제어하는 가정 내 디스플레이 장치
- 3) AMI 배선
 - ① 양방향 통신: 수요반응, 전기요금 자동계산
 - ② 배전망 제어: 배전자동화, 사용자 정보관리
 - ③ 스마트 센서: 자기진단 및 반자동복구

1-9. 분산형 전원의 배전계통연계 목적과 연계기술기준에 대하여 설명하시오.

답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 2권 p142

1. 분산형 전원의 배전계통연계 목적

- (1) 전기사업법 제15조(송·배전용전기설비의 이용요금 등)에 의해 제정된 송배전용전기설비이용규정의 제39조(배전용전기설비의 접속 및 성능기준)에 따라 전력시장운영규칙에 정해지지 않은 사항을 적용하기 위해 운영한다.
- (2) 전기사업법 제18조(전기품질의 유지) 및 전기사업법 제27조의2(전력계통의 신뢰도 유지)에 따라 고시된 전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지기준 제3조(전력계통 신뢰도 및 전기품질 유지) ②항에 의거하여 고시에서 요구되는 세부 기술적인 사항에 대한 별도의 기준을 마련하기 위해 운영한다.

2. 분산형 전원의 배전계통연계 연계기술기준

- (1) 분산형 전원은 지역 간 혹은 지역 내 송전망의 배전 시설의 간편화와 효율성을 높이기 위해, 태양광이나 풍력과 같은 신·재생에너지 자원을 이용한 소규모 발전 설비를 지칭한다.
- (2) 전기방식
 - 1) 신재생발전기의 전기방식은 연계하고자 하는 배전계통의 전기방식과 동일
 - 2) 저압연계(220V, 380V): 100kW 미만
 - 3) 고압연계(22.9kV): 100 ~ 2만kW 미만
- (3) 배전계통 전압의 조정
 - 1) 원칙적으로 신재생발전기는 배전계통의 전압을 능동적 조정불가 단, 신재생발전기로 인하여 배전계통의 전압이 적정 전압을 이탈할 우려가 있는 경우 한전은 신재생발전 사업자와의 합의를 통해 신재생발전기의 운전역률 혹은 유효전력, 무효전력 등을 제어할 수 있고 정해진 전압 범위를 이탈할 경우 계통에서 분리 할 수 있음
 - 2) 표준전압 허용오차 이내

표준전압	110V	220V	380V	60Hz
허용오차(%)	±6V	±13V	±38V	±0.2Hz

- (4) 배전계통 접지와와의 협조
 - 1) 신재생발전기 접속 시 그 접지방식은 접속되는 배전계통에 연결되어 있는 타 전기설비의 정격을 초과하는 과전압 유발방지
 - 2) 배전계통의 지락고장 보호협조를 방해방지
- (5) 동기화
 - 1) 연계지점의 계통전압은 투입 순간에 아래표의 모든 동기화 변수들이 제시된 제한범위 이내에 있어야 한다.
 - 2) 분산형 전원과 전력계통 사이의 제한변수가 다음 값을 초과하면 투입할 수 없음

발전용량 합계[kW]	전압차[%]	위상각차[°]	주파수차[Hz]
0~500kW	10	20	0.3
500~1500kW 이하	5	15	0.2
1500~20000kW 이하	3	10	0.1

(6) 비의도적으로 배전계통 가압하지 않을 것

신재생발전기는 배전계통이 한전 전원에 의해 가압되어 있지 않을 때 한전에 의해 의도되지 않는 한 배전계통을 가압해서는 안 됨

(7) 측정감시

용량합계가 250kVA 이상일 경우 연결상태, 유효전력, 무효전력, 전압을 측정 감시할 수 있을 것

분산형 전원 용량	적용방법
250kW 미만	감시설비 불필요
250~1000kW 미만	감시설비 필요(단, 단순병렬 분산형 전원은 감시설비 생략 가능)
1000kW 이상	감시설비 필요(단순병렬 포함)

(8) 분리장치

접근이 쉽고 잠금장치 및 육안식별 가능한 분리장치를 분산형 전원과 전력계통 연계지점 사이에 설치

(9) 연계시스템의 건전성

- 1) 전자기 방해(EMI)의 영향으로 인하여 오동작하거나 상태가 변화되지 않도록 보호성능 구비
- 2) 내서지 성능 구비

(10) 전력계통 이상 시 분산형 전원 분리, 재병입

- 1) 신재생발전기는 접속되는 배전계통 선로의 고장 시 해당 배전계통에 대한 가압을 즉시 중지
- 2) 1)목에 의한 신재생발전기 분리시점은 해당 배전계통의 재폐로 시점 이전

전압범위(기준전압에 대한 백분율%)	고장 제거시간
50% 미만	0.16초
50 이상~88% 이하	2초
110 초과~120% 미만	1초
120% 이상	0.16초

- 3) 신재생발전기 연계 시스템은 안정상태의 배전계통 전압 및 주파수가 정상범위로 복원된 후 그 범위 내에서 5분간 유지되지 않은 한 재병입이 발생하지 않도록 하는 지연기능을 갖추어야 함

(11) 전력품질

- 1) 직류유입제한: 분산형 전원 및 그 연계 시스템은 분산형 전원 연결점에서 최대 정격출력 전류의 0.5% 초과하는 직류전류를 전력계통으로 유입해서는 안 됨

2) 역률

- ① 신재생발전기의 역률은 90% 이상으로 유지하여 운전하여야 함. 다만, 역송병렬로 접속하는 경우에는 전압상승 및 강하를 방지하기 위하여 기술적으로 필요한 경우 신재생발전기의 역률의 하한 값과 상한값을 고객과 한전이 협의하여 정할 수 있음(기술적 불가한 경우 80%)
- ② 신재생발전기의 역률은 배전계통 측에서 볼 때 진상 역률이 되지 않도록 하는 것을 원칙
- 3) 플리커: 분산형 전원은 비변한 기동, 탈락 또는 출력변동 등에 의하여 한전계통에 연결된 다른 전기사용자에게 시각적인 자극을 줄만한 플리커나 설비의 오동작을 초래하는 전압요동을 발생 시켜서는 안 된다.

4) 고조파

- ① 배전계통의 종합 전압고조파 왜형률이 5%를 초과하지 않도록 신재생발전기로부터 배전계통에 유입되는 고조파 전류는 각 차수별 로 제어
- ② 고조파 관리기준
- ㉠ 전압 왜형률은 한전공급약관의 THD, EDC와 같게 함.

전압	지중		가공	
	THD [%]	EDC [A]	THD [%]	EDC [A]
66kV 이하	3%	-	3%	-
154kV 이하	1.5%	3.8[A]	1.5%	-

- ㉡ 고조파 전류의 비율은 IEEE 1547 및 IEEE 519에 규정된 값 이하로 함

고조파차수	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
비율(%)	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0

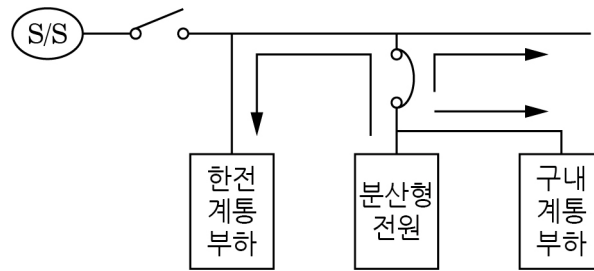
- ㉢ 짝수 고조파는 홀수 고조파의 25% 이하로 함

(12) 보호장치 설치

- 1) 고객은 배전계통 또는 신재생발전기 측의 고장 발생 시 자동적으로 배전계통과의 접속을 분리할 수 있도록 보호장치를 설치하여야 함
- ① 계통 또는 분산형 전원측의 단락, 지락 고장 시 보호를 위한 보호장치를 설치한다.
- ② 적정한 전압과 주파수를 벗어난 운전을 방지하기 위하여 과·저전압계전기, 과·저주파수계전기를 설치한다.
- 2) 단순 병렬운전 신재생발전기 설치 고객은 역전력 계전기를 설치하여야 함
- 3) 역송 병렬운전 신재생발전기의 경우에는 단독운전 방지기능에 의해 자동적으로 접속을 차단하는 장치를 설치하여야 함

(13) 단독운전방지

- 1) 단독운전
- 한전계통 일부가 한전계통과 분리되어 분산형 전원에 의해 전원공급
- 2) 단독운전 상태가 발생할 경우 해당 신재생발전기 연계 시스템은 이를 감지하여 단독운전 발생 후 최대 0.5초 이내 배전계통에 대한 가압중지



(14) 전압변동

1) 계통 전압변동

구분	상시전압변동	순시전압변동
저압 배전선로를 이용하는 경우	3% 이하	4% 이하
특고압 배전선로를 이용하는 경우	2% 이하	2% 이하

2) 순시전압 변동율 허용기준

변동빈도	1시간에 2회 초과 ~10회 이하	1일 4회 초과 ~1시간 2회 이하	1일 4회 이하
순시전압변동율	3%	4%	5%

(15) 주파수

계통주파수가 아래 표와 같이 비정상 범위 내에 있을 경우 분산형 전원은 해당 분리 시간 내에 한전계통에 대한 가압을 중지하여야 한다.

분산형 전원용량	주파수범위 [Hz]	분리시간 [초]
30kW이하	$f > 60.5$	0.16
	$f < 59.3$	0.16
30kW초과	$f > 60.5$	0.16
	$57 < f < 59.8$ (조정가능)	0.16~300(조정가능)
	$f < 57$	0.16

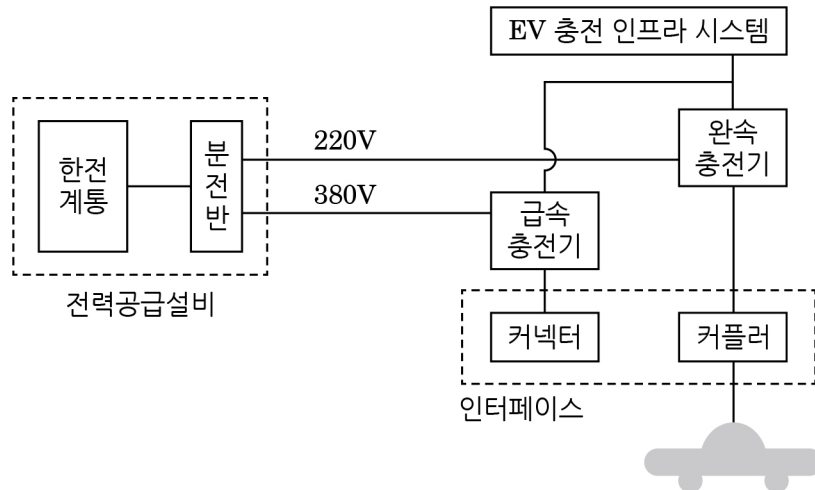
1-10. 전기자동차(EV) 충전방식에 대하여 설명하시오.

답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 2권 p220

1. 전기자동차(EV) 충전방식

(1) 구성



(2) 전력공급설비

전력량계, 분전반, 차단기

(3) 인터페이스

- 1) 커플러: 케이블, 전기자동차 접속장치
- 2) 커넥터: 케이블에 부착

(4) 충전방식

구분	완속충전방식	급속충전방식
입력	AC 220V	AC 380V
출력	AC 220V	AC 380V 또는 DC 380~450V
용량	3~7kW	50kW
충전시간	6시간	30분
설치장소	가정용 장기주차 가능 주차시설	고속도로 휴게소 장기주차 불가 주차시설

1-11. 전기설비기술기준의 판단기준에서 정의하는 이차전지를 이용한 전기저장장치의 제어 및 보호 장치 시설 기준을 설명하시오.

답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 2권 p190

1. 이차전지를 이용한 전기저장장치의 제어 및 보호 장치 시설 기준

- (1) 전기저장장치를 계통에 연계하는 경우 제 283조 제1항 및 제2항에 따라 시설하여야 한다.
- (2) 전기저장장치가 비상용 예비전원 용도를 겸하는 경우에는 다음 각 호에 따라 시설하여야 한다.
 - 1) 상용전원이 정전되었을 때 비상용 부하에 전기를 안정적으로 공급할 수 있는 시설을 갖추어야 한다.
 - 2) 관련 법령에서 정하는 전원유지시간 동안 비상용 부하에 전기를 공급할 수 있는 충전용량을 상시 보존하도록 시설하여야 한다.
- (3) 전기저장장치의 접속점에는 쉽게 개폐할 수 있는 곳에 개방상태를 육안으로 확인할 수 있는 전용의 개폐기를 시설하여야 한다.
- (4) 전기저장장치의 이차전지에는 다음 각 호에 따라 자동적으로 전로로부터 차단하는 장치를 시설하여야 한다.
 - 1) 과전압 또는 과전류가 발생한 경우
 - 2) 제어장치에 이상이 발생한 경우
 - 3) 이차전지 모듈의 내부 온도가 급격히 상승할 경우
- (5) 제38조에 의하여 직류 전로에 과전류차단기를 설치하는 경우 직류 단락 전류를 차단하는 능력을 가지는 것이어야 하고 “직류용” 표시를 하여야 한다.
- (6) 기술기준 제14조에 의하여 전기저장장치의 직류전로에는 지락이 생겼을 때에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설한다.

1-12. 전력계통의 전원외란(Power Disturbance) 중 순시전압강하(Voltage Sag)와 전압변동의 발생 원인과 영향에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 p86,88

1. 순시전압강하(Voltage Sag)의 발생 원인과 영향

(1) 정의

- 1) IEC: 0.5 ~ 30Cycle 동안 전력계통에서 전압이 rms값으로 0.1~ 0.9[pu] 이내로 감소하는 현상
- 2) IEEE: 0.5Cycle 동안 전력계통에서 전압이 rms값으로 0.1~ 0.9[pu] 이내로 감소하는 현상

(2) 원인

1) 전력공급측

- ① 차단기 동작책무로 재폐로 동작
- ② 배전선로 리클로저 재폐로 동작
- ③ 전력계통 사고(낙뢰, 단락, 지락 등) 및 배전선로 수목접촉

2) 수용가측

- ① 작업정전: 중부하 이상개폐, 선로복구작업
- ② 사고정전: 선로사고(낙뢰, 단락, 지락 등)로 인한 보호계전기 동작
- ③ 전압강하: 변압기 여자전류, 대용량 전동기 기동
- ④ 플리커 부하: 전기로, 아크로 등

(3) 영향

구분	영향	대책
컴퓨터 OA기기	① 10~20%(5~20ms) ② 메모리 상실, 프로그램 오동작	① UPS 사용 ② CVCF 사용
전자접촉기	① 50%(5~20ms) ② 기동중 전자접촉기 개방	지연 석방형 전자개폐기 사용
VVVF 인버터	① 20%(5~20ms) ② 전력전자소자 파손을 방지하기 위해 자동정지	대책부 제어장치 사용
방전등	① 20~30%(0.05~1초) ② 소등	순시점등 램프 사용
보호계전기	① 20%(1~2초) ② 보호계전기와 연동되어 있는 차단기 차단	CVCF 사용

(4) 대책

1) 전력공급측

- ① 고저항 접지방식: 지락 시 지락전류 감소
- ② 가공선의 지중화, 절연케이블화
- ③ 분산배치

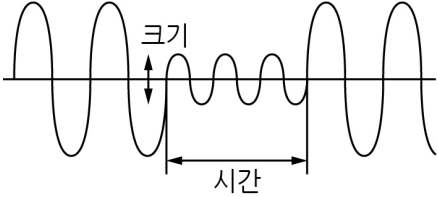
- ④ 계통분리: 순시전압강하 범위 축소
- 2) 수용가측
- ① UPS설치: 중요부하 전압변동, 일정시간 정전대책
- ② 전력용 콘덴서 설치하여 리액턴스 감소
- ③ 무효전력보상장치: 전압변동 감소
- ④ 별도전원계획 : ESS, ALTS
- ⑤ 가변속 제어기기: 전류형 인버터 사용(자동재기동, 정전보상)
- ⑥ 전자접촉기: 지연석방형 사용
- ⑦ 고압방전등: 순시점등형 안정기 사용
- ⑧ 부족전압계전기(UVR): 동작시간 지연
- ⑨ DPI(Dip Proofing Inverters) 설치: 콘덴서의 충전에너지 → 순간 전압 강하 시 방전

2. 전압변동의 발생 원인과 영향

(1) 정의

- 1) 전압변동은 전선에 전류가 흐르면 선로나 기기의 임피던스에 의해 부하측 전압이 저하되는 현상

2) 전압변동 구분

구분	지속시간	전압크기[PU]	전압파형
순시	0.5~30Cycle	0.1~0.9PU	
순간	30Cycle~3초		
일시	3초~1분		

(2) 전압변동 원인

- 1) 전력계통 선로 및 기기의 임피던스
- 2) 선로의 길이 및 굵기
- 3) 부하전류 크기 및 역률
- 4) 계통의 단락전류
- 5) 고조파 부하기동

(3) 전압변동 영향

- 1) 조명: 광속 및 효율 저하
- 2) 유도전동기: 토크 감소, 효율 저하($T \propto V^2$)
- 3) 컴퓨터: 시스템 정지, 데이터 오류
- 4) 전자식 제어기: 전자접촉기, 솔레노이드 여자기능 상실
- 5) 플리커 발생: 10Hz 주기 때 가장 크다.
- 6) 전력손실, 기기수명 단축

(4) 전압변동 대책

1) 전원측 리액턴스 경감

- ① 변압기 용량을 크게 하고 %Z는 작게 한다.
- ② 간선의 단면적을 크게 한다.
- ③ 모선에서 전원측으로 직렬콘덴서 삽입

2) 전압조정

- ① 변압기 탭 변환기
- ② 유도전압 조정기

3) 무효전력 보상

- ① 병렬콘덴서 설치
- ② 동기조상기 설치

4) 변동부하 대책

- ① UPS, AVR 설치
- ② 인버터 기동방식

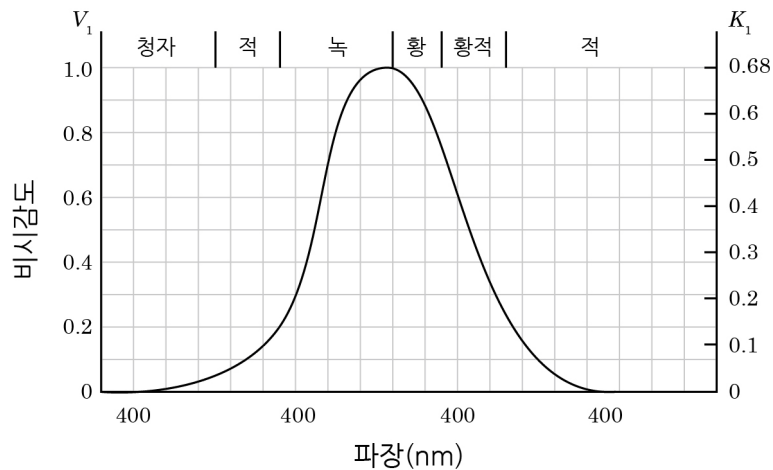
1-13. 조명설비 용어 중 시감도(Luminosity Factor), 순응(Adaptation), 퍼킨제(Purkinje)효과에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 1권 p54

1. 시감도(Luminosity Factor)

- (1) 사람의 눈이 빛을 느끼는 전자파는 380~760nm 파장 범위이며, 555nm의 파장을 가지는 녹색의 빛이 가장 밝게 느껴지며, 이것보다 파장이 길어지거나 짧아지면 빛의 느낌은 어두워 짐을 느끼게 된다. 이처럼 전자파의 에너지가 빛으로 느껴지는 정도를 빛의 시감도라 한다. 얼마만큼 밝기로 느끼게 하는 지를 나타낸다.
- (2) 시감도=광속/복사속
- (3) 비시감도
 - 1) 눈의 최대감도를 (555nm) 1로 하여 다른 파장(380~760nm)에 대한 시간도의 비를 비시감도라 하고, 이것이 비시감도 곡선이다.
 - 2) 비시감도=임의 파장의 시감도/가장 큰 시감도
 - 3) 비시감도 곡선

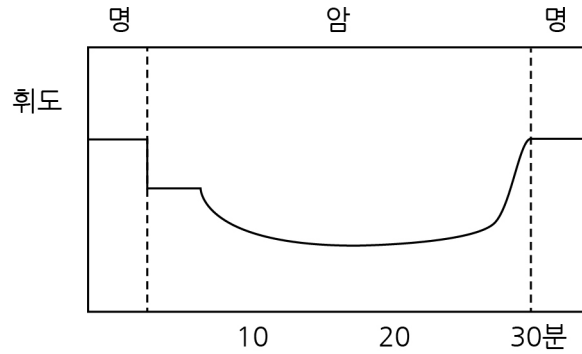


2. 순응(Adaptation)

- (1) 눈에 들어오는 빛의 양을 조절하는 의미로 밝은 곳에서 어두운 곳으로 이동하였을 경우 처음에는 아무것도 보이지 않지만 시간이 지나면 점차 보이기 시작한다. 이를 암순응(暗順應)이라고 한다. 이와 반대로 어두운 곳에서 밝은 곳으로 옮겼을 경우 처음에는 눈이 부시고 아무것도 보이지 않지만 곧 밝은 빛에 익숙해지고 시각이 돌아오는 것을 느낄 수 있다. 이를 명순응(明順應)이라 한다.
- (2) 명순응
 - 1) 어두운 곳 → 밝은 곳
 - 2) 1~2분내 물체 식별
 - 3) 최대시감도 555nm

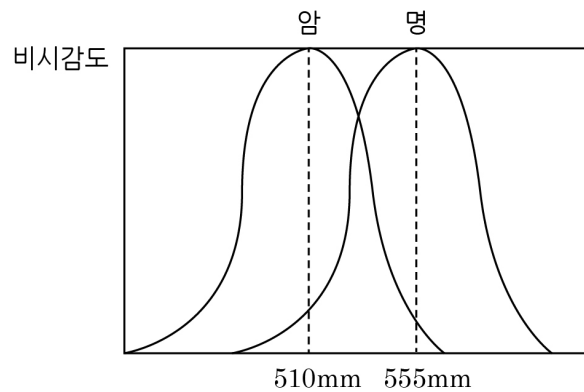
(3) 암순응

- 1) 밝은 곳 → 어두운 곳
- 2) 30분 후 물체 식별
- 3) 최대시감도 510nm



3. 퍼킨제(Purkinje)효과

- (1) 주위 밝기에 따라 물체명도가 다르게 보이는 현상
- (2) 어두운 곳에서는 청색이 적색보다 밝게 보인다.
→ 어둠속 최대비시감도 단파장 쪽으로 이동(밝은 곳 555nm → 어두운 곳 510nm)





제 2교시 문제풀이

2-1. 지능형 홈네트워크 설비 설치 및 기술기준 내용 중 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 예비전원이 공급되어야 하는 홈네트워크 필수 설비
- 2) 홈네트워크 사용기기 설치기준

답)

출처 '지능형 홈네트워크 설비 설치 및 기술기준

1. 예비전원이 공급되어야 하는 홈네트워크 필수 설비

- (1) 공동주택이 다음 각 호의 설비를 모두 갖추는 경우에는 홈네트워크 설비를 갖춘 것으로 본다.
 - 1) 홈네트워크망
 - ① 단지망
 - ② 세대망
 - 2) 홈네트워크장비
 - ① 홈게이트웨이(단, 세대단말기가 홈게이트웨이 기능을 포함하는 경우는 세대단말기로 대체 가능)
 - ② 세대단말기
 - ③ 단지네트워크장비
 - ④ 단지서버(제9조제4항에 따른 클라우드컴퓨팅 서비스로 대체 가능)
- (2) 홈네트워크 필수설비는 상시전원에 의한 동작이 가능하고, 정전 시 예비전원이 공급될 수 있도록 하여야 한다.

2. 홈네트워크 사용기기 설치기준

- (1) 원격제어기기는 전원공급, 통신 등 이상상황에 대비하여 수동으로 조작할 수 있어야 한다.
- (2) 원격검침시스템은 각 세대별 원격검침장치가 정전 등 운용시스템의 동작 불능 시에도 계량이 가능해야 하며 데이터 값을 보존할 수 있도록 구성하여야 한다.
- (3) 감지기
 - 1) 가스감지기는 사용하는 가스가 LNG인 경우에는 천장 쪽에, LPG인 경우에는 바닥 쪽에 설치하여야 한다.
 - 2) 동체감지기는 유효감지반경을 고려하여 설치하여야 한다.
 - 3) 감지기에서 수집된 상황정보는 단지서버에 전송하여야 한다.
- (4) 전자출입시스템
 - 1) 지상의 주동 현관 및 지하주차장과 주동을 연결하는 출입구에 설치하여야 한다.
 - 2) 화재발생 등 비상시, 소방시스템과 연동되어 주동현관이나 지하주차장의 출입문을 수동으로

여단을 수 있어야 한다.

3) 매립형으로 설치하고 강우를 고려하여 설계하거나 강우에 대비한 차단설비(날개벽, 차양 등)를 설치하여야 한다.

4) 접지단자는 프레임 내부에 설치하여야 한다.

(5) 차량출입시스템

1) 차량출입시스템은 단지 주출입구에 설치하되 차량의 진·출입에 지장이 없도록 하여야 한다.

2) 관리자와 통화할 수 있도록 영상정보처리기와 인터폰 등을 설치하여야 한다.

(6) 무인택배시스템

1) 무인택배시스템은 휴대폰·이메일을 통한 문자서비스(SMS) 또는 세대단말기를 통한 알림서비스를 제공하는 제어부와 무인택배함으로 구성하여야 한다.

2) 무인택배함의 설치수량은 소형주택의 경우 세대수의 약 10~15%, 중형주택 이상은 세대수의 15~20%로 정도 설치할 것을 권장한다.

(7) 영상정보처리기기

1) 영상정보처리기기의 영상은 필요시 거주자에게 제공될 수 있도록 관련 설비를 설치하여야 한다.

2) 렌즈를 포함한 영상정보처리기기장비는 결로되거나 빗물이 스며들지 않도록 설치하여야 한다.

2-2. 건축물 지하층에 디젤엔진발전기를 설치할 경우, 전기공사감리 준공검사에 필요한 점검사항에 대하여 설명하시오.

답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 1권 p457

1. 개요

디젤엔진발전기 냉각방식에서 수냉식과 공랭식으로 구분되고 전기공사감리 준공검사에 필요한 점검사항으로는 전기적, 건축적, 기계적 점검사항이 있다.

2. 전기공사감리 준공검사에 필요한 점검사항

(1) 전기적 점검사항

- 1) 발전기 시공도면, 발전기 제작 사양서, 각종 시험 성적서
- 2) 발전기 보수위한 축전지에 의한 비상조명 확보, 조도 100Lux이상
- 3) 발전기 중성선, 철대 및 금속제 외함 접지선 연결 확인
- 4) 배터리 충전기의 동작상태 확인
- 5) 배터리 단자의 조임 상태 및 부식 방지조치의 확인
- 6) 동절기 가동을 위한 발전기 히터의 확인
- 7) 발전기 엔진 쿨링타임의 선정 및 적정성 확인
- 8) 발전기의 기동 시간 및 절체시간의 적정성 확인
- 9) 출력, 전압, 전류, 주파수, 역률, 회전수, 축전지 전압, 연료소모량, 소음 측정
- 10) 무부하 운전, 부하운전 등 시험
- 11) 발전기 전원의 개폐 및 점검을 위한 개폐기, 과전류 차단기, 전압계 등 시설
- 12) 비상전원 절환시 양전원의 인입측에 ATS를 설치, 상호 혼촉 방지
- 13) ATS는 비상전원이 계통으로 역가압 되지 않도록 시설
- 14) 비상발전 운전절차 및 비상전원 공급계통도(전기단선도) 등을 비치

(2) 건축적 점검사항

- 1) 내화도가 2시간 이상인 방화구획된 전용실에 설치
- 2) 방화도어 시공 및 운 열림 방향 확인
- 3) 진동방지 및 내진위한 방전고무패드 설치 및 방전스프링 설치
- 4) 소음 제어를 위한 발전기실의 흡음보드 시공
- 5) 발전기 중량 및 충격에 견디는 발전기 패드의 시공
- 6) 발전기 고정을 위한 시공 양카의 선정 및 적정성 확인
- 7) 발전기 유지 보수, 점검을 위한 공간의 확보, 폭크의 시공
- 8) 건축적인 누유 방지턱 및 누유센서의 확인
- 9) 큐비클 형식의 경우 기초볼트 견고히 부착하여 이동, 전도방지

(3) 기계적 점검사항

- 1) 침수대비 위한 집수정, 펌프시설 및 용량 확인 및 침수피해 최소화
- 2) 좌우의 흔들림 고정을 위한 내진 스톱퍼 설치
- 3) 공기의 흡입 및 배관을 위한 공조 설비의 시설
- 4) 배기음 감소를 위한 소음시 설치
- 5) 발전기 운전을 위한 충분한 공기량을 확보(DA사이즈의 적정성 검토)
- 6) 발전기 체류가스 배기 및 열의 방출을 위한 환기설비의 설치
- 7) 기계적인 연료탱크의 점검, 물과 침전물의 배출
- 8) 연료탱크 용량은 발전기의 운용시간, 유지보수 시간을 고려하여 선정
- 9) 엔진오일의 온도측정, 엔진냉각수 온도측정, 배기가스 온도의 측정
- 10) 엔진 속도계 측정, 연료 압력게이지의 측정, 흡입구의 공기 온도 측정
- 11) 보일러 연도 연결시 Back Pressure 설치
- 12) 발전기와 보일러 연도 공유시 동시 가동하지 말 것
- 13) 냉각설비는 전부하 정격에서 원동기(엔진) 냉각에 충분한 용량일 것

2-3. 개폐서지(Surge)의 종류와 대책에 대하여 설명하시오.

답)

출처: 모아 건축전기설비기술사 1권 p343

1. 개요

선로 개방시 차단기 개폐서지는 유도성 차단 메카니즘으로 전류절단(아크전압), 재기전압이 있으며, 용량성 차단 메카니즘으로 재점호가 있다.

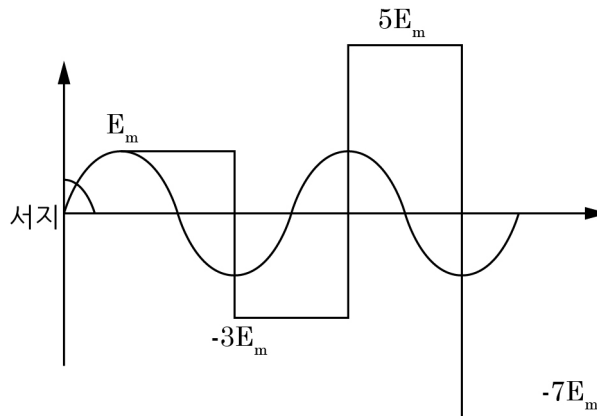
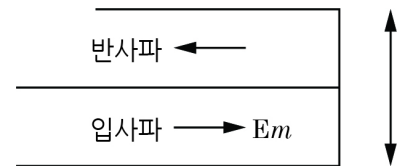
2. 개폐서지(Surge)의 종류와 대책

(1) 무부하 선로 개폐서지

1) 투입서지: 선로 말단에서 정반사하여 최대 $2E_m$ 된다.

2) 재점호

- ① 역률 과보상 상태에서 전류 차단 시 발생
- ② 계통전압과 잔류전하에 의한 전압이 겹쳐져서
 $E \rightarrow 3E \rightarrow 5E \rightarrow 7E$ 순으로 증가

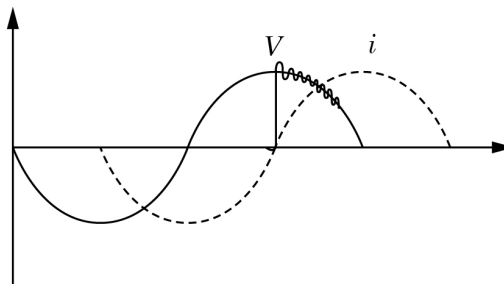


(2) 유도성 소전류 차단서지

1) 전류절단(아크전압)

전류 0점 이전에서 차단 시 발생

$\rightarrow e = -L \frac{di}{dt}$ 에서 $dt = 0, di \neq 0$ 이면 e 는 크게 증가



- 2) 유발절단서지
한상이 0점에서 차단되면 다른 두상도 차단
- 3) 반복 재점호
극간절연회복에 따라 점호, 소호 반복
- (3) 고속도 재폐로서지
 - 1) R/C+S/E
 - 2) 선로측에 잔류전하 있을 때 재폐로 하면 1회 정도 재점호
- (4) 3상 비동기 투입서지
각 상 시간차 투입하여 이상전압 발생
- (5) 개폐서지 대책
 - 1) 개폐서지 대책
 - ① 경부하시 콘덴서 모두 개방
 - ② 수전단에 병렬 리액터 설치
 - ③ 중성점에 직접접지
 - ④ 단로기 설치: 아크전압 방지
 - 2) 서지 억제기구
 - ① LA: 개폐서지 파고치 낮춤
 - ② SA: 개폐서지 억제
 - ③ SPD, SVC, SVG 등
 - 3) 재점호 대책
 - ① 직류차단기는 HSCB 사용
 - ② 콘덴서 회로용 개폐기는 VCS 사용
 - ③ 차단기 차단속도 빠르게
 - ④ 개폐기, 차단기 용량은 큰 것 사용: VCB

2-4. 전동기의 보호장치 및 보호방식에 대하여 설명하시오.

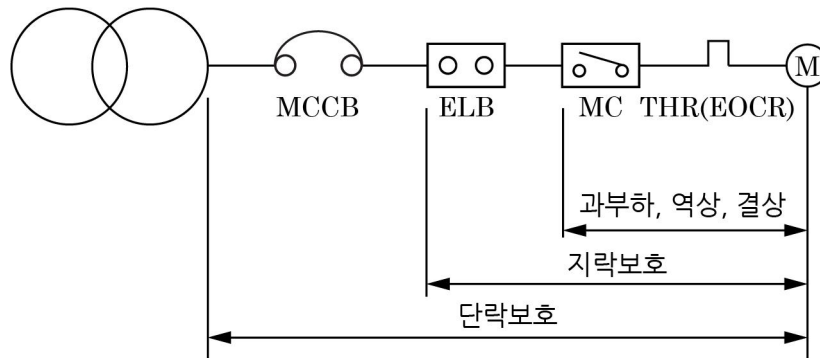
답)

출처 ‘모아 건축전기설비기술사 1권 p194,343

1. 개요

전동기 보호는 전동기와 부하 자체고장을 검출하여 고장 영향을 최소화해야 하며, 전원측 이상으로부터 전동기와 부하를 보호해야 한다.

2. 전동기의 보호장치

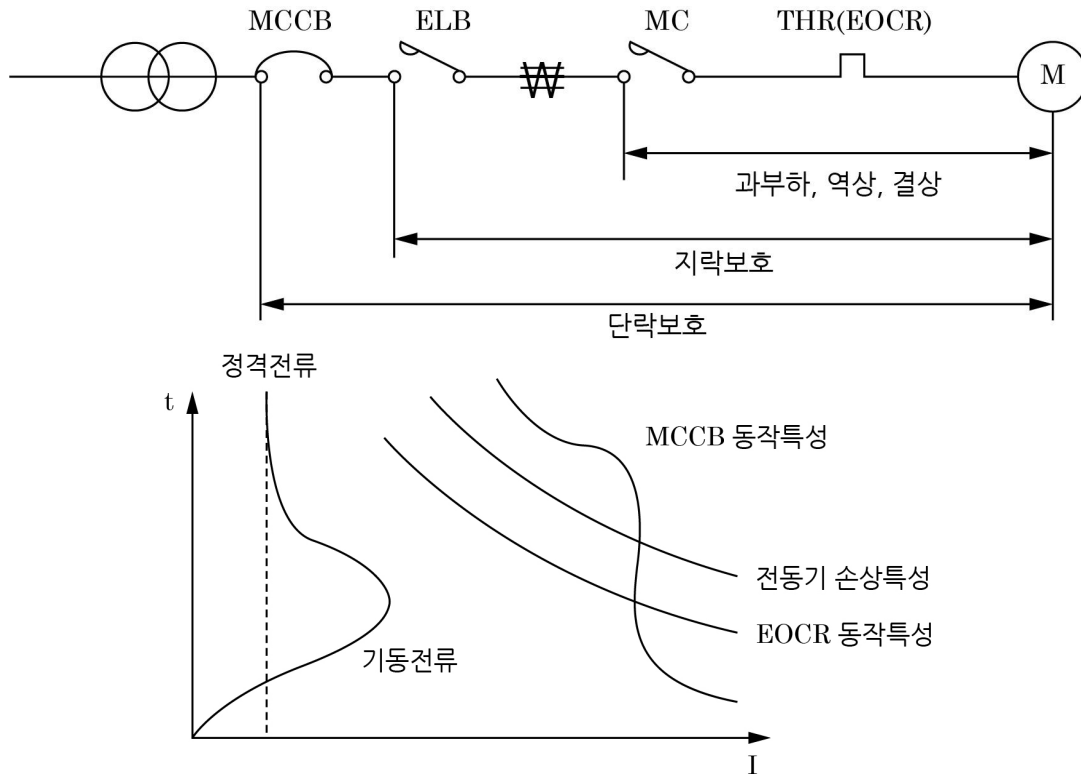


구분	내용
과전류	반한 시 과전류계전기(51)
단락	순시 과전류계전기(50)
지락	① 전류동작형: ZCT+OCGR ② 전압동작형: GPT+OVGR ③ 전압, 전류동작형: ZCT+GPT+SGR
역상	① 정지형 과전류계전기(3E: 과부하, 역상, 결상 보호) ② 전자식 과전류계전기(4E: 과부하, 지락, 역상, 결상 보호)
결상	① 열동형 과전류계전기(2E: 과부하, 결상 보호) ② 정지형 과전류계전기(3E: 과부하, 역상, 결상 보호) ③ 전자식 과전류계전기(4E: 과부하, 지락, 역상, 결상 보호)

3. 전동기의 보호방식

(1) 저압유도전동기 보호방식

1) 보호개념



2) 과부하, 구속부하

- ① 전류 증가하여 온도상승
- ② 과부하: 완만한 온도상승
구속부하: 급격한 온도상승
- ③ 대책: EOCR

3) 단락보호

- ① 권선단락: 정격전류의 수십배
- ② 대책: MCCB, 전력퓨즈

4) 지락보호

- ① 감전, 화재방지
- ② 대책: 누전차단기, 보호접지

5) 과전압, 부족전압 보호

- ① 전압변화 → 전류변화 → 온도, 토크변화
- ② 전압변동: 단시간이라도 $\pm 10\%$ 이내
- ③ 대책: OVR, UVR

6) 역상, 불평형 보호

- ① 역상: 역회전하여 기계적 고장
- ② 불평형 전류: 온도상승

③ 대책: 3E(과부하, 역상, 결상), 4E(과부하, 지락, 역상, 결상)

7) 결상 보호

① 결상: 1선 단선

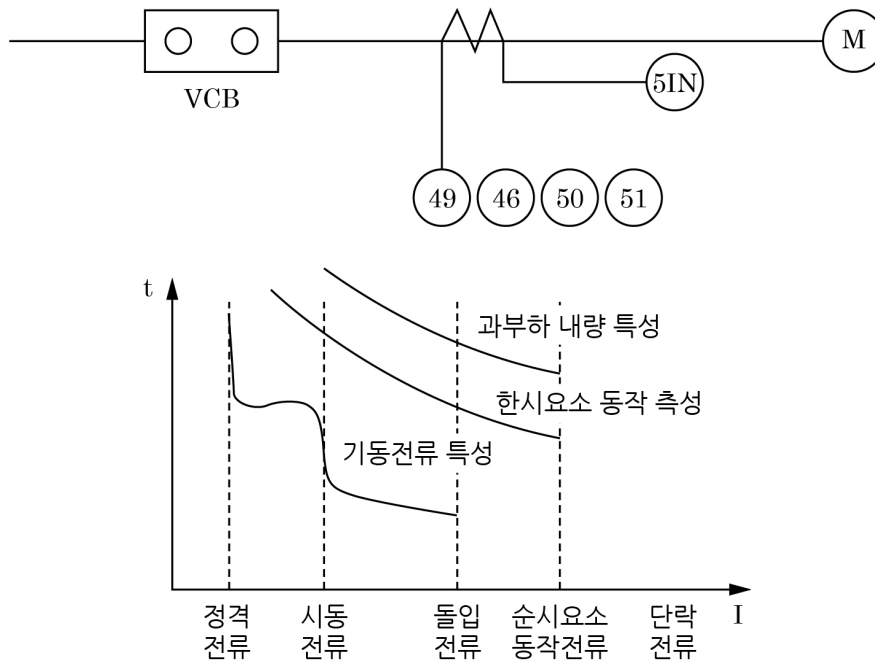
② 기동중 결상: 기동불가

운전중 결상: 2상 과전류

③ 대책: 2E(과부하, 결상), 3E(과부하, 역상, 결상), 4E(과부하, 지락, 역상, 결상)

(2) 고압유도전동기 보호방식

1) 보호개념



2) 과전류 보호

① 과전류보호, 단락보호는 1개의 계전기에 한시(51), 순시(50)요소 사용

② 한시요소: 정격전류의 115%

제2순시요소: 정격전류의 200~250%

제1순시요소: 돌입전류에 동작하지 않도록 높게 설정

③ 대책: 강반한시 과전류계전기

3) 단락 보호

① 순시요소는 시동전류, 돌입전류에 동작하지 않을 것

② 시동전류

구분	시동토크	시동전류
일반용	100~150%	450~650%
시동토크가 큰것	150~200%	500~700%

③ 돌입전류(직류분 포함)

㉠ 제1파형: 130~150%

㉡ 제2파형: 110~120%

④ 대책: 순시과전류계전기

4) 지락 보호

① 순시형 사용 시 영상CT사용

② 비접지: SGR

직접접지, 고저항접지: DGR

③ 대책: 반한시 지락과전류계전기

5) 저전압 보호

① 계통전압의 70%정정

② 대책: PT2차에 UVR설치

2-5. 리튬이온 전지(Li-ion Battery)의 동작원리와 특징 및 전기에너지 저장장치(ESS)에 사용 할 경우 안전대책에 대하여 각각 설명하시오.

답)

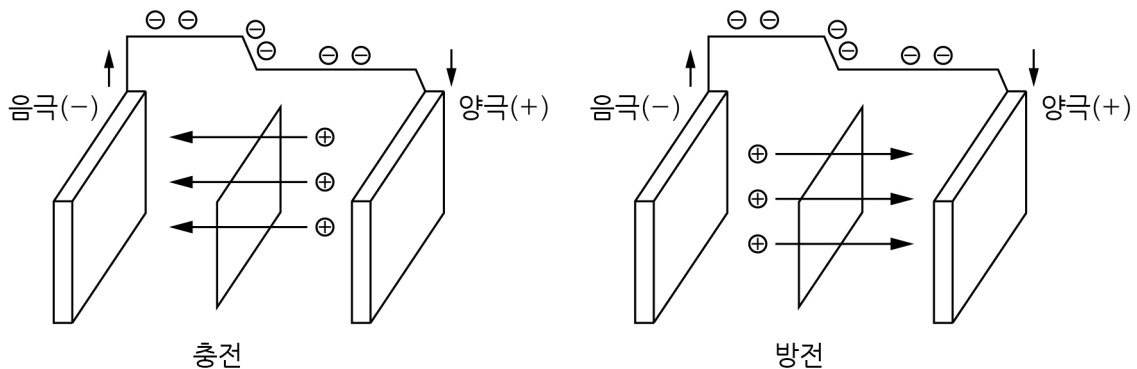
출처 ‘모아 건축전기설비기술사 2권 p202, 산업통상자원부 자료

1. 개요

- (1) 리튬 이온 전지(Li-ion battery)는 이차 전지의 일종으로서, 방전 과정에서 리튬 이온이 음극에서 양극으로 이동하는 전지이다
- (2) 리튬 이온 전지를 이용한 배터리는 안전 설계를 벗어나는 경우, 화재의 잠재적 위험이 존재한다. 국내에서 발생한 에너지 저장 장치의 발화 사고 원인이 직접적인 배터리 결함이 아니더라도, 에너지 저장 시스템의 큰 틀에서 보면 안전 시스템의 획기적인 강화가 필요하다.

2. 리튬이온 전지(Li-ion Battery)의 동작원리와 특징

(1) 원리



- 1) 리튬 이온전지는 리튬 원자를 산화-환원시키면서 전자를 발생시키고 전자를 외부회로로 순환 시킴
- 2) 충전: 전위차를 생성시키기 위해 인위적으로 양극에서 전자를 뽑아내어 음극에 넣어 주는 과정
- 3) 방전: 전위차를 느낀 전자가 음극에서 빠져나와 양극으로 이동함

(2) 충전방식

1) CP(Constant Power)방식

- ① 일정한 전력으로 충전하는 방식
- ② PCS(Power Conditioning System) 설계가 가장 간단함
- ③ 충전 시작 시 과전류 발생할 가능성이 있음
- ④ CV제어가 없어 충전도중 전지전압이 과충전 전압에 도달함
- ⑤ 안전성에 대한 대책이 필요함

2) CCCV(Constant Current Constant Voltage)방식

- ① 전지의 만충전 감지전압이 될 때 까지는 CC(Constant Current)로 충전하고 그 이후에는 정전압 CV(Constant Voltage)으로 충전함
- ② 전지를 완전히 충전할 수 있음

- ③ 충전효율이 가장 높음
- ④ PCS설계가 복잡함
- ⑤ 충전시간이 가장 오래 걸림

3) CPCV(Constant Power Constant Voltage)방식

- ① 전지의 만충전 감지전압이 될 때 까지는 CP(Constant Power)로 충전하고 그 이후에는 CV(Constant Voltage)으로 충전함
- ② PCS설계가 CCCV 방식에 비해 용이함
- ③ 충전시간이 CCCV 방식에 비해 짧음
- ④ 충전효율이 CCCV 방식에 비해 낮음
- ⑤ 충전초기에 과전류가 발생할 가능성이 있음

(3) 특징

- 1) 리튬전지는 양극-음극 간 리튬이온 이동에 의해 에너지가 저장되며 고에너지 밀도와 고에너지 효율을 얻을 수 있는 것이 장점이다.
- 2) 크게 양극, 음극, 전해질의 세 부분으로 나눌 수 있는데, 다양한 종류의 물질들이 이용될 수 있다. 음극에는 흑연이 가장 많이 사용되고 있다.
- 3) 양극에는 층상의 리튬코발트산화물과 같은 산화물, 인산철리튬과 같은 폴리음이온, 리튬망간 사산화물, 스피넬 등이 쓰인다.
- 4) 음극, 양극과 전해질로 어떤 물질을 사용하느냐에 따라 전지의 전압과 수명, 용량, 안정성 등이 크게 달라진다. 최근에는 나노기술을 활용하여 전지의 성능을 높이고 있다.
- 5) 다만 가격이 비싸고 대용량 셀을 구현하는데 어려움이 있지만, 최근 초소형으로 대용량 셀 구현기술이 속속 개발되고 있다.

3. 전기에너지 저장장치(ESS)에 사용 할 경우 안전대책

(1) 충전율 제한조치(80% 또는 90%) 시행

- 1) 신규 ESS 설비는 설치장소에 따라 충전율을 80% 또는 90%로 제한하고, 기존설비는 충전율 하향을 권고하는 한편, 재생에너지 연계용 ESS 운영기준 및 요금특례 제도를 개편하여 이행력을 제고한다.
- 2) 우선, 신규 설비 중 일반인이 출입 가능한 건물 내 설치되는 '옥내 ESS설비'의 충전율은 80%로, 일반인이 출입하지 않는 별도 전용건물 내 설치되는 '옥외 ESS설비'의 충전율은 90%로 제한한다.
- 3) 이와 같은 충전율 제한 조치는 전문가 및 업계 의견수렴을 거쳐 금년 2월 중 ESS 설비 '사용전 검사기준'에 반영하여 시행하고, 현재 설치중인 소방시설의 효과성과 안전관리 기술 발전 등을 고려하여 제한조치 시행 1년 후 충전율 운영범위를 재검토할 계획이다.
- 4) 기존 ESS 설비에 대해서는 신규 설비와 동일한 충전율로 하향토록 권고하고, 충전율을 낮추는 효과가 있으면서도 업계의 부담이 완화 될 수 있도록 재생에너지 연계용 ESS 운영기준 및 특례요금 개편 방안을 마련할 계획이다.
- 5) 피크저감용 설비는 충전율 하향 권고를 이행하는 경우에 전기요금 할인이 적용되도록 하는 등 한전 할인특례 개선방안을 검토하고, 재생에너지 연계용 설비에 대해서도 REC 발급기준을 개정하여 ESS 운영방식을 개선하고, 충전율 하향권고를 이행토록 유도 할 계획이다.

(2) 옥내설비의 옥외이전 지원

- 1) 정부는 업계와 협력하여 일반인이 출입 가능한 건물내에 소재하고 있는 ‘옥내 ESS설비’의 안전성 확보를 위해 공통안전조치, 소방시설 설치 및 방화벽 설치 등 안전조치를 추진하고 있는바,
- 2) 상기 안전조치 이행이 어렵거나 사업주 등이 옥외 이전을 희망하는 옥내ESS 설비의 경우에는 옥외 이전을 추진하고, 정부가 이를 지원할 계획이다.

(3) 사고원인 규명을 위한 운영데이터 보관 (블랙박스 설치)

- 1) 정부는 「ESS 안전관리 강화대책」(‘19.6.11) 이후 설치되는 ESS에 대해서는 운영 데이터 별도 보관조치를 의무화(전기설비기술기준 개정) 한 바 있다.
- 2) 그 이전에 설치된 ESS 설비에 대해서도 금번 조사단의 평가에 따라 운영 데이터 별도 보관(블랙박스 설치)을 권고할 계획이다.

(4) 인명피해 예방을 위한 철거·이전 등 긴급명령 제도 신설 등

- 1) ESS 설비의 화재가 발생할 우려가 현저한 경우 긴급점검을 실시하고, 그 결과 인명 및 재산피해 우려가 현저하다고 인정되는 경우에는 철거·이전 등 긴급명령이 가능하도록 제도를 정비할 계획이다.
- 2) 이러한 정부의 긴급명령으로 인해 손실이 발생하는 경우에는 보상을 지급할 수 있는 근거를 마련하고, 긴급명령의 미이행에 따른 벌칙(2년이하 징역 또는 2천만원 이하 벌금) 등도 신설한다.
- 3) ESS설비의 법정점검 결과 등 안전관리에 관한 정보를 공개하는 정보공개제도를 신설 (전기안전종합정보시스템)하고 국가 R&D(‘19.6~ ‘21.11월)를 통해 산지·해안가, 도심형, 옥내 모델 등 입지별 특성을 고려한 표준설치모델을 개발·보급할 것이다.
- 4) 이러한 입지별 표준설치 모델을 설치기준에 반영하여 ESS 설치 단계부터 입지 유형별 맞춤형 관리를 추진 할 계획이다.

2-6. 전력케이블의 열화 요인과 형태, 방지대책 및 진단 방법에 대하여 각각 설명하시오.

답)

출처 '모아 건축전기설비기술사 2권 p194,202

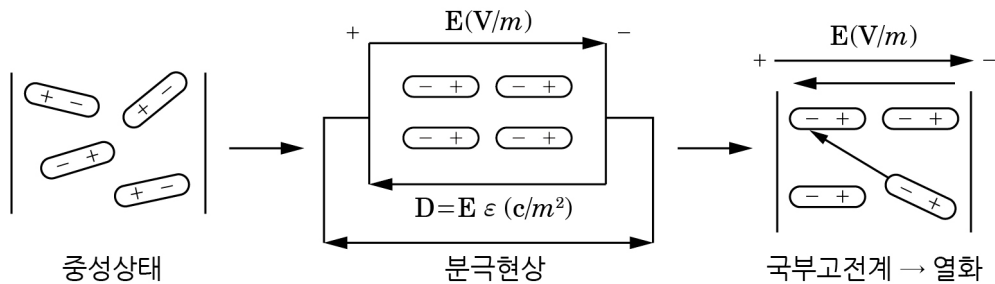
1. 개요

전력케이블 열화 형태는 전기적, 기계적, 열적, 환경적 형태로 발생하고, 진단방법은 케이블 정전 시 열화진단, 케이블 활선 시 열화진단으로 구분된다.

2. 전력케이블의 열화 요인과 형태

(1) 열화 요인

1) 분극현상



2) 트리현상



(2) 열화 형태

구분	원인	영향
전기적 열화	과전압, 서지	① 전기트리 ② 수트리 ③ 부분방전
기계적 열화	충격, 마찰	① 피복손상 ② 절연파괴
열적 열화	열, 열신축	① 신축저하, 인장강도 저하 ② I증가 → Q증가 → 팽창 I감소 → Q감소 → 수축
환경적 열화	습기, 해충	① 피복손상 ② 금속시스

3. 전력케이블의 열화 방지대책 및 진단 방법

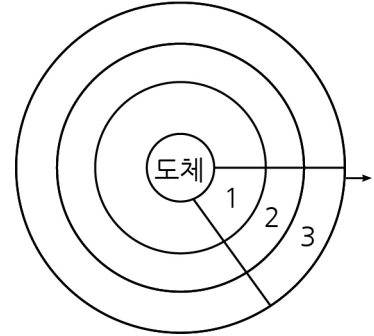
(1) 열화 방지대책

- 1) 차수층 케이블 사용
- 2) 고품질화: Void, 이물질 제거
- 3) 시공유지관리: 전선이상온도 검지장치
- 4) 비파괴검사
- 5) 균일한 전계

① 전속밀도: $D_1 > D_2 > D_3$

② 유전율: $\epsilon_1 < \epsilon_2 < \epsilon_3$

$$\text{균일한 전계확보 } E = \frac{D}{\epsilon}$$



(6) 열화진단

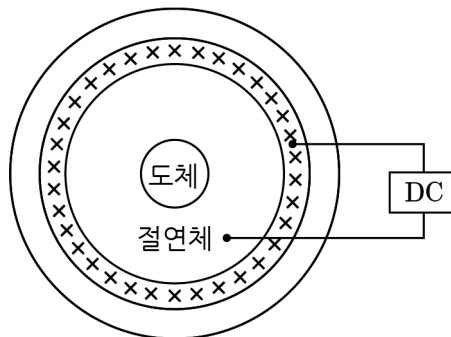
(1) 케이블 정전 시 열화진단

1) 절연저항법

① 절연저항계

㉠ 절연층과 차폐층에 DC 1분간 인가

㉡ 1분 후 절연저항 측정



② 낮은 정밀도

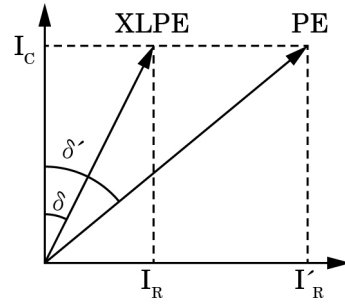
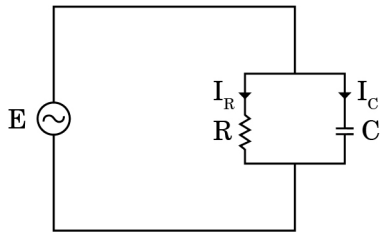
③ 판정

㉠ 도체와 대지사이: 5000M Ω 이상

㉡ 차폐층과 대지사이: 2000M Ω 이상

2) 유전정점법(tan δ 법)

① 교류전압 인가 \rightarrow tan δ [%] 변화측정



② 높은 정밀도

③ 판정

$\tan \delta$	0.5% 이하	0.5~5%	5% 이상
판정	양호	주의	불량

3) 직류고전압 인가법

① 케이블에 직류전압을 서서히 인가

② 측정시간 10분 소요

③ 판정

㉠ 성극지수($P \cdot I$)

$$P \cdot I = \frac{\text{1분 경과후 전류}}{\text{10분 경과후 전류}}$$

$P \cdot I$	1.5이상	1.0~1.5	1.0미만
판정	양호	주의	불량

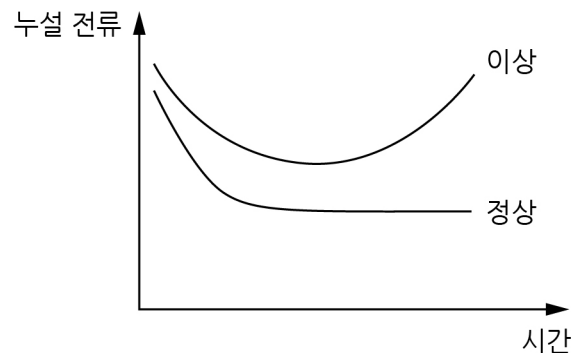
$$\text{㉡ 누설전류값} = \frac{\text{최종 누설전류 } [\mu A]}{\text{케이블 길이 } [km]}$$

누설전류	$10 \mu A/km$ 이하	$11 \sim 50 \mu A/km$	$50 \mu A/km$ 초과
판정	양호	주의	불량

$$\text{㉢ 약점비} = \frac{6[kV] \text{ 인가시 절연저항}}{10[kV] \text{ 인가시 절연저항}}$$

통상 1정도, 열화 시 절연저항 작아지고 약점비 커진다.

㉣ 킥 현상

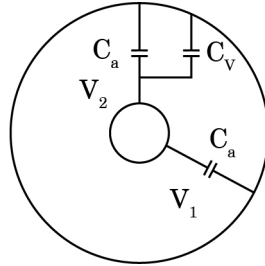


4) 부분 방전법

① 교류전압 인가하여 보이드 부분방전

부분방전 → 전압변화 → 방전전하

$$\textcircled{2} \Delta V = V_1 - V_2 = \frac{Q}{C_a} - \frac{Q}{C_a + C_v} = Q \left(\frac{1}{C_a} - \frac{1}{C_a + C_v} \right)$$



C_a : 정상절연
 C_v : 보이드 절연

(3) 케이블 활선 시 열화진단

1) 활선tanδ법

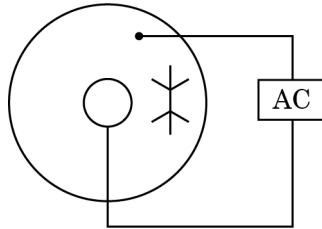
① 고압배선 분압기로 전압측정 + CT이용 접지선 전류측정 → 위상차로 tanδ측정

② 판정

tanδ	0.5% 이하	0.5~5%	5% 이상
판정	양호	주의	불량

2) 수트리진단법

① 수트리에 정류작용 → 차폐선 누설전류 발생



② 판정

누설전류	1nA 이하	1~100nA	100nA 이상
판정	양호	주의	불량

3) 직류전압 중첩법

① GPT 중성점 전로에 DC 50V중첩 → 누설전류 이용하여 절연저항 측정

② 판정

절연저항	5000MΩ 이상	100~5000MΩ	100MΩ 이하
판정	양호	주의	불량

4) 저주파 중첩법

- ① 직류전압 중첩법 문제점 보완
- ② 저전압, 저주파수 인가(10V, 5Hz) → 저주파수 전류 이용하여 절연저항 측정
- ③ 판정

절연저항	1000M Ω 이상	400~1000M Ω	400M Ω 이하
판정	양호	주의	불량



제 3교시 문제풀이

3-1. 배전선로에서 전력손실 정의와 경감 대책에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 P270

1. 개요

- (1) 송전선이나 배전선에는 전기저항이 있으므로, 전기에너지의 일부는 송전 도중에서 열(줄열)로 변해 버리고 만다. 보통 도체의 경우와 동일하게 송배전선의 전기저항을, 송전 전류로 하면, 거기에서 발생하는 열은 줄에 비례한다.
- (2) 따라서 이 낭비를 적게 하기 위해서는, 저항이 될수록 작게 하는 것이 중요한데, 재료면에서 보아 한계가 있다. 한편 전력은 전압과 전류의 곱에 비례하므로 전압을 크게 하고 전류를 작게 하면, 동일 전력의 낭비를 적게 하고 보낼 수가 있다.

2. 전력손실 정의

- (1) 전력손실 P_1

$$1) P_1 = KI^2R = K\left(\frac{P}{V\cos\theta}\right)^2\rho\frac{l}{A}$$

$$2) P_1 \propto 1/V^2 \propto 1/\cos^2\theta \propto R(\rho\frac{l}{A})$$

- (2) 전력손실과 전압강하

- 1) 전력손실은 전기에너지가 본래의 목적 이외 소비되는 현상을 의미하며 구체적으로는 구리에 전류를 흘리면 줄열에 의해 구리의 온도가 올라갑니다. 이를 동손 이라고 하며 이외에도 철이 자화 될 때의 히스테리시스손실 등 예상치 못한 곳에서 전기 에너지는 다른 에너지로 변환되어 손실되는 것
- 2) 전압강하는 원래 전원 전압이 전선의 저항 부하에 도착한 때에는 전압이 저하되는 현상을 의미하며 언제 까지나 전압의 저하이며, 전류는 관계없는 것이다
- 3) 전력손실과 전압강하의 차이는 전력은 전압과 전류의 곱으로 구할 수 있습니다. 전압이 낮아지면 전력도 낮아지고 즉, 전압강하는 결국 전력손실로 이어질 것입니다. 그러나 전력손실은 전류류의 손실에 의해 발생하는 전압 강하와 같은 의미라고는 말할 수 없다 전력손실은 작은부류 내에 전압강하라는 것으로 인식하는 것이 옳다고 말할 수 있겠다.

4) 배전선의 전력손실, 전압강하

구분	1 ϕ 2 ω	1 ϕ 3 ω	3 ϕ 3 ω
전력손실	$P_1 = 2I^2R$	$P_1 = 2I^2R$	$P_1 = 3I^2R$
전압강하	$V_d = 2IR$	$V_d = IR$	$V_d = \sqrt{3} IR$

3. 전력손실 경감 대책

(1) 전압상승

- 1) $P_1 \propto 1/V^2$: $V \uparrow \rightarrow P_1 \downarrow$
- 2) 절연주의: $V \uparrow \rightarrow E \uparrow \rightarrow$ 절연

(2) 역률개선

- 1) $P_1 \propto 1/\cos\theta^2$
- 2) 역률개선 $\rightarrow P_1 \downarrow$

(3) 선로저항 감소 $R = \rho \frac{l}{A}$

- 1) 도전율 σ 높은 도체
- 2) 선로길이 l 감소, 단면적 A 증가

(4) 전기공급 방식

구분	1 ϕ 2 ω	1 ϕ 3 ω	3 ϕ 3 ω	3 ϕ 4 ω
동함유량	24	9	18	8
V_d, P_1	100%	37.5%	75%	33.3%

(5) 집중부하, 분산부하

구분	전압강하	전력손실
집중부하	1	1
분산부하	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$

3-2. 전선을 병렬로 사용하는 경우, 포설 방법과 접속방법에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 P277

1. 개요

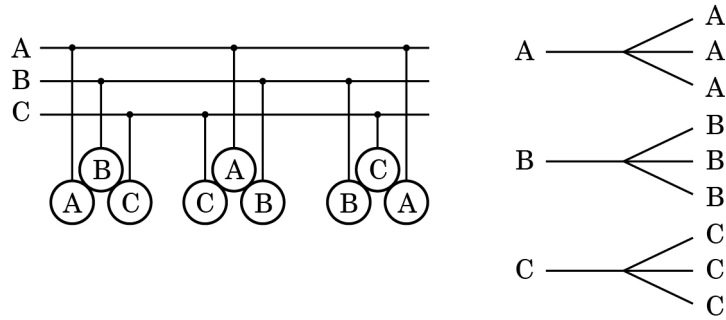
케이블의 병렬 접속은 IEC국제기준은 충분하고 단단한 접속 압력으로, 부하전류가 균등하도록 체결 하라고 되어 있는 반면, 국내 기준은 터미널 러그에 완전히 접속하고, 케이블이 2개 이상인 경우 2개 이상의 리벳 또는 2개 이상의 나사로 접속할 것이라고 되어 있다.

2. 전선을 병렬로 사용하는 경우 포설 방법

- (1) 동상 다수조 포설은 케이블 여러조를 동일상에 포설하는 것으로 케이블용량이 커지면 병렬포설이 필요하고 표피효과 방지위해 동상다수조 포설이 필요
- (2) 단심 케이블을 여러 선 부설하면 주위의 케이블 부하전류 및 그 선심 상호간 거리에 의한 자속의 영향을 받아 인덕턴스가 변화한다. 이 경우 동상 내 부하전류의 상배열이 부적당하거나 선심 상호간 거리가 일정하지 않으면 인덕턴스의 불평형이 생긴다.
- (3) 이러한 인덕턴스 불평형의 영향은 부하를 포함한 회로 전체의 임피던스에 좌우된다. 도체 저항값보다 인덕턴스의 값이 지배적이 되면 이 불평형의 영향은 커진다.
- (4) 동일한 상을 2선 이상의 케이블로 병렬부설한 경우 인덕턴스의 불평형이 생기면 부하전류가 케이블 별로 임피던스에 반비례하여 분담하는 전류가 각각의 케이블에 흐르며 이것이 허용전류를 초과하는 값이면 과전류에 의해 케이블을 과열 열화시켜 생각하지 못한 지락 사고에 이르게 된다.
- (5) 한편 다선 부설이가 때문에 허용전류도 대폭 저감되므로 케이블 사이즈를 선정할 때는 허용전류 및 임피던스 평형 양면에서 충분히 검토해야 한다.
- (6) 케이블 병렬전선 5가지 원칙
 - 1) 전선 굵기: 동 50㎟, AL 70㎟ 이상
굵기가 작을 경우 표피효과 미발생되어 동상다수조 포설이 필요 없다.
 - 2) 동일한 도체, 굵기, 길이
다르면 동상 다수조 포설하더라도 표피효과 발생
 - 3) 병렬전선은 각각에 퓨즈 미설치
한 선이 차단돼도 다른 선으로 전류 흘러 퓨즈효과 없다.
 - 4) 각 전선에 흐르는 전류는 불평형 초래하지 않도록 할 것
 - 5) 같은 극의 전선은 동일한 터미널 러그에 완전히 접속
R상은 R상끼리, S상은 S상끼리 접속

3. 전선을 병렬로 사용하는 경우 접속방법

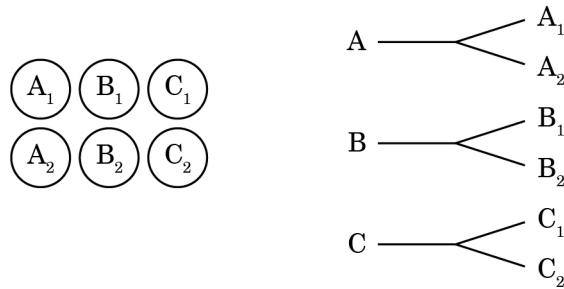
(1) 정삼각 배치접속



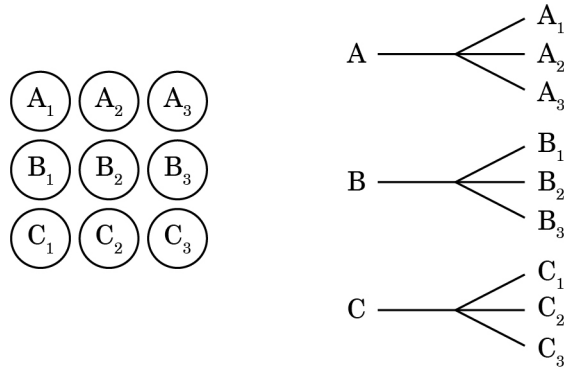
- 1) 시스템전압 최소
- 2) 상호 열전달 감소

(2) 3조 병렬접속

1) 3조 병렬 2단



2) 3조 병렬 3단

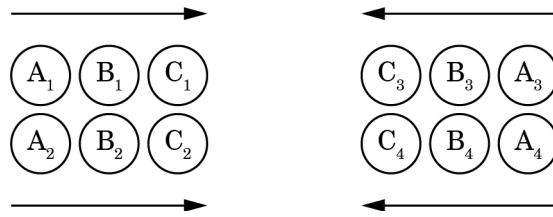


(3) 6조 병렬접속

1) 6조 병렬 1단



2) 6조 병렬 2단



3-3. 인공조명에 의한 빛공해 방지법에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 1권 p113

1. 개요

빛 공해는 인공조명이 너무 밝거나 지나치게 많아 야간에도 낮처럼 밝은 상태가 유지되는 현상을 가리킨다. ‘인공조명에 의한 빛 공해 방지법’에 따르면 ‘빛 공해’는 인공조명의 부적절한 사용으로 인한 과도한 빛 또는 비추고자 하는 조명영역 밖으로 누출되는 빛이 국민의 건강하고 쾌적한 생활을 방해하거나 환경에 피해를 주는 상태를 말한다.

2. 빛공해 방지법

(1) 조명환경 관리구역의 분류기준

조명환경 관리구역	내용	적용(지역)
제1종	자연환경에 부정적인 영향	자연환경 보전지역
제2종	농림수산업의 영위 및 동물·식물의 생장에 부정적인 영향	농림지역·생산녹지
제3종	국민의 안전과 편의를 위하여 인공조명이 필요한 구역, 과도한 조명이 국민의 주거생활에 부정적인 영향	도시지역(주거, 공업지역)
제4종	상업활동을 위하여 일정수준 이상의 인공조명이 필요한 구역의 과도한 인공조명이 국민의 쾌적하고 건강한 생활에 부정적인 영향	도시지역(주거, 상업, 공업지역)

(2) 조명기구의 범위 및 빛 방사 허용기준

1) 야간활동을 위하여 도로, 보행자길, 공원녹지 등 옥외공간의 조명기구

측정기준	적용시간	기준값	조명환경관리구역				단위
			1종	2종	3종	4종	
주거지 연직면 조도	일몰 후 60분 ~ 일출 전 60분	최대값	10이하	10이하	10이하	25이하	lx[lm/m]

2) 광고를 목적으로 그 옥외광고물을 비추는 조명기구

① 점멸 또는 동영상 변화가 있는 전광류 광고물

측정기준	적용시간	기준값	조명환경관리구역				단위
			1종	2종	3종	4종	
주거지 연직면 조도	일몰 후 60분 ~ 일출 전 60분	최대값	10이하		25이하		lx[lm/m]
발광표면 휘도	일몰 후 60분 ~ 24시	평균값	400이하	800이하	1000이하	1500이하	cd/m ²
	24시 ~ 일출 전 60분		50이하	400이하	800이하	1000이하	

② 그 밖의 옥외조명기구

측정기준	적용시간	기준값	조명환경관리구역				단위
			1종	2종	3종	4종	
발광표면 휘도	일몰 후 60분 ~ 일출 전 60분	최대값	50이하	400이하	800이하	1000이하	cd/m ²

③ 장식할 목적으로 연면적 2,000m² 또는 5층 이상, 숙박 및 위락시설

측정기준	적용시간	기준값	조명환경관리구역				단위
			1종	2종	3종	4종	
발광표면 휘도	일몰 후 60분 ~ 일출 전 60분	평균값	5이하		15이하	25이하	cd/m ²
		최대값	20이하	60이하	180이하	300이하	

3) 서울시 조례: 건물표면휘도 30[cd/m²]이하

측정기준	1종	2종	3종	4종	5종	6종	단위
건물표면 휘도	-	5이하	10이하	20이하	25이하	30이하	cd/m ²

3-4. 엘리베이터의 속도제어방식의 종류와 특성에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 기타 자료

1. 개요

- (1) 엘리베이터는 건축물이나 고정된 시설물에 설치되어 일정한 경로에 따라 사람이나 화물을 승강장으로 옮기는 데에 사용되는 설비(「주차장법」에 따른 기계식주차장치 등 대통령령으로 정하는 것은 제외한다)로서 구조나 용도 등의 구분에 따라 대통령령으로 정하는 설비
- (2) 엘리베이터 속도제어는 사용하는 모터에 따라 교류엘리베이터와 직류엘리베이터로 분류된다.

2. 엘리베이터의 속도제어방식의 종류와 특성

(1) 교류엘리베이터 제어

1) 교류일단 속도제어

- ① 단속도의 특수 농형 유도전동기 사용하여 웜기어식 권상기를 구동(전동기회전속도 720~1200rpm).
- ② 속도조정 불가
- ③ 정지 : 전원차단
- ④ 제동 : 전원차단 시 전자 브레이크 구동
- ⑤ 역전 : 3상중 2상 바꿈
- ⑥ 속도 : 30m/min 이하
- ⑦ 하중 : 1,000kg 이하
- ⑧ 착상오차가 크고, 승차감이 좋지 않고 잡음이 있다.
- ⑨ 구조, 보수가 간단하고, 경제적

2) 교류이단 속도제어

- ① 단권선 극수 변환형 전동기 사용(속도비 2:1)
- ② 2중권선 2단속도형 특수 농형 유도전동기 사용(속도비 4:1)
- ③ 전동기 극 수 변환으로 2단 속도조정
- ④ 역전 : 3상중 2상 바꿈
- ⑤ 속도 : 60m/min 이하
- ⑥ 하중 : 1,500kg 이하
- ⑦ 착상이 양호하고, 승강기분 양호하다.
- ⑧ 기동은 저항제어, 감속은 고속에서 저속으로 전환, 정지는 급전이 단절시 전자 브레이크 작동
- ⑨ 보수가 간단하고, 경제적이며 널리 사용

3) 교류귀환제어

- ① 시동 및 속도조절 : 1차 권선에 가해지는 전압을 SCR을 사용하여 제어
- ② 유도전동기의 1차전압제어는 직접 토크를 제어하여 속도를 간접제어하므로 슬립이 높아져 효율이 저하되고 응답성 면에서도 직류전동기에 비해 약간 떨어진다.
- ③ 특수 3상유도전동기를 사용(1200~1800 rpm)
- ④ 속도: 45~105m/min
- ⑤ 제동은 피드백제어(권선에 직류를 흘려 발전제동)를 하여 승차감, 착상정도가 상당히 우수
- ⑥ 가격 및 시설면에서 직류방식보다 유리하여 고층빌딩 등에서 폭넓게 사용

4) VVVF(가변전압 가변주파수)제어

- ① VVVF제어는 인버터제어라고도 불리우며, 유도전동기에 인가되는 전압과 주파수를 동시에 변환시켜 직류전동기와 동등한 제어성능을 얻을 수 있는 방식
- ② 종래의 직류전동기를 사용하고 있던 고속엘리베이터에도 유도전동기를 적용 가능하여 보수 비용이
- ③ 에너지 소비가 적어지는 효과
- ④ 종래 교류귀환제어를 채택하고 있었던 중·저속엘리베이터에서는 승차감 및 성능이 크게 향상됨과 동시에 저속영역에서의 손실을 약 반으로 감소

(2) 교류엘리베이터 제어

1) 워드레오너드 방식

- ① 속도제어 : 직류전동기에 가해지는 전압을 연속제어하므로 부드러운 제어가 된다.(직류 타 여자발전기의 계자저항 가감 → 발전기 전압제어 → 타 여자 전동기공급 → 속도제어)
- ② 속도조정이 광범위하고 세밀하다.
- ③ 역전 : 주전동기의 전기자 또는 계자극성 중 1개 바꿈
- ④ 하중 : 1,000kg 이상
- ⑤ 무 부하, 부의부하, 극히 저속에서도 안정
- ⑥ 사용전력이 속도에 비례하여 전력절감효과가 있다.
- ⑦ 기어드식 속도 : 90~105m/min
- ⑧ 타 여자 직류전동기사용, 설비비가 높다.
- ⑨ 기어레스식 속도 : 120~600m/min
- ⑩ 타 여자 직류전동기 50~250rpm의 저속전동기 사용
- ⑪ 설비비가 가장 비싸다.

2) 일그너 방식

- ① 유도전동기의 2차측에 접속된 저항의 가감으로 슬립조정으로 제어
- ② 부하급변시 전원에 악영향
- ③ 플라이 휘일의 손실로 효율이 떨어진다.

3-5. 풍력발전시스템의 구성 및 발전원리를 설명하고, 전력계통에 연계 시 미치는 영향과 대책에 대하여 각각 설명하시오.

답)

출처 모아 건축전기설비기술사 2권 p182, 기타 자료

1. 개요

풍력발전시스템은 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 유도전기를 전력계통이나 수요자에게 공급하는 기술

2. 풍력발전시스템의 구성 및 발전원리

(1) 풍력발전시스템의 구성



1) 기계장치부

① 너셀(Nacelle)

수평축 풍력발전기에서 발전기가 받는 공기의 흐름(바람)을 조정하기 위한 일종의 덮개로 타워의 상부에 동력 전달 장치와 그 밖의 장치를 내장한 곳

② 증속기(Gearbox)

날개에서 발생한 회전력을 발전기에서 요구되는 회전수로 변속하여 발전기로 회전시키는 장치

③ 블레이드(Blade)

바람에너지를 기계적 에너지(운동에너지)로 변환시키는 장치로서 풍력발전시스템의 용량과 제어방식을 결정하는 중요한 장치

④ 허브 (Hub)

날개 또는 날개 조립부품을 로터축에 설치하는 고정부품을 말하며, 풍력발전기 허브높이는 지표면으로부터 풍력기기 로터의 중심가지의 높이를 말함

⑤ 타워 (Tower)

풍력발전기를 지탱해주는 구조물

⑥ 브레이크 (Brake)

로터를 감속시키거나 회전을 정지시킬 수 있는 장치

⑦ Geared, Gearless

증속기의 유무에 따라 기어드형(Geared type)과 기어리스형(Gearless type)으로 나누어 짐. 기어드형은 정속형, 기어리스형은 가변형 풍력발전기로 기어리스형은 증속기를 거치지 않고 발전기에 바로 연결하여 운전하므로 Direct Drive라고도 함

⑧ 발전기 (Generator)

전달된 회전력(운동에너지)를 전기에너지로 전환하는 장치

⑨ 회전자 (Rotor)

블레이드와 연결되어 회전력을 회전축으로 전달시키는 장치

⑩ 회전축 (Shaft)

블레이드 및 로터에서 전달된 회전력을 증속기로 전달하는 장치

2) 제어장치부

① 요 시스템 (Yawing system)

바람의 방향이 바뀌게 되면 감지하여 너셀을 바람방향으로 회전시킴 (Yawing : 수직축을 중심으로 회전하는 것)

② 피치제어 (Pitching control)

풍속에 따라 날개의 경사각(Pitch)을 조절하여 발전량(출력)을 능동적으로 제어함(Pitching : 수평축을 중심으로 회전하는 것)

③ 스톨제어 (Stall control)

한계풍속 이상이 되었을 때 양력이 회전날개에 작용하지 못하도록 날개의 공기역학적 형상에 의한 제어

(2) 풍력발전시스템의 발전원리

1) 풍력 발전기는 바람의 에너지를 전기 에너지로 바꿔주는 장치로서, 풍력 발전기의 날개를 회전시켜 이때 생긴 날개의 회전력으로 전기를 생산한다.



2) 유체 운동에너지(이론출력)

$$P = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} (\rho A V) V^2 = \frac{1}{2} \rho A V^3 \text{ [W]}$$

m: 질량 [kg], ρ : 공기밀도 [1.2kg/m^3]

A: Rotor 단면적 [m^2], V: 풍속 [m/s]

3) 출력계수

$$C_P = \frac{P}{P_w} = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho A V^3} = \frac{\text{실제출력}}{\text{이론출력}}$$

3. 전력계통에 연계 시 미치는 영향과 대책

(1) 전력계통에 연계 시 미치는 영향

- 1) 풍력발전은 기상 조건에 따라 발전출력이 크게 달라지기 때문에 대규모로 도입할 경우 전력계통에 미치는 영향을 무시 할 수 없다. 가령 발전량이 송전선의 송전 용량을 초과해 생기는 신뢰도 문제도 있지만, 풍력발전이 대량 도입될 경우의 전력계통에 미치는 영향 중에서도 특히 수급 균형 면에서의 영향이 크게 발생
- 2) 전기는 항상 소비에 맞춰 생산해야 하는데, 소비와 생산의 균형이 무너지면 계통 전체의 주파수 변동이 발생
- 3) 풍력발전 전원은 풍량에 따라 출력이 결정되기 때문에 안정적인 일정 출력을 기대할 수 없다. 또한 단시간에 예측 곤란한 출력 변동이 발생하기 때문에 주파수 제어면에서의 문제와 함께 수급 균형상의 문제가 발생

(2) 전력계통에 연계 시 미치는 대책

- 1) 풍력발전이 하루 동안의 큰변화에 대해서는 발전기를 병렬로 조정하고, 단시간 변동에 대해서는 병렬하는 풍력발전 조정용 전원의 출력을 조정함으로써 수급 균형을 유지, 주파수가 일정해지도록 제어
- 2) 주파수 적정 수준으로 제어하기 위해서는 변동에 대해 충분한 조정용 전원을 확보하는 것이 필요하다. 단시간의 변동에 대응하기 위해서는 발전기의 병렬대수를 증가시켜야 하는데, 휴일 심야 등 수요가 작은 시간대에 조정용 발전기의 병렬대수를 증가시키면 공급이 수요를 초과하므로 주의해야 한다.
- 3) 풍력발전 연계 가능량 확인 워킹그룹(WG)에서는 일반 전기사업자가 설정한 풍력발전의 연계 가능량 개념이나 설정 근거에 대해 풍력발전 사업자를 포함한 전력 계통 이용자의 이해를 높이는 동시에 연계 가능량을 확인하고, 습득한 지식을 널리 하위에 알림으로써 공정성, 투명성을 한층 더 확보하는 것을 목적

(3) 풍력발전시스템의 계통연계 기준 주요 항목

규정	주요 항목
유효전력의 출력제어 규정	① 출력 증발률 제어 ② 최대 출력 제한 ③ 출력 변화율 제한 ④ 수급균형 제어 ⑤ 출력유지 제어 ⑥ 시스템의 보호
무효전력의 출력제어 규정	① 무효전력량 제어 ② 최대 출력 제한 ③ 출력 변화율 제한
주파수에 따른 운전범위와 주파수 제어 규정	① 주파수에 따른 풍력발전기의 운전 범위 ② 주파수 변화에 따른 유효전력 제어
계통사고시 풍력발전기의 운전	① 계통사고 시 풍력발전기의 연계운전 조건 ② 저전압 사고 보상대책 ③ 풍력발전기의 탈락과 재투입
전기품질	① 전압유지범위 ② 전압 플리커 허용치 ③ 고조파 허용치

3-6. 지중전선로에 대하여 시설방식, 지중전선의 종류, 지중함의 시설방법 및 지중전선 상호간의 접근 시 시설방법에 대하여 각각 설명하시오.

답)

출처 모아 건축전기설비기술사 2권 p261, 내선규정

1. 개요

- (1) 지중전선로는 땅 속에 부설하는 케이블을 보호하는 전선로이며, 공사 방법에 따라 관로 인입식, 암거식 및 직접매설식이 있다.

2. 지중전선로 시설방식

- (1) 지중 전선로는 전선에 케이블을 사용하고 또한 관로식·암거식(暗渠式) 또는 직접 매설식에 의하여 시설하여야 한다.
- (2) 지중 전선로를 관로식 또는 암거식에 의하여 시설하는 경우에는 다음 각 호에 따라야 한다.
- 1) 관로식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 1.0m이상으로 하며, 매설 깊이가 충분하지 못한 장소에는 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 것을 사용할 것.
 - 2) 암거식에 의하여 시설하는 경우에는 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 것을 사용할 것
- (3) 지중 전선을 냉각하기 위하여 케이블을 넣은 관내에 물을 순환시키는 경우에는 지중 전선로는 순환수 압력에 견디고 또한 물이 새지 아니하도록 시설하여야 한다.
- (4) 지중 전선로를 직접 매설식에 의하여 시설하는 경우에는 매설 깊이를 차량 기타 중량물의 압력을 받을 우려가 있는 장소에는 1.2 m 이상, 기타 장소에는 60 cm 이상으로 하고 또한 지중 전선을 견고한 트라프 기타 방호물에 넣어 시설하여야 한다.

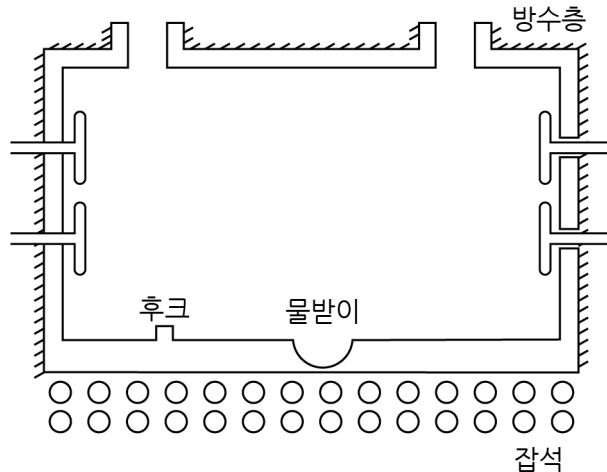
2. 지중전선의 종류

전압의 종류	케이블의 종류	
저압	1. 알루미늄피케이블 2. 클로로프렌 외장케이블 3. 비닐외장케이블	4. 폴리에틸렌 외장케이블 5. 미네랄 인슈레이션(MI)케이블 6. 상기 케이블에 보호피복을 한 케이블
고압	1. 알루미늄피케이블 2. 클로로프렌 외장케이블 3. 비닐외장케이블	4. 폴리에틸렌 외장케이블 5. 콤팩트(CD)케이블 6. 상기 케이블에 보호피복을 한 케이블
특고압	1. 알루미늄피케이블 2. 에틸렌 프로필렌고무 혼합물 케이블 3. 폴리에틸렌 혼합물 케이블	4. 가교 폴리에틸렌 절연비닐시스케이블(CV) 5. 파이프형 압력 케이블 6. 상기 케이블에 보호피복을 한 케이블

3. 지중함의 시설방법

- (1) 지중함은 견고하고 차량 기타 중량물의 압력에 견디는 구조일 것
- (2) 지중함은 그 안의 고인 물을 제거할 수 있는 구조로 되어 있을 것

- (3) 폭발성 또는 연소성의 가스가 침입할 우려가 있는 것에 시설하는 지중함으로서 그 크기가 1m³ 이상인 것에는 통풍장치 기타 가스를 방산시키기 위한 적당한 장치를 시설할 것
- (4) 지중함의 뚜껑은 시설자이외의 자가 쉽게 열 수 없도록 시설할 것
- (5) 지중함의 뚜껑은 KS D 4040에 적합하여야 하며, 저압지중함의 경우에는 절연성능이 있는 고무판을 주철(강)재의 뚜껑 아래에 설치할 것
- (6) 차도 이외의 장소에 설치하는 저압 지중함은 절연성능이 있는 재질의 뚜껑을 사용할 수 있다.



4. 지중전선 상호간의 접근시 시설방법

- (1) 지중전선이 다른 지중전선과 접근하거나 교차하는 경우에 지중함 내 이외의 곳에서 상호간의 이격거리가 저압 지중전선과 고압 지중전선은 15cm이상, 저압이나 고압의 지중전선과 특고압 지중전선은 30cm 이상이 되도록 시설하여야 한다. 다만, 다음 각호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 예외로 할 수 있다.
 - 1) 각각의 지중전선이 다음 중 어느 하나에 해당하는 경우
 - ㉠ 다음의 시험에 합격한 난연성의 피복이 있는 것을 사용하는 경우
 - ㉠ 사용전압 6.6kV 이하의 저압 및 고압케이블 : KS C 3341(2002)의 6.12 또는 KS C IEC 60332-3-24(2003)
 - ㉡ 사용전압 66kV 이하의 특고압 케이블 : KS C 3404(2000)의 부속서 2
 - ㉢ 사용전압 154kV 케이블 : KS C 3405(2000)의 부속서 2
 - ㉡ 견고한 난연성의 관에 넣어 시설하는 경우
 - 2) 어느 한쪽이 지중전선에 불연성의 피복으로 된 것을 사용하는 경우
 - 3) 어느 한쪽의 지중전선을 견고한 내화성의 격벽을 설치하는 경우
 - 4) 지중전선 상호간에 견고한 내화성의 격벽을 설치하는 경우
- (2) 사용전압이 25kV 이하인 다중접지방식 지중전선로를 관로식 또는 직접매설식으로 시공할 경우. 그 이격거리가 10cm 이상이 되도록 시설하여야 한다.



제 4교시 문제풀이

4-1. 건축물에 설치되는 구내 방송 설비에 대하여 가음 사항을 설명하시오.

- 1) 스피커 종류 및 배치 방법
- 2) 사무실에 스피커 배치(BGM방송 수신기준) 방법
- 3) 공연장, 강당, 체육관에 스피커 배치 방법

답)

출처 '건축전기설비 설계기준

1. 스피커 종류 및 배치 방법

(1) 스피커 종류

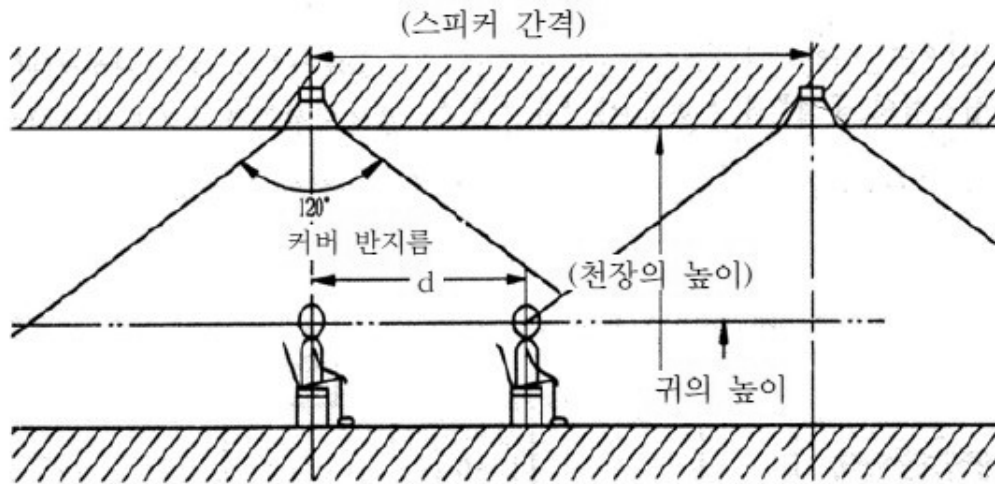
- 1) 스피커는 전기에너지를 음 에너지로 바꾸는 것으로 콘형 스피커와 혼형 스피커를 사용한다.
- 2) 콘형 스피커는 진동판이 직접 진동하여 음을 반사시키는 형태로서 단일 형, 콘형 스피커 몇 개를 직선 배열한 컬럼 형, 음향용으로 복수배치 형태인 프로시니엄형(Proscemium) 스피커를 사용하고 주로 옥내에 사용한다.
- 3) 혼형 스피커는 진동판의 진동이 공간 매개 기구인 혼을 통하여 음을 방사시키는 형태로서 효율이 높으며, 주로 옥외와 체육관 등으로서 대 출력 요구 장소에 사용한다.

(2) 스피커 배치방법

- 1) 스피커는 설치개소 수에 따라 집중방식, 분산방식, 집중 및 분산방식으로 배치한다.
- 2) 집중방식은 스피커를 한 방향으로 또는 한 개 장소로 모아서 설치하는 것으로서 원음의 방향과 같으므로 방향성이 좋지만 원거리가 되는 경우는 음향이 작아지고 잔향이 많으면 명료도가 떨어진다.
- 3) 분산방식은 천장이 낮고, 면적이 넓고, 소음레벨이 높은 경우와 집중배치로 음향전 달이 어려운 경우와 방향성이 특별히 요구되지 않은 경우에 설치한다.
- 4) 집중 및 분산방식은 방향성 효과는 집중방식으로 얻게 하고 원거리가 되는 장소와 음압이 작은 장소는 분산배치 방식으로 한다. 다만, 먼 곳의 분산배치 스피커의 음향이 집중배치 스피커의 음향보다 빨라지게 되어 음의 방향성과 이중성이 나타날 우려가 있는 경우는 시간지연장치를 사용한다.

2. 사무실에 스피커 배치(BGM방송 수신기준) 방법

- (1) 콘형 스피커의 음향커버범위(반정각 60° 기준)이내에 사람의 귀 높이를 1m 정도로 하여 배치 간격을 산정한다.
- 1) 스피커배치는 다음을 참고한다.



2) 설계 시 스피커 1개가 담당(커버)하는 면적은 다음 표를 참조한다.

용 도	천장의 높이 (m)	스피커의 간격 (m)	스피커 1개 담당면적 (m ²)
BGM방송	2.5 이하	5	25 이내
	2.5~4.5	6	36 이내
	4.5~15	9	81 이내
안내방송	-	9~12	81~144

(2) 사무실의 벽으로부터 1 m 까지는 음향 담당(커버) 범위에서 제외한다.

(3) 일반 안내방송의 경우처럼 짧은 방송인 경우는 음량을 높일 수 있으므로 간격을 넓혀서 설치한다.

3. 공연장, 강당, 체육관에 스피커 배치 방법

(1) 집중배치를 기준하여 스피커 성능, 설치위치에 따른 잔향시간, 소음레벨 등을 고려한다.

(2) 스피커 배치는 일반적으로 주 음향장치로서 무대전면 상부의 프로시니엄스피커, 무대 측면의 스테이지사이드스피커가 사용되며, 보조 음향장치로서 무대전면좌석 커버를 위한 스테이지프론트 스피커와 공연자를 위한 스테이지모니터스피커를 설치한다.

(3) 중앙에 무대나 경기장이 있는 경우는 일반적으로 천장중앙에 애리너형 스피커를 설치한다.

(4) 대형 스피커가 설치되는 경우는 충분한 건축물 구조적인 검토와 설치하는 구조물 과 와이어로프의 하중 검토를 해야 한다.

4-2. 에너지 하베스팅(Harvesting)과 압전에 대하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 에너지 하베스팅 개념과 흐름도
- 2) 압전의 구성 및 원리
- 3) 기존발전과 압전발전 비교
- 4) 압전효과
- 5) 기술동향

답)

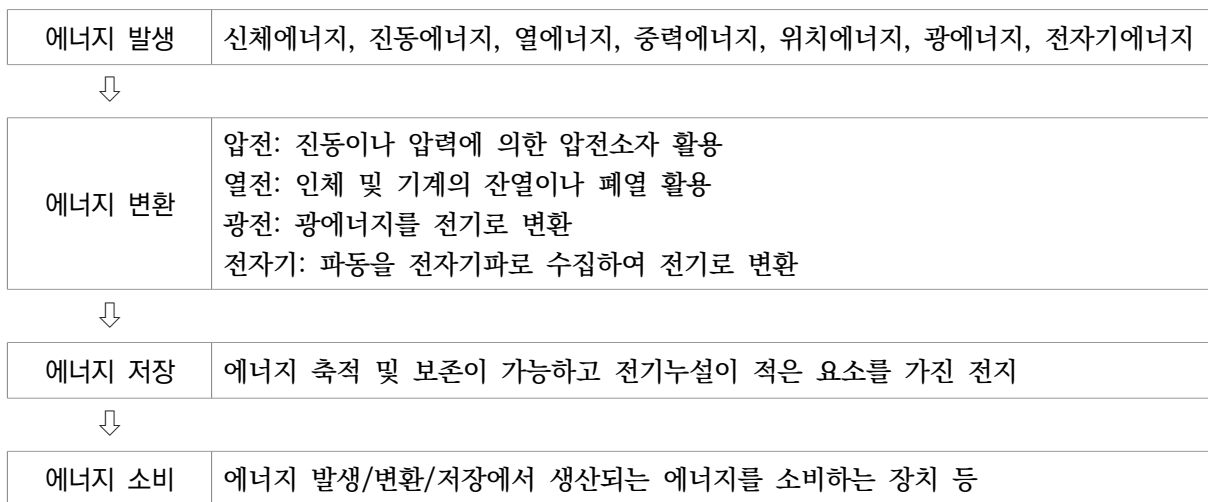
출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 p213, 기타 자료

1. 에너지 하베스팅 개념과 흐름도

(1) 에너지하베스팅 개념

버려지는 에너지를 수확(harvesting) 또는 이용(Scavenge)하여 에너지를 재생산하는 기술을 말한다.

(2) 에너지 하베스팅의 흐름도



2. 압전의 구성 및 원리

(1) 압전의 구성

- 1) 압전은 기계적 일그러짐을 가함으로써 유전 분극을 일으키는 현상을 말한다. 1차 압전 효과라고도 하며, 역으로 전기를 가하여 일그러짐을 일으키는 현상을 역압전 효과 또는 2차 압전 효과라고 한다.
- 2) 후자는 전기 일그러짐이지만, 역압전 효과는 전계 E의 1차 함수가 되며, E^2 에 비례하는 순수한 전기 일그러짐과 구분할 때도 있다

(2) 압전의 원리

- 1) 자연계의 대부분의 물질은 전체적으로 양의 전하량과 음의 전하량이 같기 때문에 전기적으로 중성을 나타낸다. 그러나 결정구조의 단위로 볼 때는 양의 전하와 음의 전하의 위치가 약간 어긋나 있어, 원자나 분자 단위에서 그 주변에 전기장을 형성시키는 경우가 있는데 이를 전기 쌍극자(electric dipole)이라고 한다.

- 2) 전기쌍극자를 가진 재료에 물리적인 외부응력(external stress)을 주었을 때에는 결정을 구성하는 분자 간 혹은 이온 간 상태변화가 발생한다. 재료가 힘을 받으면 결정 구조가 찌그러지면서 전기쌍극자의 크기(전기쌍극자 모멘트)의 변화를 일으켜 주변의 전기장이 바뀌게 되는 것이다.
- 3) 이와 같은 원리를 통해 압전소자에 연결된 전기회로에는 양 또는 음의 전기가 발생한다(1차 압전효과). 또한 이와 반대로 압전소자 회로에 전기를 가하면 외부의 전기적 인력 혹은 척력에 의해 전기쌍극자가 변화하게 되는데, 이는 궁극적으로 압전소자의 물리적인 변형(deformation)을 불러오게 되면서 역압전효과를 일으키게 된다(2차 압전효과).

3. 기존발전과 압전발전 비교

발전원	전력밀도 [mW/cm^2]	효율 [%]
압전	0.001~90	25~60
태양광	500~5000	5~40
전자기	0.1~50	30~40
열전	50~500	0.1~10

4. 압전효과

- (1) 고체에 힘을 가하였을 때 결정 겉면에 전기적 분극이 일어나는 현상으로 피에조 저항 효과라고도 한다.
- (2) 수정이나 로셀염 등의 결정에 압력을 가하면 전압이 발생하는데 이것을 압전 직접효과라고 하며, 이와 반대로 전압을 주면 결정체가 변형을 일으키는 현상을 압전 역효과라 한다. 발전자의 이름을 따서 직접효과를 쿨리효과, 역효과를 리프먼 효과라고도 한다. 결정체에 가해지는 힘의 방향과 전하가 발생하는 방향이 같은 경우를 종효과, 직각인 경우를 횡효과라 한다.

5. 기술동향

- (1) 마이크로 스케일(micro scale)
 - 1) 에너지 변환 및 저장이 가능한 자가충전 파워 전지
 - 2) 소형센서노드 구동을 위한 소형발전
 - 3) 달리는 타이어의 운동을 이용한 발전기
- (2) 매크로 스케일(macro scale)
 - 1) 발전기 구조 변경을 통한 발전효율 증대 연구
 - 2) 주파수에 대한 민감성을 조정하여 발전효율 향상
 - 3) 빗방울을 이용한 발전
 - 4) 사람들 걷는 운동을 활용한 에너지 하베스팅
 - 5) 음파를 이용한 나노발전기
 - 6) 풍력을 이용한 압전발전 나무
 - 7) 도로 교통을 이용한 압전 발전

- 8) 에너지블록, 압전배틀, 압전신용카드
- 9) 압전발전기용 세라믹-폴리머 컴포지트
- 10) 배터리 없는 리모콘
- (3) 다른 발전과 융합한 하이브리드 발전장치
 - 1) 태양전지 + 압전발전기
 - 2) 압전발전기 + 수소생산
 - 3) Flexible 발전기
 - 4) 유연압전발전기
- (4) 압전발전기 효율 증대를 위한 새로운 재료 개발
 - 1) 그래핀의 압전특성을 이용한 나노 발전기
 - 2) PMN-PT단결정을 이용한 MEMS발전기

4-3. 전기사업용 전기에너지 저장장치(ESS)의 사용 전 검사 시 수검자의 사전제출 자료 및 사용 전 검사 항목에 대하여 각각 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 p192, 산업통상자원부 자료

1. 개요

산업통상자원부에서 발표한 전기사업용 전기에너지 저장장치(ESS)의 사용 전 검사 추가 검사 항목은 20kWh 초과하는 이차전지를 이용한 전기저장장치에 해당한다.

2. 전기사업용 전기에너지 저장장치(ESS)의 사용 전 검사 시 수검자의 사전제출 자료

- (1) 이차전지 정격용량을 증빙할 수 있는 공인시험기관의 시험성적서, KC 인증서 등의 자료
- (2) 충전을 운용 범위(필요시 이차전지 셀의 전압 범위 등으로 제출 가능하며, 충·방전 속도, 환경조건 등 부대조건이 있는 경우 함께 제출)
- (3) 이상경보수준 및 비상정지수준을 판단하는 기준(충·방전 속도, 환경조건 등 부대조건이 있는 경우 함께 제출)
- (4) 충전을 운용 범위, 이상경보수준, 비상정지수준과 관련된 다음의 동작이 기준에 따라 적절하게 이루어지도록 설계되었는지 여부를 확인할 수 있는 도면, 소프트웨어 동작 절차서 등 자료
 - 1) 충전을 운용 범위를 벗어나는 경우 설비의 충·방전 관련 동작
 - 2) 이상경보수준, 비상정지수준이 발생한 경우 그 후속 동작
- (5) ESS 설치과정 또는 완료된 이후 설비별 자체 체크리스트, ESS 전체 공사가 완료된 이후 각종 동작상태 등에 대한 시험결과서 등

3. 전기사업용 전기에너지 저장장치(ESS)의 사용 전 검사 시 수검자의 사용 전 검사 항목

- (1) 공통사항
 - 1) 이차전지는 전기설비와 분리된 격실에 설치(예외 - 제어장치(제어기, 보호장치)와 보조장치(공조, 조명설비 등)) 이차전지실은 전기저장장치실과 동일재료 사용 또는 방화성능을 가질 것, 내부에는 가연성 물질을 두지 말 것
 - 2) 제조사가 권장하는 온도, 습도, 수분, 분진 등의 운영환경을 유지
 - 3) 전기적 충격으로부터 전로를 보호하기 위해 과전류 차단장치(차단기, 퓨즈) 및 지락차단장치(누전차단기 및 절연감시장치)설치
 - 4) 낙뢰, 고전압노이즈(CMV)등 이상전압으로부터 설비를 보호하기 위해 서지보호장치(SPD)를 설치할 것
 - 5) 규격이상의 과전압, 과전류, 지락전류, 과충전, 과방전, 온도상승, 냉각장치 고장, 통신불량 등은 관리자에게 정보 및 시스템 정지를 위한 비상정지장치를 설치, 비상정지 및 재가동시 설비간 위해가 발생하지 않도록 할 것
 - 6) 전기저장장치 설치장소는 높이는 지상 22m이내, 출구가 있는 바닥에서 아래로 9m이하일 것

- 7) 전기저장장치의 운영정보 및 긴급 상황 관련한 계측 정보 등은 외부의 안전한 장소에 최소한 1개월 이상 보관 될 수 있도록 설치
 - 8) 이차전지의 충전율(SOC: State Of Charge)은 제조사가 권장하는 범위로 설정, 만충전 후 추가 충전은 금지할 것
- (2) 전기저장장치를 일반인이 출입하는 건물의 부속공간에 설치하는 경우
- 1) 건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제3조에 따른 내화구조일 것
 - 2) 이차전지 해당용량은 50kWh 이하, 총용량은 600kWh 이하로 할 것
 - 3) 이차전지는 금속함 내에 설치, 랙 간 및 랙과 벽은 1m 이상 이격하거나 건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 3조에 따른 내화구조의 벽 삽입
 - 4) 전기저장장치 시설은 다른 시설로부터 1.5m이상 이격, 출입구나 피난계단 등 대피시설과 3m 이상 이격할 것
- (3) 전기저장장치를 전용건물에 별도로 설치하는 경우
- 1) 전기저장장치를 전용건물, 컨테이너 등에 시설시 배터리실의 벽면 마감 재료는 건축물의 피난, 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 7조에 따른 불연재료 일 것
 - 2) 이차전지는 벽면으로부터 1m이상 이격 단, 옥외 전용의 컨테이너 설치된 경우는 규정에서 제외
 - 3) 전지저장장치 설치장소는 다른 건물이나 시설로부터 1.5m이상 이격할 것. 다른 건물의 출입구나 피난계단등 대피시설과 3m이상 이격할 것

4-4. 케이블의 수트리(Water Tree)현상에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 2권 p313, 기타 자료

1. 개요

케이블의 절연열화는 보통 사용되는 환경하의 여러 요인들에 의해 중첩되는 복합열화의 상태로 발생되며 그중에서도 수트리를 포함한 전기적요인, 열적요인, 기계적 요인 등이 중요한 열화의 요인이 되고 있다.

2. 케이블의 수트리(Water Tree)현상

(1) 수트리 정의

CV 케이블의 열화진행은 케이블 자체가 가지고 있는 결함의 형태, 조건, 사용 환경등에 따라 크게 좌우된다. 특히 사용환경 조건 가운데 수분의 영향은 커서 케이블이 흡습상태로 사용되는 경우 폴리에틸렌에서의 전계집중 및 물리화학 작용에 의해 수트리가 발생한다.

(2) 수트리 발생

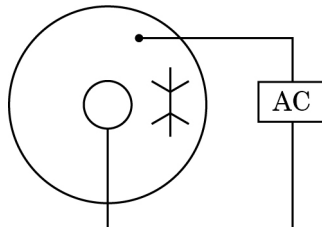
- 1) 수트리에는 내부 및 외부 반도전 층의 결함요소로 부터 신장하는 수트리(Vented Tree)와 절연체의 이물 및 보이드를 시작점으로 양쪽으로 신장하는 Bow-Tie 트리가 있다.
- 2) 이 가운데 외부 반도전층과 내부 반도전층에서 발생하는 수트리는 전하의 공급과 수분공급이 용이하므로 쉽게 활성화되어 시간과 함께 진전하여 절연파괴에 이르게 된다.
- 3) 전력케이블의 경우 전기트리와 수트리는 케이블 절연체의 주요한 파괴요인이 되는데 6.6kV 및 22kV급에서는 제조기술의 발달로 전기트리의 측면에서는 문제가 없이 30년의 수명을 유지하지만, 케이블 내부에 물이 침투하거나 수분이 존재하는 경우 전계가 가해져 오랜시간이 흐르면, 훨씬 낮은 전압에서도 발생하는 수트리로 인하여 케이블의 수명은 단축된다.

(2) CV 케이블에서 각종 열화요소에 의한 열화진전 Process와 열화신호

열화의 종류	고장 모드	열화 Process	열화 신호
열적열화	금속피로 (차폐층)	과열 → 열신축에 의한 금속피로 → 파괴단선 → Case C	차폐층 저항 증가
	열열화 (절연체)	과열 → 산화, 분해 → 반응생성물 이온 → 절연성능 저하	절연저항 저하
흡수열화 (방식층 외상침투)	수트리 열화 (절연체)	CASE A 수분침투 → 수트리 발생전 → 절연체 관통 → 절연파괴	절연저항 저하
	부식파괴 (금속차폐층)	CASE B 수분침투 → 차폐층 부식손상 → 강도저하 → 파괴단선	차폐층 저항 증가
	열열화 (절연체)	CASE C 파괴단선부 발열 → 파괴단선부 과열, 노화, 탄화 → 절연파괴	절연저항 저하
전기적 열화 (Void, 돌기)	전기트리 열화 (절연체)	CASE D 국부고전계 → 부분방전 → 절연체 침식 → 절연파괴	절연저항 저하

(3) 수트리의 대책

- 1) 수트리 방지대책으로서 케이블 제조시 첨가제를 넣는 절연체 자체의 개량 및 제조기술의 향상
- 2) 내외부 반도체층의 재료의 개량, 수트리 억제에 대한 연구가 진행
- 3) 케이블 구조 설계의 변경으로는 케이블의 절연체에 물이 침입되지 않도록 외부 차수형 케이블 및 도체 수밀형의 케이블이 최근 국내에서 개발
- 4) 제조공정의 경우 과거 수증기가교 제조로 인한 제조상 결함이, GAS 가교방식의 신공정으로 바뀌어 제조
- 5) 수트리 진단법
 - ① 수트리에 정류작용 → 차폐선 누설전류 발생



② 판정

누설전류	1nA 이하	1~100nA	100nA 이상
판정	양호	주의	불량

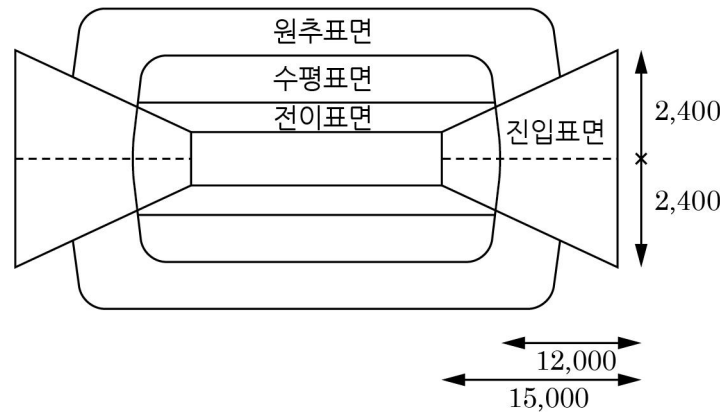
4-5. 공항시설법령에 의한 항공장애 표시등에 대하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 장애물 제한 표면
- 2) 항공장애 표시등 설치대상 및 제외 대상
- 3) 고광도 항공장애 표시등의 종류와 성능
- 4) 설치 방법

답)

출처 '모아 건축전기설비기술사 1권 p127, 국토교통부고시

1. 장애물 제한 표면



- (1) 장애물 표면은 정밀계기접근에 사용되는 활주로인지 아님 비정밀 내지 비계기접근에 사용되는 활주로인지에 따라 설정되는 제한표면의 종류가 달라진다.
- (2) 정밀계기의 경우 설정되는 표면
 - 1) 원추표면
 - 2) 수평표면
 - 3) 진입표면 및 내부진입표면
 - 4) 전이표면 및 내부전이표면
 - 5) 착륙복행표면
- (3) 비정밀 및 비계기의 경우 설정되는 표면
 - 1) 원추표면
 - 2) 수평표면
 - 3) 진입표면
 - 4) 전이표면

2. 항공장애 표시등 설치대상 및 제외 대상

(1) 항공장애 표시등 설치대상

1) 장애물 제한구역 안에 있는 물체

- ① 비행장의 진입표면 또는 전이표면에 해당하는 장애물제한구역에 위치한 물체의 높이가 진입표면 또는 전이표면보다 높을 경우에는 표지를 설치하여야 하며, 비행장이 야간에 사용될 경우에는 표시등도 설치하여야 한다.
- ② 비행장의 수평표면 또는 원추표면에 해당하는 장애물 제한구역에 위치한 물체의 높이가 수평표면 또는 원추표면보다 높을 경우에는 표지를 설치하여야 하며, 비행장이 야간에 사용될 경우에는 표시등도 설치하여야 한다.
- ③ 비행장 이동지역에서 이동하는 차량과 그 밖의 이동물체에는 표지를 설치하여야 하고, 차량과 비행장이 야간이나 저시정 조건에서 사용되는 경우에는 표시등도 설치하여야 한다. 다만, 항공기, 계류장에서만 사용되는 항공기 조업장비와 차량은 제외한다.
- ④ 도로중심선(Center line of taxiway), 계류장 유도로(Apron taxiway) 또는 항공기 주기장 주행로(Aircraft stand taxilane)의 중심선으로부터 다음 표에서 정한 거리 이내에 있는 장애물에는 표지를 설치하여야 하며, 유도로(Taxiway), 계류장유도로(Apron taxiway) 또는 항공기 주기장 주행로(Aircraft stand taxilane)가 야간에 사용되는 경우에는 표시등을 설치하여야 한다.
- ⑤ 비행장 이동지역 내의 지상으로 노출된 항공등화에는 표지를 설치하여야 한다. 다만, 지방항공청장이 항공기의 항행안전을 해칠 우려가 없다고 인정하는 경우에는 표지를 설치하지 아니할 수 있다.
- ⑥ 지표 또는 수면으로부터 높이가 60m 이상인 물체에는 표시등과 표지를 설치하여야 한다.
- ⑦ 그 밖의 물체들(수로나 고속도로와 같은 시계비행로에 인접한 물체를 포함한다) 중에서 지방항공청장의 항공학적 검토결과 항공기에 대한 위험요소라고 판단되는 물체에는 표시등이나 표지를 설치하여야 한다.

2) 장애물 제한구역 밖에 있는 물체

- ① 높이가 지표 또는 수면으로부터 150m 이상인 물체나 구조물에는 표시등과 표지를 설치하여야 한다.
- ② 높이가 지표 또는 수면으로부터 60m 이상인 다음 각 호의 물체나 구조물에는 표시등과 표지를 설치하여야 한다.
 - ㉠ 굴뚝, 철탑, 기둥, 그 밖에 높이에 비하여 그 폭이 좁은 물체 및 이들에 부착된 지선
 - ㉡ 철탑, 건설크레인 등 뼈대로 이루어진 구조물
 - ㉢ 건축물이나 구조물 위에 추가로 설치한 철탑, 송전탑 또는 공중선 등
 - ㉣ 가공선이나 케이블·현수선 및 이들을 지지하는 탑
 - ㉤ 계류기구와 계류용 선(주간에 시정이 5,000m 미만인 경우와 야간에 계류하는 것에 한한다)
 - ㉥ 풍력터빈

- ③ 그 밖의 물체들(수로나 고속도로와 같은 시계비행로에 인접한 물체를 포함한다) 중에서 지방항공청장의 항공학적 검토결과 항공기에 대한 위험요소라고 판단되는 물체에는 표시등이나 표지 중 적어도 하나를 설치하여야 한다.

(2) 항공장애 표시등 제외 대상

- 1) 표시등이 설치된 물체로부터 반지름 600m 이내에 위치한 물체로서 그 높이가 장애물차폐면보다 낮은 물체
- 2) 표시등이 설치된 물체로부터 반지름 45m 이내의 지역에 위치한 물체로서 그 높이가 표시등이 설치된 물체와 같거나 그보다 더 낮은 물체
- 3) 등대(lighthouse)로서 지방항공청장이 이 기준에서 정한 광도기준을 충족한다고 인정한 경우
- 4) 비행장 이동지역 내에 설치되는 항공등화 및 표지. 다만, 지방항공청장이 항공기 안전운항을 위하여 표시등의 설치가 필요하다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니하다.
- 5) 진입표면 또는 전이표면보다 높게 위치한 고정물체가 다른 고정 장애물 또는 수목 등 자연장애물의 장애물차폐면보다 낮은 경우. 다만, 지방항공청장이 항공기의 항행안전을 해칠 우려가 있다고 인정하는 물체 또는 다른 고정장애물, 수목 등 자연장애물에 의하여 부분적으로 차폐되는 경우는 제외한다.
- 6) 수평표면 또는 원추표면보다 높게 위치한 이동이 불가능한 물체 또는 지형에 의하여 광범위하게 장애가 되는 곳에서는 공고된 비행로 미만으로 안전한 수직간격이 확보된 비행절차가 정해져 있는 경우
- 7) 수평표면 또는 원추표면보다 높게 위치한 고정물체가 고정장애물 또는 수목 등 자연장애물에 의하여 차폐되는 경우. 다만, 그 고정물체가 다른 고정장애물 또는 수목 등 자연장애물에 의하여 부분적으로 차폐되는 경우 차폐가 되지 않는 부분은 제외하고 지방항공청장이 항공기의 항행안전을 해칠 우려가 없다고 인정하는 부분에만 적용한다.
- 8) 수평표면 또는 원추표면보다 높게 위치한 고정물체가 지방항공청장의 항공학적 검토결과 항공기의 항행안전을 해칠 우려가 없다고 판단되는 장애물
- 9) 장애물제한구역 밖에서 지표 또는 수면으로부터의 높이가 150m 미만인 가공선이나 케이블·현수선, 지선, 계류용 선
- 10) 교량(橋梁) 중 사장교나 현수교의 현수선과 행어
- 11) 지표 또는 수면으로부터의 높이가 150m 이상인 전력전송용 케이블로서 케이블을 지지하는 탑에 제14조제4항에 따른 고광도 B 형태 표시등을 설치하는 경우
- 12) 지표 또는 수면으로부터의 높이가 150m 미만인 플레어 스택으로서, 스택에서 나오는 불길이나 스택 주위의 조명만으로도 플레어 스택이 잘 보인다고 지방항공청장이 판단하는 경우

3. 고광도 항공장애 표시등의 종류와 성능

- (1) 항공기 조종사가 고층 건물 등 장애물을 인지할 수 있도록 켜는 등
 (2) 항공장애 표시등 종류, 색상

종류 성능	색채	신호형태 (섬광주기, 분당섬광/fpm)	배경휘도별 최고강도(cd) (b)			광배 분포 (d)
			500cd/m ² 이상(주간)	50-500cd/m ² (박명)	50cd/m ² 미만(야간)	
저광도 A형태 (고정표시등)	붉은색	고정	비해당	비해당	10	표1
저광도 B형태 (고정표시등)	붉은색	고정	비해당	비해당	32	
저광도 C상태 (이동표시등)	노란색/ 파란색(a)	섬광 (60~90fpm)	비해당	40	40	
저광도 D형태 (지상유도 차량)	노란색	섬광 (60~90fpm)	비해당	200	200	
저광도 E형태	붉은색	섬광(C)	비해당	비해당	32	
중광도 A형태	흰색	섬광 (20~60fpm)	20000	20000	2000	표2
중광도 B형태	붉은색	섬광 (20~60fpm)	비해당	비해당	2000	
중광도 C형태	붉은색	고정	비해당	비해당	2000	
고광도 A형태	흰색	섬광 (40~60fpm)	200000	20000	2000	
고광도 B형태	흰색	섬광 (40~60fpm)	100000	20000	2000	

비고

- (a): 비상 또는 보안 관련 차량에 설치된 저광도 C형태 항공장애 표시등은 파란색 섬광등이어야 하고 다른 차량에 설치된 저광도 C형태 항공장애 표시등은 노란색 섬광등이어야 한다.
 (b): 섬광등의 광도는 국제민간항공기구(ICAO)의 비행장 설계 매뉴얼(Aerodrome Design Manual) (Doc 9157) Part4에서 정하는 실효광도로 한다.
 (c): 풍력터빈에 적용하는 경우에는 섬광 주기를 터빈 상부의 항공장애 표시등과 동일하게 하여야 한다.
 (d): 광배분표는 제3호의 표1 및 표2에 따른다.

4. 설치 방법

- (1) 고광도 항공장애 표시등
- 1) 눈부심 없게 설치
 - 2) 조종사 눈부심 발생 시 이중등화시스템(야간에 10km이하)

3) 설치각도

설치높이	151m초과	122m초과	92m초과	92m이하
수평빔 최고각도	0°	1°	2°	3°

(2) 중광도 항공장애 표시등

1) 중광도 A형태

- ① 단독으로 설치
- ② 동일 구조물에 동시 섬광
- ③ 설치간격 105m이하

2) 중광도 B형태

- ① 단독 또는 저광도 B형태 함께 사용
- ② 동일 구조물에 동시 섬광
- ③ 설치간격 52m이하: 52m 초과인 경우 저광도 B형태와 교대로 같은 간격 설치

3) 중광도 C형태

- ① 단독으로 설치
- ② 설치간격 52m이하

(3) 저광도 항공장애 표시등

- 1) 넓은 범위에 분포된 단일 물체나 밀집하게 모인 물체 전체 윤곽을 표시
- 2) 설치간격 45m이하

4-6. 터널조명의 설계기준 중 설계속도와 정지거리, 경계부 조명, 이행부 조명, 기본부 조명, 비상조명 및 유지관리 요건에 대하여 각각 설명하시오.

답)

출처' 모아 건축전기설비기술사 1권 p136

1. 개요

터널조명은 주간에 발생하는 블랙홀 효과, 블랙 프레임 효과, 화이트홀 효과 등으로 인해 차량 운전자가 터널을 통과하게 되는 동안 교통 상황이나 장애물 식별이 곤란해지므로 적당한 조명을 유지함으로써 이를 해결하고자 하는 것이다.

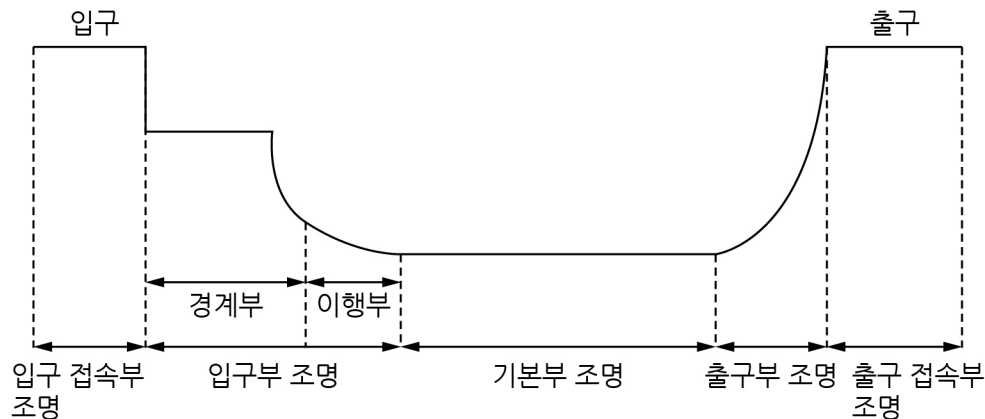
2. 터널조명의 설계기준

(1) 설계속도와 정지거리

설계속도 [km/h]	60	80	100
정지거리 [m]	60	100	160

(2) 경계부 조명

1) 터널조명 구성



2) 경계부 평균 노면휘도 L_{th}

$$L_{th} = L_{20} \times \text{경계부 노면휘도에 대한 조절계수}$$

3) 경계부 조명수준

처음 ~ 중간: L_{th}

중간 ~ 종단: $0.4L_{th}$

(3) 이행부 조명

$$1) L_{tr} = L_{th}(t+1.9) - 1.4$$

2) 운전자 전방 장애물 식별

(4) 기본부 조명

1) 기본부 조명

① 평균노면휘도 [cd/m^2]

설계속도 [km/h]	터널교통량		
	적음	보통	많음
100	7	9	11
80	5	6.5	8
60	3	4.5	6

② 벽면노면휘도: 평균노면휘도의 1.5배 이상

2) 출구부 조명

① 출구부 조명은 터널의 기본부와 같은 방법으로 조명

② 출구 70m전 연직면 조도: 야외휘도 $\frac{1}{10}$ 이상

③ 장대터널에서 추가적 위험 있는 경우: 기본부에서 20m지점 휘도는 기본부 휘도의 5배

3) 입구접속부, 출구접속부 조명

① 야간조명 설치원칙: KSA 3701

② 야간조명 설치조건

㉠ 터널 내 야간조명수준: 평균노면휘도 $1[\text{cd}/\text{m}^2]$ 이상

㉡ 입구, 출구의 기상상태가 다르게 나타날 경우

㉢ 터널조명 없는 도로 일부이고 $50[\text{km}/\text{h}]$ 이상

(5) 비상조명 및 유지관리 요건

1) 비상조명

① 비상조명설비 : UPS설비, 비상발전설비

② 정전시 비상조명

㉠ 200m이상: 예비전원에 의한 비상조명등 설치

㉡ 0.8초 이내 비상조명 점등: 발전기+UPS

㉢ 비상조명: 상시조명 = 1:8

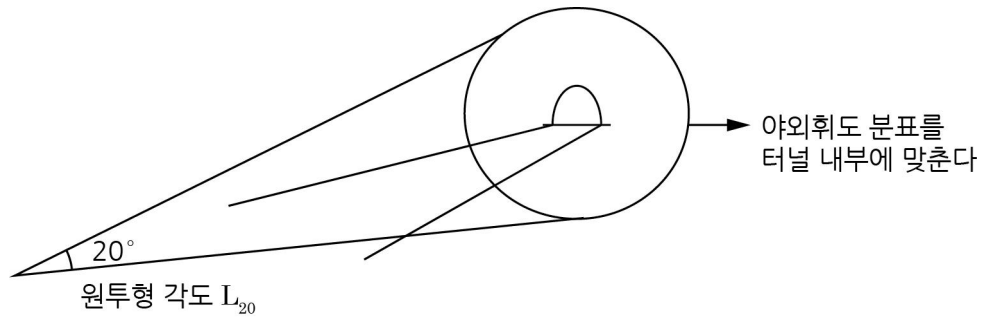
2) 유지관리 요건

① 야외휘도분포비율 L20

$$L20 = ALS + BLR + CLE + DLT$$

A: 하늘비율 B: 도로비율 C: 산림비율 D: 터널입구비율

LS: 하늘휘도 LR: 도로휘도 LE: 산림휘도 LT: 터널입구휘도



- ② 터널구조: 길이, 차선 수, 벽면반사율
- ③ 교통상황: 설계속도, 교통량, 대형차 통행비율
- ④ 환기상황