

»모아는 Challenge다«

전기분야의 Legend, 모아전기학원

제 119회 전기안전기술사

[문제풀이집]

교수: 오부영, 황모아

Legend 모아전기학원의 자랑!

모아전기학원 2012~2019년

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 2019년을 시작합니다.

Legend 모아전기학원의 최강의 강사진!

황모아 원장 “건축전기 특강반과 기본반, 전기안전 특강반”

하용일 교수 “섬세한 발송배전 기본튼튼 강의”

오부영 교수 “최단기 합격비법 전기안전·전기응용반 강의”



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, 전기용융 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!

2019년 8월 전기기술사 개강일정

건축전기기술사

CLASS	개강일정	시간	강의수	교재
건축전기의 중요핵심 SGN 기본반	8월 25일 ~ 11월 03일 (매주 일요일)	오후3시~오후8시30분	10강	모아건축전기기술사2권
영혼있는 답안작성 SBR 연구반	8월 25일 ~ 11월 03일 (매주 일요일)	오전 10시~오후6시	10강	모아건축전기기술사 +보충자료

전기안전기술사

CLASS	개강일정	시간	강의수	교재
쓸 수 있는 공부 SGN 기본반	8월 24일 ~ 11월 09일 (매주 토요일)	오후3시~오후8시	11강	모아전기안전기술사 +보충자료
마무리 토론과 모의고사 SBR 연구반	8월 24일 ~ 11월 09일 (매주 토요일)	오전 10시~오후3시	11강	모아전기안전기술사 +보충자료

발송배전기술사

CLASS	개강일정	시간	강의수	교재
철저한 기본주의 기본반	8월 24일 ~ 11월 09일 (매주 토요일)	오후3시~오후9시	11강	발송기본3권(송길영) 동일출판사
고정관념 제거 심화 연구반	8월 24일 ~ 11월 09일 (매주 토요일)	오전 9시~오후3시	11강	자체교재

제119회 전기안전기술사 1차 필기문제(2019년 8월10일)**1 교시**

1. 국제노동기구(ILO)에서 규정하는 재해정도를 구분하여 설명하시오.
2. 인체의 에너지 대사율(RMR)과 작업강도 단계를 설명하시오.
3. 전기사업법 제73조의 3에서 전기안전관리자의 성실의무와 전기사업법 시행규칙 제44조에서 전기안전관리자의 직무범위에 대하여 설명하시오.
4. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제304조에서 사업주는 전기기계기구에 누전에 의한 감전의 위험을 방지하기 위하여 누전차단기를 설치하여야 한다. 누전차단기 설치를 적용하지 아니할 수 있는 3가지 조건을 설명하시오.
5. 위험전압과 안전전압에 대하여 설명하시오.
6. 폭발위험장소의 구분에 따른 전기기계기구 선정 원칙에 대하여 설명하시오.
7. 전력케이블의 유전체손실에 관하여 단심케이블과 3심케이블로 나누어 설명하시오.
8. 전력케이블의 고장장소 탐색법으로 적용되는 머레이 루프법(Murrey Loop Method)에 대하여 설명하시오.
9. 저항접지방식의 종류와 특징을 설명하시오.
10. 전력시설물의 공사로서 감리업자에게 공사감리를 발주하지 아니할 수 있는 전력기술관리법 시행령 제20조 2항으로 정하는 소규모 또는 특수시설물 공사에 대하여 설명하시오.
11. 전력기술관리법 시행령에 따른 공사감리업무 수행에 관한 세부기준에 명기한 비상주감리원이 수행할 업무를 설명하시오.
12. 변압기의 소음발생 원인을 설명하시오.
13. 피뢰기의 구비조건에 대해 설명하시오.

2 교시

1. 하인리히의 사고예방대책 5단계를 설명하시오.
2. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제319조에서 정하는 정전전로에서의 전기작업에 대하여 설명하시오.
3. 건설현장의 가설전기에 대한 감전사고의 원인과 예방대책에 대하여 설명하시오.
4. 보호계전기로 사용되는 변류기에 관하여 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 절연구조에 따른 분류 및 특징
 - 2) 권선형태에 따른 분류 및 특징
 - 3) 검출용도에 따른 분류 및 특징
5. 3상 선로 인덕턴스를 구하는 식을 설명하시오.
 - 1) 정삼각형으로 배치된 3상 선로인 경우 자기인덕턴스를 구하는 식
 - 2) 비 정삼각형으로 배치된 3상 선로인 경우 상기 1)을 이용하여 3상 선로인 인덕턴스를 구하는 식
6. 전자과장해와 유도장해를 경감하기 위한 기술적 대책을 설명하시오.

3 교시

1. 매슬로우(Abraham H. Maslow)의 욕구 5단계 이론을 설명하시오.
2. 전기화재의 원인과 예방대책에 대하여 설명하시오.
3. 송전선 부근에서 발생하는 전계로 인하여 발생하는 정전유도에 대하여 설명하시오.
 - 1) 정전유도를 받고 있는 물체에 접촉한 경우의 전격현상
 - 2) 정전유도를 받고 있는 인체의 방전에 의한 전격현상
4. 전선로나 기기의 고장을 검출하여 동작하는 보호계전기에 대하여 다음 사항을 설명하시오.
 - 1) 보호계전기를 동작시한에 따라 분류하고 설명
 - 2) 한시특성을 구동전기량과 동작시간에 따른 특성을 그림으로 표현
5. 전력선에서 발생하는 고조파의 발생원인과 영향, 억제대책에 대하여 설명하시오.
6. 전력시설물 시공 시 품질관리와 관련하여 감리원의 역할과 중점품질관리에 대하여 설명하시오.

4 교시

1. 산업안전보건법이 정하는 안전, 보건교육에 대해 설명하고, 교육의 종류 및 근로자 대상교육 시간에 대하여 설명하십시오.
2. 전기안전관리자 직무에 관한 고시에서 전기안전관리자의 전기사고 대응대책 및 중대사고 보고에 대하여 설명하십시오.
3. 정전기의 물리적 현상, 재해의 종류, 재해방지대책에 대하여 설명하십시오.
4. 수변전설비에서 사용하는 차단기에 관하여 다음 사항을 설명하십시오.
 - 1) 차단기의 종류(5가지)와 특징
 - 2) 차단기 소호메커니즘
5. 전력시설물공사 준공 후 시설물 인수, 인계 관련하여 감리업무에 대하여 설명하십시오.
6. 전기자동차 충전설비의 시설에 대하여 다음을 설명하십시오.
 - 1) 저압전로
 - 2) 전기, 기계적 조건, 설치 환경
 - 3) 충전케이블 및 부속품
 - 4) 부대설비

제 1 교시 문제풀이

1-1. 국제노동기구(ILO)에서 규정하는 재해정도를 구분하여 설명하시오.

답) 출처' 산업안전개론

1. 국제노동기구(International Labour Organization)

- 1) 국제노동기구(International Labour Organization)는 자본주의 산업화 과정에서 발생한 노동문제를 합리적으로 해결하기 위하여 1919년 4월 체결된 베르사이유 평화조약(제13편 노동)에 따라 국제연맹 산하에 설립
- 2) ILO는 1946년 12월 최초로 국제연합(UN) 전문기구로 편입되었고, 현재 187개 회원국이 가입해 있고, 주요 기능은 국제노동기준 수립 및 이행 감독, 양질의 고용 확산을 위한 회원국 지원, 연구·교육 및 출판 등이며, 노사정 3자로 구성된 총회, 이사회, 사무국 등
- 3) 한국은 1991년 12월 9일 152번째로 가입했으며, 1996년부터 24년 연속 이사국으로 선출되었고 비교적 빠른 기간내 이사회 의장직(2003-04년)을 맡는 등 ILO 활동에 적극 참여
- 4) 회원국 중 분담금 납부 규모가 열세 번째(2018-19년)인 책임 있는 회원국으로서 ILO 협약·권고의 채택, 예산 및 주요사업의 결정 등에서 아시아 태평양 지역 내 논의를 주도함.



2. 재해정도의 구분

구 분	내 용
사망	사고로 입은 부상 결과로 생명을 잃는 경우를 말하며, 행방불명시는 발생한 날로부터 3개월이 경과하면 사망으로 인정한다.
영구노동 불능 상해	부상 결과로 노동 기능을 완전히 잃게 되는 부상으로 신체장애등급 1~3급에 해당된다.
영구부분노동 불능 상해	부상 결과로 신체부분의 일부가 노동 기능을 상실한 부상으로 신체장애등급 4~14에 해당된다.
일시부분노동 불능 상해	의사의 진단으로 일정기간 정규노동에 종사할 수 없으나 휴무상태가 아닌 상해, 즉 일시적으로 가벼운 노동에 종사하는 경우에 해당된다.
응급조치 상해	부상 후 치료를 받고 정상작업에 임할 수 있는 정도와 상해가 해당된다.

1-2. 인체의 에너지 대사율(RMR)과 작업강도 단계를 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 에너지 대사율의 정의

- 1) RMR(Relative Metabolic Rate)로 표기한다.
- 2) 육체적인 활동도를 나타낼 목적으로 활동 대사가 기초 대사량의 몇 배에 해당되는가를 숫자로 표시한다.

$$\text{에너지 대사율} = \frac{\text{활동 소비칼로리} - \text{안정시 소비칼로리}}{\text{기초 대사량}}$$

- 3) 기초대사량으로 나누는 것은 같은 동작을 해도 몸이 클수록 소비 열량이 크기 때문에 몸의 크기에 비례하는 기초 대사량으로 나눔으로써 몸 크기에 따른 개인차를 없애고 동일 활동에 있어서의 균일성을 얻고자 하는데 있다.
- 4) 동일 작업을 할 때는 숙련자는 필요한 근육만을 능률적으로 사용하므로 에너지 대사는 적다.

2. 에너지 대사율과 피로도

- 1) 일반적으로는 에너지 대사율이 높은 활동을 하면 피로도가 높다. 그러나 매달리기라든지 장시간 서서 계속하는 정적 작업에서는 에너지 대사율은 낮지만 피로도는 크다.
- 2) 정신적 작업을 계속하면 피로감은 크나 에너지 대사율은 낮다.
- 3) 에너지 대사율을 이용해서 노동에 필요한 소비량을 계산할 수 있다.

3. 에너지 대사율과 작업강도단계

작업강도단계	내 용
경작업 (0~1RMR)	사무직업, 정밀작업, 감시작업
중작업 (1~2RMR)	앉은작업
중작업 (2~4RMR)	손이나 발작업으로 동작, 속도가 적은 것
강작업 (4~7RMR)	일반적인 전신작업
격작업 (7RMR이상)	중근 작업이라고하는 전신작업

1-3. 전기사업법 제73조의 3에서 전기안전관리자의 성실의무와 전기사업법 시행규칙 제44조에서 전기안전관리자의 직무범위에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 전기사업법

1. 전기안전관리자의 선임 등

- 1) 전기설비의 안전관리업무를 수행하려면 기술자격 취득자를 전기안전관리자로 선임해야 한다.
- 2) 전기설비의 안전관리에 관한 업무를 다음의 자에게 위탁할 수 있다.
 - 1. 전기안전관리업무를 전문으로 하는 자(별도의 요건 갖춘 자)
 - 2. 시설물관리를 전문으로 하는 자(기술자격 취득자를 보유하고 있는 자)
- 3) 일정규모 이하의 전기설비는 다음에 해당자에게 안전관리업무를 대행(선임)할 수 있다.
 - ① 안전공사 ② 전기안전관리대행사업자(자본금, 기술인력 요건 갖춘 자)
 - ③ 전기분야의 기술자격을 취득한 사람(장비 보유자)
- 4) 선임이 곤란한 지역 또는 전기설비의 경우 별도의 전기안전관리자를 선임할 수 있다.
- 5) 전기안전관리자의 일시적 직무수행 불가능 시 별도의 대행자를 지정해야 한다.
- 6) 전기안전관리자의 세부기술자격 및 직무와 대행자가 준수할 사항, 업무범위, 업무량 및 최소 점검횟수에 관한 사항은 산업통상자원부령으로 정한다. <개정 2016.1.27>

2. 전기안전관리자의 성실의무 등

- 1) 전기안전관리자는 규정에 따른 직무를 성실히 수행하여야 한다.
- 2) 관계자는 전기안전관리자의 안전관리에 관한 의견에 따라야 한다.
- 3) 전기안전관리자는 안전관리에 관한 기록을 작성·보존하여야 한다. <신설 2016.1.27>

3. 전기안전관리자의 자격 및 직무

- 1) 전기안전관리자의 세부 기술자격(전기수용설비 및 비상용예비발전설비)

대 상	자격기준	보조원 인력
1. 모든 전기설비	1. 전기분야 기술사, 전기기사, 전기기능장 실무 2년 이상	1. 용량 1만kW 이상은 전기분야 2명 2. 용량 5천kW 이상 1만kW 미만 전기 1명 ※ 보조원은 기능사 이상 또는 동일분야 5년 이상 실무 경력자
2. 전압 10만V 미만	2. 전기산업기사 실무 4년 이상	
3. 전압 10만V 미만으로 용량 2,000kW 미만	3. 전기기사, 전기기능장 실무경력 실무 1년 이상	
4. 전압 10만V 미만으로 용량 1,500kW미만	4. 전기산업기사 이상	

- 2) 선임된 전기안전관리자의 직무 범위는 다음 각 호와 같다. <개정 2016.7.28.>
1. 전기설비의 공사·유지 및 운용에 관한 업무 및 이에 종사하는 사람에 대한 안전교육
 2. 전기설비의 안전관리를 위한 확인·점검 및 이에 대한 업무의 감독
 3. 전기설비의 운전·조작 또는 이에 대한 업무의 감독
 4. 전기설비의 안전관리에 관한 기록의 작성·보존 및 비치
 5. 공사계획의 인가신청 또는 신고에 필요한 서류의 검토
 6. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 공사의 감리업무
 - 가. 비상용 예비발전설비의 설치·변경공사로서 총공사비가 1억 원 미만인 공사
 - 나. 전기수용설비의 증설 또는 변경공사로서 총공사비가 5천만 원 미만인 공사
 7. 전기설비의 일상점검·정기점검·정밀점검의 절차, 방법 및 기준에 대한 안전관리규정의 작성
 8. 전기재해의 발생을 예방하거나 그 피해를 줄이기 위하여 필요한 응급조치
- 3) 전기안전관리자의 직무에 관한 세부적인 사항은 산업통상자원부장관이 정하여 고시한다.
 <신설 2015.11.6.>

1-4. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제304조에서 사업주는 전기기계기구에 누전에 의한 감전의 위험을 방지하기 위하여 누전차단기를 설치하여야 한다. 누전차단기 설치를 적용하지 아니할 수 있는 3가지 조건을 설명하시오.

답)

출처' 산업안전보건기준에 관한 규칙

1. 제304조(누전차단기에 의한 감전방지)

- 1) 사업주는 다음 각 호의 전기 기계·기구에 대하여 누전에 의한 감전위험을 방지하기 위하여 해당 전로의 정격에 적합하고 감도가 양호하며 확실하게 작동하는 감전방지용 누전차단기를 설치하여야 한다.
- (1) 대지전압이 150볼트를 초과하는 이동형 또는 휴대형 전기기계·기구
 - (2) 물 등 도전성이 높은 액체가 있는 습윤장소에서 사용하는 저압(750볼트 이하 직류전압이 나 600볼트 이하의 교류전압을 말한다)용 전기기계·기구
 - (3) 철판·철골 위 등 도전성이 높은 장소에서 사용하는 이동형 또는 휴대형 전기기계·기구
 - (4) 임시배선의 전로가 설치되는 장소에서 사용하는 이동형 또는 휴대형 전기기계·기구

2. 누전차단기 설치제외 대상

- 1) 「전기용품안전관리법」에 따른 이중절연구조 또는 이와 같은 수준 이상으로 보호되는 전기 기계·기구
- 2) 절연대 위 등과 같이 감전위험이 없는 장소에서 사용하는 전기기계·기구
- 3) 비접지방식의 전로

1-5. 위험전압과 안전전압에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 위험전압

- 1) 전원과 인체의 접촉으로 인체에 인가될 수 있는 전압을 위험전압이라 하며, 보통 접촉 전압과 보폭 전압의 2가지로 나눌 수 있다.
- 2) 접촉 전압은 사람의 손과 다른 신체일부 사이에 인가되는 전압을, 보폭 전압은 사람의 양발 사이에 인가되는 전압을 말한다.
- 3) 저압 전로에서 전기기기나 배선 등의 절연이 열화 또는 불량으로 인해 누전사고가 일어나게 되면, 지락 전류가 전기기기 또는 배선과 대지간에 흐르게 되며, 이와 같은 상태에서 사람이 기기와 접촉하게 되면 인체에 전압이 인가되게 되며, 인체의 감전위험을 방지하기 위하여 안전상 허용접촉 전압은 주변환경을 고려하여 정할 수 있다.
- 4) 접촉전압의 정의
 - ① IEEE에서의 접촉전압의 정의는 구조물과 대지면의 거리가 1m에서의 접촉 시 전위차를 의미한다.
 - ② 대지에 접촉된 발과 다른 신체부분과의 사이에 인가되는 전압이다.
 - ③ 허용접촉전압을 활용하여 발전소·변전소 등의 접지선 굵기에 활용할 수 있다.
- 5) 보폭전압의 정의
 - ① 고장전류가 흘렀을 때 접지전극 근처에 전위발생하고, 이때 사람의 양다리에 인가되는 전압을 의미한다.
 - ② 지표면 위의 1m 떨어진 두 지점 간의 전위차이다.
 - ③ 허용보폭전압을 활용하여 발전소·변전소의 Mesh 접지의 간격 계산에 활용할 수 있다.

2. 안전전압

- 1) 안전 전압이란 회로의 정격 전압이 일정수준 이하의 낮은 전압으로 절연파괴 등의 사고 시에도 인체에 위험을 주지 않게 되는 전압을 말하며, 이 전압 이하를 사용하는 기기들은 제반 안전대책을 강구하지 않아도 된다.
- 2) 안전 전압은 산업안전보건법에서 30V로 규정하고 있다.(IEC 기준 : 42V)
- 3) 국가별 안전전압 기준

국가명	안전전압(V)	국가명	안전전압(V)
한국	30	프랑스	AC(24), DC(50)
체코	20	네덜란드	50
독일	24	일본	24~30
영국	24	오스트리아	60(1.5초)

1-6. 폭발위험장소의 구분에 따른 전기기계기구 선정 원칙에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 방폭의 개념

- 1) 폭발위험성 = 위험성 분위기의 생성 × 점화원의 존재
- 2) 방폭이란 폭발위험성을 제거하기 위하여 위험성 분위기와 점화원의 존재 가능성 중에서 어느 한 가지를 “0”으로 만드는 것이다.
- 3) 전기방폭이란 두 가지의 요소 중 전기적 점화원의 존재 가능성을 “0”으로 만들기 위한 방폭구조를 의미한다.

2. 전기방폭의 원리

- 1) 점화원의 제거(전기방폭)
- 2) 점화원의 실질적 격리 : 내압 방폭구조, 유입 방폭구조, 압력 방폭구조
- 3) 전기기기의 안전도 증가 : 안전증 방폭구조
- 4) 점화능력의 본질적 억제 : 본질안전 방폭구조

3. 위험장소분류

구 분	특 징	KS기준 정의 (폭발성 분위기)	대표 장소
0종 장소	평상시 폭발성 분위기 생성	장기간 또는 빈번하게 존재하는 장소	용기, 장치, 배관 등의 내부
1종 장소	평상시 폭발성 분위기 생성우려	정상 작동 중에 생성될 수 있는 장소	맨홀, 벤트, 피트 등의 주위
2종 장소	이상시 폭발성 분위기 생성우려	정상 작동 중에 생성될 가능성은 없고 빈도가 극히 희박하고 아주 짧은 시간동안 지속되는 장소	개스킷, 패킹 등의 주위

국가별 / 위험분위기	지속적인 위험분위기	정상상태 하에서의 간헐적 위험분위기	이상상태 하에서의 위험분위기
한국/IEC/미국(NEC 505)	0종 장소 (Zone 0)	1종 장소 (Zone 1)	2종 장소 (Zone 2)
미국(NEC 500)	Division 1		Division 2

4. 위험장소별 방폭구조 선정기준

분 류	방폭구조 전기기계·기구의 선정기준
0종 장소	① 본질안전방폭구조(ia) ② 그 밖에 관련 공인 인증기간이 0종 장소에서 사용이 가능한 방폭구조로 인증한 구조
1종 장소	① 내압방폭구조(d) ② 압력방폭구조(p) ③ 충전방폭구조(q) ④ 유입방폭구조(o) ⑤ 안전증방폭구조(e) ⑥ 본질안전방폭구조(ia, ib) ⑦ 몰드방폭구조(m) ⑧ 그 밖에 관련 공인 인증기관이 1종 장소에서 사용이 가능한 방폭구조로 인증한 구조
2종 장소	① 0종 장소 및 1종 장소에서 사용가능한 방폭구조 ② 비점화방폭구조(n) ③ 그 밖에 2종 장소에서 사용하도록 특별히 고안된 비방폭형 구조

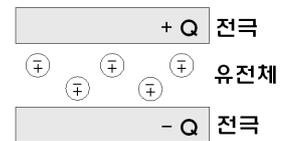
1-7. 전력케이블의 유전체손실에 관하여 단심케이블과 3심케이블로 나누어 설명하시오.

답)

출처' 모아건축전기

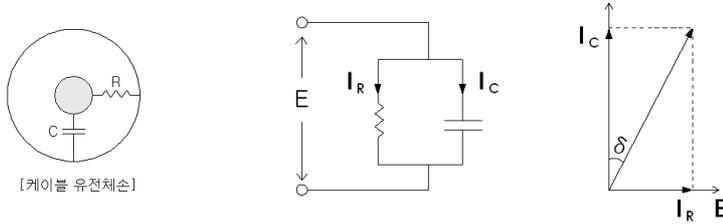
1. 유전체 손실

- ① 케이블의 유전체³⁾에서 발생하는 손실로서, 유전체에 교류전압 인가 시 전하의 변위에 의한 마찰 등으로 발생하는 에너지 손실이다.
- ② 즉, 유전체에 전압인가시 정전용량에 의한 충전전류(I_C)가 발생하고, 교류 주파수의 교변에 의한 전하의 마찰로 발생하는 손실전류(I_R)가 발생한다.
- ③ 이 때 발생하는 손실전류(I_R)는 저항전류라고도 하며, 유전체가 절연특성을 상실하면 그 값이 증대한다.
- ④ 이를 응용하여 케이블의 절연열화 측정시 활용할 수 있고, 케이블의 절연물질을 유전특성이 좋은 재료를 사용하여 유전체 손실을 저감할 수 있다.



2. 케이블의 유전체 손실

- ① 유전체에 각주파수(ω)인 전압(V) 인가시 전류(I)가 흐른다. 이때 유전체에 정전용량(C)에 의한 충전전류(I_C)와 전압(E)과 동상인 손실전류(I_R)가 발생한다.



[그림1] 케이블 유전체손 등가회로

- ② 등가회로에서 유전손실각 $\tan \delta = \frac{I_R}{I_C}$ 에서, $I_R = I_C \cdot \tan \delta$ 이고, $I_C = \omega C E$, $\omega = 2\pi f$ 이다.

- ③ 유전체 손실

$$W_d = E \cdot I_R$$

$$= E \cdot I_C \tan \delta = E \cdot \omega C E \tan \delta = \omega C E^2 \tan \delta = 2\pi f C E^2 \tan \delta$$

3. 단심케이블과 3심케이블의 유전체손실 계산

- ① 케이블의 절연성이 우수할수록 유전체손은 작아진다.
- ② 유전체손이 크면 온도상승 일켜 절연내력이 작아진다.
- ③ 유전체손은 전압 및 온도에 따라서 달라진다.
- ④ 유전체손실의 크기로 절연물의 상태 및 열화유무 판정이 가능하다.
- ⑤ 유전체손 산출식

단심 케이블	3심 케이블
$W_d = E \cdot I_R$ $= E \cdot I_C \tan \delta = 2\pi f C E^2 \tan \delta [W/m]$	$W_{3d} = 3 \times 2\pi f C E^2 \tan \delta$ $= 2\pi f C V^2 \tan \delta [W/m]$

1-8. 전력케이블의 고장장소 탐색법으로 적용되는 머레이 루프법(Murray Loop Method)에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 발송배전공학

1. 고장 종류별 적용법

1) 지락 사고 및 단락 사고

- (1) 절연저항 3[kΩ] 이하인 경우 : 저압 머레이루프법(DC 수백[V] 이하)
- (2) 절연저항 3[kΩ] 넘는 경우 : 고압 머레이루프법(DC 수천[V] 이상)
- (3) 3심 단락으로 병행회선이 없는 경우 : 펄스레이더법(보조선 설치 후 머레이루프법)

2) 단선 사고 시

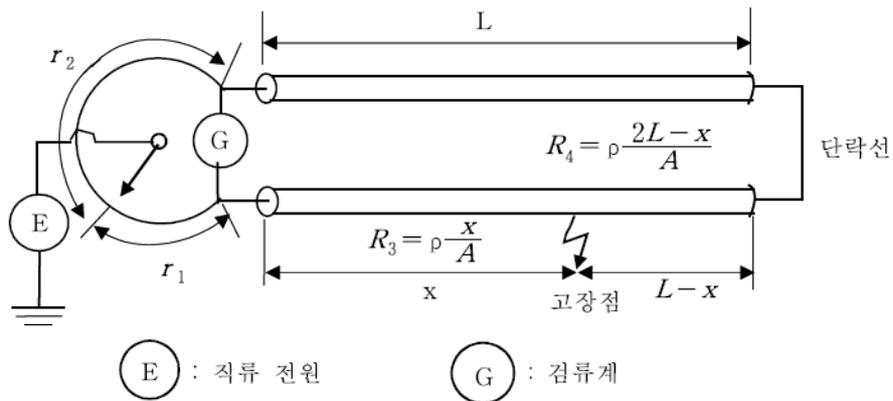
정전용량법, 펄스레이더법

2. 머레이 루프법(Murray Loop Method)

1) 원리

Wheatstone Bridge의 원리를 이용하여 지락 및 단락 사고점을 탐색

2) 구성도



3) r_1, r_2 [Ω] : 머레이 루프의 저항치

$R_3 = \rho \frac{x}{A}$ [Ω] : 사고상 측정 단자에서 고장점까지의 선로 저항

$R_4 = \rho \frac{2L-x}{A}$ [Ω] : 건전상 측정 단자에서 고장점까지의 저항

→ 브릿지의 평형 : $r_1 \times R_4 = r_2 \times R_3$

∴ 고장점까지의 거리 $x = \frac{2Lr_1}{r_1+r_2}$ [m]

4) 장점

- (1) 측정 오차가 0.1~0.5[%] 정도로 정밀도가 높다.
- (2) 지락 사고가 가장 많으므로 적용 기회 및 사용 실적 또한 많다.
- (3) 측정 조작이 간단하고 운반이 쉬워서 현장 측정에 적합하다.

5) 단점

- (1) 단선 사고 시에는 적용할 수 없다.
- (2) 지락 저항이 크고(수[MΩ]) 고장점에서 방전이 있는 경우에는 측정이 곤란하다.
- (3) 이때 지락점에 수십~수백[mA]의 전류를 흘려서 고장점과 대지간의 아크에 의해 절연체를 태움(Burning)으로써 저항을 낮추는 방법을 사용하기도 한다.
- (4) 건전상이 없는 고장(3상 동시 지락, 3심 단락 등)의 경우에도 측정 곤란

1-9. 저항접지방식의 종류와 특징을 설명하시오.

답)

출처' 모아건축전기

1. 전력계통의 중성점 접지목적

- 1) 고장시 보호계전기의 동작을 확실히 할 수 있고, 고장전류를 신속히 소멸시킬 수 있다.
- 2) 전력계통의 중성점을 접지하여 각 상의 대지전위를 낮추어 기기 및 선로의 절연을 낮출 수 있다.
- 3) 중성점을 접지하여 $1/\sqrt{3}$ 배의 선간전압을 사용할 수 있다.
- 4) 변압기 저압측에서 상전압과 선간전압을 동시에 사용할 수 있다.(380V, 220V)

출처' 모아전기안전

2. 저항접지방식의 종류 및 특징

1) 특징

- ① 지락시 지락전류를 억제하기 위하여 계통의 중성점에 저항기(NGR: Neutral Ground Resister)를 사용하여 계통의 지락전류의 크기를 조정할 수 있다.
- ② 저항값이 낮으면 유도장해가 증대되고, 저항값이 높으면 계전기 미동작 및 건전상 대지전압 상승한다.
- ③ 주로 일반수용가의 구내 대규모 배전계통이나 발전기접지에 사용한다.
- ④ 중성점 저항기(NGR)의 저항값에 따라 고저항접지와 저저항 접지로 구분된다.

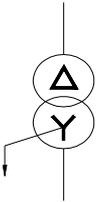
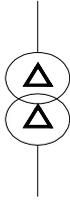
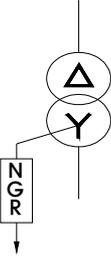
2) 종류별 특징

- (1) 고저항 접지
 - 접지저항 : 100 ~ 1,000[Ω] 정도
 - 지락전류 : 5 ~ 100[A] 정도
 - 전자유도장해 줄이고 계전기의 확실한 동작 확보
 - 계통의 안정도가 높고 운전도 용이하며 차단기 내량은 보통이다.

(2) 저저항 접지

- 접지저항 : 30[Ω] 정도
- 지락전류 : 100~300[A] 정도
- 1선 지락전류의 유효분 증가로 과도안정도 향상된다.

3. 접지방식의 특징 비교

구분	직접접지계통	비접지계통	저항접지(고저항/저저항)
구성			
중성점저항	$Z \approx 0$	$Z \approx \infty$	$Z \approx R$
지락전류	매우 크다 (수~수십KA)	매우 작다 (380mA~수A정도)	5~100 / 100~300(A)
지락시전압	작다(1.3배 이하)	크다($\sqrt{3}$ 이상)	중간(1.3~ $\sqrt{3}$)
공급길이	장거리 적합	단거리 적합	중거리
절연레벨	감소가능(단절연)	감소불능(전절연)	감소불능(전절연)
유도장해	크다	매우작다	보통
과도안정도	나쁘다	양호하다	비교적 양호하다
검출방식	잔류회로(CT×3)	GPT/ZCT	저항값 따라 적용
계전기적용	단락 : OCR 지락 : GOOCR	단락 : OCR 지락 : SGR	단락 : OCR 지락 : DGR/GOOCR
계전기동작	가장 확실하다	곤란하다	확실하다
적용장소	장거리 배전선로	단거리 구내 배전선로	중거리 구내 배전선로

1-10. 전력시설물의 공사로서 감리업자에게 공사감리를 발주하지 아니할 수 있는 전력기술 관리법 시행령 제20조 2항으로 정하는 소규모 또는 특수시설물 공사에 대하여 설명 하시오.

답)

출처' 전력기술 관리법 시행령

1. 관련근거 : 전력기술 관리법 시행령 제20조

법 제12조제2항제1호에서 “대통령령으로 정하는 기관 또는 단체”란 제18조제4항제3호부터 제 9호까지의 어느 하나에 해당하는 기관 또는 단체를 말한다.

2. 소규모 또는 특수시설물 공사

법 제12조제2항제2호에서 “대통령령으로 정하는 소규모 또는 특수시설물 공사”란 다음 각 호 의 전력시설물공사를 말한다.

1. 「전기사업법」에 따른 일반용전기설비의 전력시설물공사
2. 「전기사업법」 제16조에 따른 공급약관에서 정한 임시전력을 공급받기 위한 전력시설물공사
3. 「군사기지 및 군사시설 보호법」에 따른 군사시설 내의 전력시설물공사
4. 「소방시설공사법」에 따른 비상전원·비상조명등 및 비상콘센트설비 공사
5. 「전기사업법」에 따른 전기사업용전기설비 중 인입선 및 저압배전설비 공사
6. 「전기사업법」에 따른 전기사업자가 시행하는 전력시설물공사로서 그 소속 직원 중 감리원 수첩을 발급받은 사람에게 법 제12조의2제1항 및 제2항에 따라 감리업무를 수행하게 하는 공사
7. 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 공사의 시행자가 「전기사업법」 제73조에 따라 전기안전관리자에게 감리업무를 수행하게 하는 공사
 - 가. 비상용 예비발전설비의 설치·변경 공사로서 총공사비가 1억 원 미만인 공사
 - 나. 전기수용설비의 증설 또는 변경 공사로서 총공사비가 5천만 원 미만인 공사
8. 「전기사업법」에 따른 전기사업자가 시행하는 총도급공사비 5천만 원 미만인 전력시설물공사로서 소속 전력기술인에게 공사감리업무를 수행하게 하는 공사
9. 전력시설물 중 토목·건축 및 기계 부분의 설비 공사
10. 발전기 또는 전압 600볼트 이상의 변압기·차단기·전선로의 용량 변경을 가져오지 아니 하는 전력시설물의 보수 공사. 다만, 다음 각 목의 어느 하나에 해당하는 보수 공사는 제외 한다.
 - 가. 전기사업법 제61조 및 제62조에 따른 공사계획의 인가 또는 신고 대상인 보수 공사
 - 나. 전압 600볼트 미만인 전력시설물의 보수 공사로서 「전기사업법」에 따른 자가용전기설비 중 총공사비 5천만 원 이상인 전력시설물의 보수 공사와 함께 시행되는 보수 공사

1-11. 전력기술관리법 시행령에 따른 공사감리업무 수행에 관한 세부기준에 명시한 비상주 감리원이 수행할 업무를 설명하시오.

답)

출처' 전력시설물 공사감리업무 수행지침

1. 관련 근거 : 전력시설물 공사감리업무 수행지침 제5조

2. 비상주 감리원의 정의

“비상주감리원”이란 감리업체에 근무하면서 상주감리원의 업무를 기술적·행정적으로 지원하는 사람을 말한다.

3. 비상주감리원의 수행업무

- 1) 설계도서 등의 검토
- 2) 상주감리원이 수행하지 못하는 현장 조사분석 및 시공상의 문제점에 대한 기술검토와 민원사항에 대한 현지조사 및 해결방안 검토
- 3) 중요한 설계변경에 대한 기술검토
- 4) 설계변경 및 계약금액 조정의 심사
- 5) 기성 및 준공검사
- 6) 정기적(분기 또는 월별)으로 현장 시공상태를 종합적으로 점검·확인·평가하고 기술지도
- 7) 공사와 관련하여 발주자(지원업무수행자 포함)가 요구한 기술적 사항 등에 대한 검토
- 8) 그 밖에 감리업무 추진에 필요한 기술지원 업무

1-12. 변압기의 소음발생 원인을 설명하시오.

답)

출처' 모아건축전기

1. 변압기의 소음발생 원인

- 1) 변압기에 다소 큰 단상부하가 접속되어 부하 불평형이 있을 경우
- 2) 고조파가 발생하는 부하가 접속되었을 경우
- 3) 변압기 권선의 내부 층간 단락
- 4) 절연물질의 열화
- 5) 변압기 코일과 코일을 고정시킨 물질이 이완되었을 경우
- 6) 변압기와 설치 바닥 사이에 틈이 있는 경우
- 7) 변압기 터미널과 케이블의 접촉 불량

2. 변압기 소음 기준(22.9kV / Mold)

구 분	KS C 4311(dB)
100kVA	64
200kVA	65
300kVA	66
400kVA	67
500kVA	68
750kVA	70
1000kVA	70
1500kVA	72
2000kVA	74

3. 대책

- 1) 저 자속밀도 변압기 채택(CSP형, 권 철심형 변압기) 2~3dB 저감.
- 2) 철심과 탱크 사이에 방진고무를 넣는다.
- 3) 탱크 주위에 방은 차폐판 설치 : 10dB 저감.
- 4) 변압기 둘레와 위 부분에 콘크리트 방음벽 설치 : 30dB 저감.
- 5) 큐비클에 내장.

1-13. 피뢰기의 구비조건에 대해 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 피뢰기

- 1) 피뢰기란 수용가 전력시스템의 인입측에 설치하여 이상전압을 억제하는 기기로 평상시는 대지와 절연상태로 있고, 이상전압(낙뢰, 서지) 침입 시에는 대지로 방류하는 전력보호 기기이다.
- 2) 피뢰기의 가장 중요한 기능은 평상시에는 대지와 절연성능 유지와 이상전압 시는 신속히 대지로 방류하고, 이상전압방류 후에는 신속히 절연상태로 회복하는 기능들이다.

2. 피뢰기의 구비조건

- 1) 충격파 방전개시전압이 낮아야 한다.
- 2) 제한전압이 낮아야 한다.
- 3) 상용주파방전개시전압이 높아야 한다.
- 4) 방전내량이 커야 한다.
- 5) 이상전압 방전 후에는 신속히 속류를 차단하고 절연상태로 회복한다.
- 6) 이상전압 침입 시 신속히 방전한다.
- 7) 이상전압 방전 시 전력계통의 단자전압을 일정 이하로 유지해야 한다.
- 8) 지속적인 반복동작에도 특성이 변하지 않아야 한다.

3. 피뢰기의 종류 비교

구 분	탄화규소 피뢰기(꺾저항형)	산화아연 피뢰기(꺾레스형)
성 분	· 주성분은 탄화규소 SiC · 부성분은 점토 등의 자기성분	· 주성분은 산화아연(ZnO) · 부성분은 Bi ₂ O ₃
다중 뇌 성능유지	· 다중뇌에 직렬꺾의 절연저하로 지락사고 발생할 수 있다.	· 전압-전류의 비직선 특성이 우수하여 다중 뇌가 발생하면 속류가 없고, 열화현상이 거의 없다.
서 지 흡수능력	· 서지를 직렬꺾이 처리하므로 서지흡수 한계가 있다. · 직렬꺾이 방전할 때까지 서지가 존재하여 서지흡수가 늦다.	· 서지를 산화아연 소자가 직접 처리한다. · 이상전압 발생과 동시에 방전한다.
구 조	· 직렬꺾이 있어 소형화 어렵다.	· 직렬꺾이 없어 소형화 가능하다.

제 2교시 문제풀이

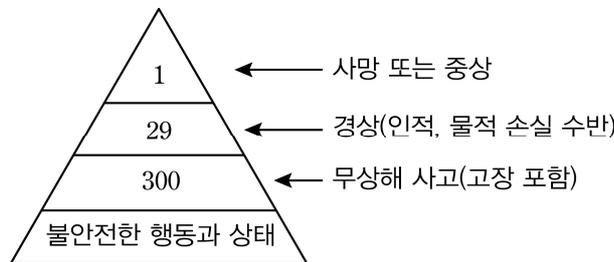
2-1. 하인리히의 사고예방대책 5단계를 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 하인리히의 법칙

- 1) 하인리히는 산업재해 사례 분석을 통해 하나의 통계적 법칙을 발견하였고, 이는 산업안전 최초의 원칙이 되었다.
- 2) 산업재해가 발생하여 중상자가 1명 나오면 그 전에 같은 원인으로 발생한 경상자가 29명, 같은 원인으로 잠재적 부상자가 300명 있다는 사실이었다.
- 3) 즉, 큰 재해와 작은 재해 그리고 사소한 사고의 발생 비율이 1:29:300이라는 것이다.
- 4) 큰 사고는 우연하고 갑작스럽게 발생하는 것이 아니라 그 이전에 반드시 경미한 사고들이 반복되는 과정 속에서 발생한다는 것을 실증적으로 밝힌 것으로, 큰 재해는 항상 사소한 것들을 방치할 때 발생한다는 것이다.
- 5) 하인리히 법칙은 노동현장에서의 재해뿐만 아니라 각종 사고나 재난, 또는 사회적·경제적·개인적 위기나 실패와 관련된 법칙으로 확장되어 해석되고 있다.



[그림] 하인리히의 사고발생비율

2. 하인리히의 재해방지 4원칙

1) 예방 가능한 원칙

- ① 인적 재해의 특성은 천재와는 달리 그 발생을 미연에 예방할 수 있다는 것이다.
- ② 재해예방의 목적은 예방가능 원칙에 기초를 두고, 체계적인 과학적 예방대책이 필요하다.
- ③ 즉, 물적·인적인 사고 징후를 사전에 발견하여 재해발생을 최소화해야 한다.

2) 손실 우연의 원칙

- ① 같은 종류에 사고가 지속적으로 반복되어 발생하고 있다.
 - 무상해 사고가 300회 발생하였다면,
 - 경상 사고가 29회 발생하고,
 - 중상 사고가 1회 발생한다.

- ② 이 반복적인 현상을 1 : 29 : 300의 하인리히 법칙이라고 한다.

하인리히 법칙의 관계
 사고발생과 상해정도(손실)의 관계 ⇒ 우연적 관계

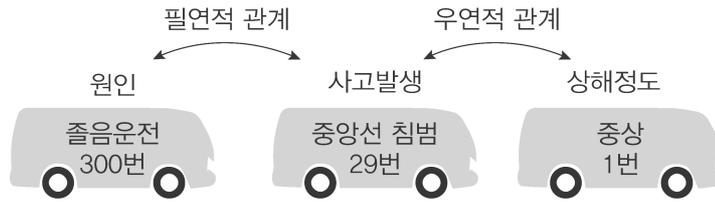
- ③ 사고 발생 시 손실이 없는 경우를 Near Accident(아슬아슬한 사고)라고 하며, 일시적으로 손실을 면하더라도 사고가 재발할 경우 얼마나 큰 손실이 발생할 것인가는 우연에 의해 정해지므로 예측할 수 없다.
- ④ 따라서, 이 큰 손실을 막기 위해서는 사고의 재발을 예방하는 방법 밖에는 없다.
- ⑤ 재해 예방은 근본적으로 손실 유·무에 관계없이 사고의 발생을 미연에 예방하는 것이 가장 중요하다.

3) 원인 계기의 원칙

- ① 사고의 원인과 사고의 발생 사이에는 반드시 필연적인 인과관계가 있다.

하인리히 법칙의 관계
 사고원인과 사고발생 관계 ⇒ 필연적 관계

- ② 사고발생과 상해정도(손실)과의 관계는 우연적이지만, 원인과 발생관계는 필연적이다.



[그림] 하인리히 법칙의 관계

4) 대책 선정의 원칙

- ① 안전사고의 예방 방법으로는 교육적(Education), 기술적(Engineering), 관리적(Enforcement)의 3E 대책이 중요하다.
- ② 안전사고의 예방에 3E를 모두 활용해서 사고의 예방효과와 합리적 관리사 가능하다.
- ③ 재해 예방 대책 선정 시에는 정확한 원인분석에 따라, 직접적인 원인을 유발시키는 배후 원인에 대한 사전대책을 신속·확실하게 실시해야 한다.

3. 하인리히의 재해예방 5단계

하인리히는 산업안전원칙의 기초 위에서 재해예방원리라는 5단계적인 방법을 제시하였다.

1) 제1단계 : 안전관리조직(Organization)

경영자는 안전목표를 설정하여 안전관리를 함에 있어 맨 먼저 안전관리조직을 구성하여 안전활동 방침 및 계획을 수립하고 전문적인 기술을 가진 조직을 통한 안전활동을 전개함으로써 근로자의 참여하에 집단의 목표를 달성하도록 하여야 한다.

2) 제2단계 : 사실의 발견(Fact Finding)

조직편성을 완료하면 각종 안전사고 및 안전활동에 대한 기록을 검토하고 작업을 분석하여 불안전 요소를 발견한다. 불안전 요소를 발견하는 방법은 안전점검, 사고조사, 관찰 보고서의 연구, 안전토의 또는 안전회의 등이 있다.

3) 제3단계 : 평가, 분석(Analysis)

발견된 사실, 즉 안전사고의 원인분석은 불안전 요소를 토대로 사고를 발생시킨 직접 및 간접적 원인을 찾아내는 것이다. 분석은 현장조사결과와 분석, 사고보고서의 분석, 환경조건의 분석 및 작업공정의 분석, 교육과 훈련의 분석 등을 통하여 이루어진다.

4) 제4단계 : 시정책의 선정(Selection of Remedy)

분석을 통하여 색출된 원인을 토대로 효과적인 개선방법을 선정해야 한다. 개선방안에는 기술적 개선, 인사조정, 교육 및 훈련의 개선, 안전행정의 개선, 규정 및 수칙의 개선과 이행 독려의 체제강화 등이 있다.

5) 제5단계 : 시정책의 적용(Application of Remedy)

시정방법이 선정된 것만으로 문제가 해결되는 것은 아니고 반드시 적용되어야 하며 목표를 설정하여 실시하고 결과를 재평가하여 불합리한 점은 재조정 되어 실시되어야 한다.

시정책은 교육(Education), 기술(Engineering), 규제(Enforcement)의 3E 대책을 실시함으로써 이루어진다.

제 1 단계 안전관리조직	제 2 단계 사실의 발견	제 3 단계 평가 · 분석	제 4 단계 시정책의 선정	제 5 단계 시정책의 적용
1. 경영자의 안전 목표 설정 2. 안전관리자의 선임 3. 안전의 라인 및 참모 조직 4. 안전활동 방침 및 수립계획 5. 조직을 통한 안전 활동 전개	1. 사고 및 활동기록의 검토 2. 작업분석 3. 점검 및 검사 4. 사고조사 5. 각종 안전회의 및 토의 6. 근로자의 제안 및 여론조사	1. 사고원인 및 경향성 분석 2. 사고기록 및 관련 자료분석 3. 인적 · 물적 · 환경적 조건분석 4. 작업공정분석 5. 교육훈련 및 적정 배치분석 6. 안전수칙 및 보호 장비의 적부	1. 기술적 개선 2. 배치조정 3. 교육훈련의 개선 4. 안전행정의 개선 5. 규정 및 수칙 등 제도의 개선 6. 안전운동의 개선	1. 교육적 대책의 실시 2. 기술적 대책의 실시 3. 규제적 대책의 실시 4. 재평가 후 보완 및 시정

4. 하인리히의 재해발생 도미노 5단계(사고발생의 5단계)

- 1) 1단계 : 사회적 환경과 유전적 요소(Social environment and inherit)
- 2) 2단계 : 인간의 결함(Personal faults)
- 3) 3단계 : 불안정한 행동과 불안정한 상태(Unsafe act and unsafe condition)
- 4) 4단계 : 사고(Accident)
- 5) 5단계 : 재해(Injury)

2-2. 산업안전보건기준에 관한 규칙 제319조에서 정하는 정전전로에서의 전기작업에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전 산업안전보건기준에 관한 규칙

1. 전기작업자의 제한

감전위험이 있는 전기기계·기구 또는 전로의 설치·해체·정비·점검 등의 작업을 하는 경우에는 자격·면허·경험 또는 기능을 갖춘 사람(유자격자)이 작업을 수행하도록 하여야 한다.

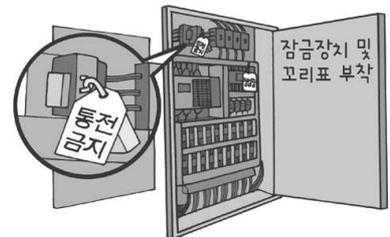
2. 정전전로에서의 전기작업

- 1) 노출된 충전부 또는 부근에서 작업 시 감전우려 있는 경우 작업 전에 전로를 차단해야 한다.
- 2) 작업 전 전로차단 제외 경우
 - (1) 생명유지장치, 비상경보설비, 폭발위험장소의 환기설비, 비상조명설비 등의 장치·설비의 가동이 중지되어 사고의 위험이 증가되는 경우
 - (2) 기기의 설계상 또는 작동상 제한으로 전로차단이 불가능한 경우
 - (3) 감전, 아크 등으로 인한 화상, 화재·폭발의 위험이 없는 것으로 확인된 경우



3. 전로차단 절차

- 1) 전기기기 등에 공급되는 모든 전원을 관련 도면, 배선도 등으로 확인할 것
- 2) 전원을 차단한 후 각 단로기 등을 개방하고 확인할 것
- 3) 차단장치나 단로기 등에 잠금장치 및 꼬리표를 부착할 것
- 4) 개로된 전로에서 유도전압 또는 전기에너지가 축적되어 근로자에게 전기위험을 끼칠 수 있는 전기기기 등은 접촉하기 전에 잔류전하를 완전히 방전시킬 것
- 5) 검전기를 이용하여 작업 대상 기기가 충전되었는지를 확인할 것
- 6) 전기기기 등이 다른 노출 충전부와의 접촉, 유도 또는 예비동력원의 역송전 등으로 전압이 발생할 우려가 있는 경우에는 충분한 용량을 가진 단락 접지기구를 이용하여 접지할 것



4. 근로자 접촉감전 우려 있는 장소

- 1) 작업기구, 단락접지기구 등을 제거하고 전기기기 등이 안전하게 통전될 수 있는지를 확인할 것
- 2) 모든 작업자가 작업이 완료된 전기기기 등에서 떨어져 있는지를 확인할 것
- 3) 잠금장치와 꼬리표는 설치한 근로자가 직접 철거할 것
- 4) 모든 이상 유무를 확인한 후 전기기기 등의 전원을 투입할 것



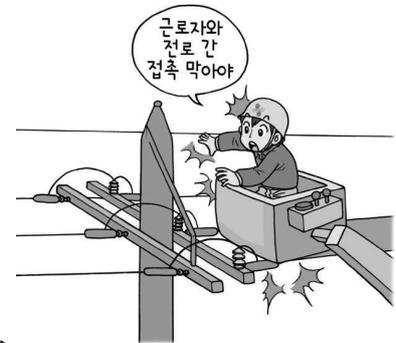
5. 정전전로 인근에서의 전기작업

근로자가 전기위험에 노출(접촉 및 인근작업) 우려가 있는 경우, 차단장치나 단로기 등에 잠금장치 및 꼬리표를 부착해야 한다.

6. 충전전로에서의 전기작업

1) 충전전로 취급·인근 작업 시 조치방법

1. 충전전로를 정전시키는 경우에는 ‘정전전로작업방법’에 따른 조치를 할 것
2. 충전전로를 방호, 차폐하거나 절연 등의 조치를 하는 경우에는 근로자의 신체가 전로와 직접 접촉하거나 도전재료, 공구 또는 기기를 통하여 간접 접촉되지 않도록 할 것
3. 충전전로를 취급하는 근로자에게 그 작업에 적합한 절연용 보호구를 착용시킬 것
4. 충전전로에 근접한 전기작업은 절연용 보호구를 설치할 것. 단, 저압은 절연용 보호구를 착용하되, 접촉우려 없는 경우에는 제외 가능하다.
5. 고압 및 특별고압의 전로에서 전기작업을 하는 근로자에게 활선작업용 기구 및 장치를 사용하도록 할 것
6. 근로자가 절연용 보호구의 설치·해체작업을 하는 경우에는 절연용 보호구를 착용하거나 활선작업용 기구 및 장치를 사용하도록 할 것
7. 무자격자가 충전전로 인근 높은 곳 작업 시 충전전로에서의 이격거리
 - 대지전압 50kV 이하인 경우에는 300cm 이내
 - 대지전압이 50kV 초과 시에는 10kV당 10cm 더한 거리 이내로 접근할 수 없도록 할 것
8. 유자격자가 충전전로 인근 작업 시 노출 충전부에 접근 할 수 없도록 한다.
 - **노출 충전부 접근 가능 경우**
 - 가. 노출 충전부가 절연된 경우 또는 절연장갑 착용한 경우
 - 나. 노출 충전주가 도전체 또는 근로자와 절연된 경우
 - 다. 근로자가 다른 전위를 갖는 모든 도전체로부터 절연된 경우



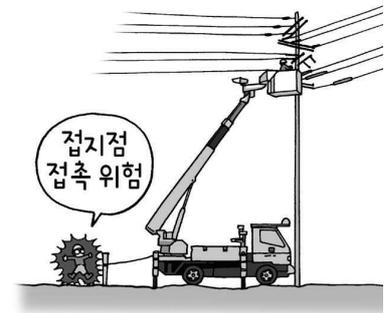
충전전로 선간전압(kV)	충전전로 접근 한계거리(cm)
0.3 이하	접촉금지
0.3 초과 0.75 이하	30
0.75 초과 2 이하	45
2 초과 15 이하	60
15 초과 37이하	90
37 초과 88 이하	110
88 초과 121이하	130
121 초과 145 이하	150
145 초과 169 이하	170
169 초과 242 이하	230
242 초과 362 이하	380
362 초과 550 이하	550
550 초과 800 이하	790



- 2) 노출 충전부나 근로자 접근을 제한할 필요가 있는 경우 방책을 설치하고 표지를 설치한다. 단, 전기와 접촉 위험 경우 도전성 금속방책 사용 또는 접근한계거리 이내에 설치한다.
- 3) 위와 같은 대책은 곤란한 경우에는 사전에 위험을 경고하는 감시인을 배치하여야 한다.

7. 충전전로 인근에서의 차량·기계장치 작업

- 1) 충전전로 인근에서 차량, 기계장치 등의 작업 시 충전부로부터 300cm 이상 이격유지.
 - 대지전압이 50kV 이상일 시 10kV 증가할 때마다 10cm씩 증가시켜야 한다.
 - 단, 높이를 낮춘 상태로 이동(차량 등)할 경우 120cm 이상으로 할 수 있다.



- 2) 충전전로의 전압에 적합한 절연용 방호구 등을 설치한 경우
 - 이격거리를 절연용 방호구 앞면까지로 할 수 있으며,
 - 차량 등의 가공 붐대의 버킷이나 끝부분 등이 충전전로의 전압에 적합하게 절연되어 있고 유자격자가 작업을 수행하는 경우에는 붐대의 절연되지 않은 부분과 충전전로 간의 이격거리는 접근 한계거리까지로 할 수 있다.

- 3) 근로자가 차량 등에 접촉하지 않도록 방책 설치 또는 감시인 배치 등의 조치를 해야 한다.
 - 근로자가 해당 전압에 적합한 절연용 보호구 등을 착용하거나 사용하는 경우
 - 차량 등의 절연되지 않은 부분이 접근 한계거리 이내로 접근하지 않도록 하는 경우
- 4) 충전전로 인근에서 접지된 차량 등이 충전전로와 접촉할 우려가 있을 경우에는 지상의 근로자가 접지점에 접촉하지 않도록 조치하여야 한다.

2-3. 건설현장의 가설전기에 대한 감전사고의 원인과 예방대책에 대하여 설명하시오.

답)

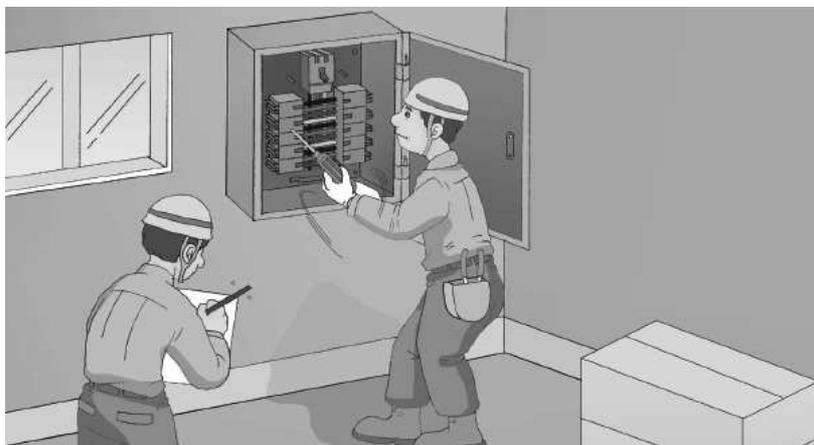
출처' 산업안전보건공단

1. 개요

- 1) 가설전기는 건축공사를 하기 위하여 임시로 설치해서 공사를 마친 후 철거하는 간접공사를 말한다.
- 2) 건설현장의 가혹조건에 따라 설치 시에 엄격한 기준과 규격이 필요하다.

2. 가설전기 계통의 설치와 사용

- 1) 현장의 배전계통, 개폐장치, 차단기 등은 엄격한 기준에 의하여 설치한다.
- 2) 필요한 보호수단을 구비해야 하며, 악조건의 환경으로부터 보호되어야 한다.
- 3) 전원을 차단하는 수단은 항상 비상시에 접근이 용이해야 한다.
- 4) 모든 전선은 표준기준에 적합하여야 한다.
- 5) 설치하는 전기기술자가 설치하여야 한다.



3. 가설전기 종류 별 감전사고원인 및 대책

1) 가설 수변전 설비

(1) 원인

- ① 안전점검 미실시
- ② 보호울타리의 시건장치 미설치로 인한 무단침입
- ③ 전기설비 설치 시 안전보호구 미착용
- ④ 작업 중 자재의 낙하로 수전설비 조작 중 감전

(2) 대책

- ① 전기안전관리자의 정기 점검
- ② 보호울타리의 시건장치 및 위험표지판 설치
- ③ 안전보호구 미착용 시 작업 금지
- ④ 정리 정돈

2) 가설 분전반

(1) 원인

- ① 분전반 내 이물질로 인한 감전
- ② 콘센트 미설치로 분전반 내부에서 전선 인출 중 감전
- ③ 전기 기계기구의 누전차단기 미설치
- ④ 분전함 조작 중 감전

(2) 대책

- ① 시건장치 및 위험표지판 설치
- ② 분전반 내부 청소 및 이물 침투 방지
- ③ 콘센트 설치
- ④ 전기 기계기구는 누전차단기를 설치하여 사용
- ⑤ 분전반 외함 접지 실시

3) 접지

(1) 원인

- ① 금속제 분전반 외함, 전동기계기구 접지 미 실시로 사용 중 감전
- ② 접지선 탈락 미확인
- ③ 접지선이 연결 안 된 콘센트 사용으로 기계기구 사용 중 감전

(2) 대책

- ① 금속제 분전반 외함, 전동기계기구 접지 실시
- ② 정기적으로 접지저항 측정
- ③ 접지형 콘센트 사용

4) 가설 전선로

(1) 원인

- ① 전선이 충격, 접촉 등으로 피복손상에 의한 충전부 노출부 접촉 감전
- ② 전선을 바닥에 설치하여 낙하물로 인한 피복손상에 의한 감전
- ③ 전선의 용량 부족으로 인한 과열로 전기화재
- ④ 문어발식 전기 콘센트 사용으로 인한 전기화재

(2) 대책

- ① 전선의 피복손상여부 주기적 점검
- ② 정기적으로 절연저항 측정
- ③ 용량에 적합한 전선의 굵기 선정 사용
- ④ 과부하 차단기능 부착형 멀티탭 사용

4. 가설전기 위험성 평가 사례

작업내용	위험포인트	안전관리대책	위험도
 <p>① 접지선, 접지봉 불량으로 누전 시 접지기능 저하</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 규정 접지선 미사용 • 접지봉 부식 	<ul style="list-style-type: none"> • 접지선은 녹색피복의 규정품 사용 • 접지봉 설치장소는 습기가 없고 부식의 우려가 없는 장소에 설치 	★★
 <p>② 개인보호구 미착용 안전점검 미실시</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 절연보호구 미착용하고 접지작업 중 충전부 감전 • 접지 단자에 접지선 탈락상태 기구사용으로 감전 	<ul style="list-style-type: none"> • 전기 작업시에는 절연장갑 등 착용 • 접지단자에 접지선을 견고히 고정하여 탈락방지 	★★★★
 <p>③ 작업방법 불량</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 전동기가기구 외함접지 미실시 • 콘센트 또는 전선에 접지가 되지 않은 기계기구 사용 중 감전 	<ul style="list-style-type: none"> • 전동기계기구 외함접지 • 접지용 콘센트 및 전선 사용 	★★

2-4. 보호계전기로 사용되는 변류기에 관하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 절연구조에 따른 분류 및 특징
- 2) 권선형태에 따른 분류 및 특징
- 3) 검출용도에 따른 분류 및 특징

답)

출처' 모아건축전기 기타자료

1. 절연구조에 따른 분류 및 특징

1) 건식

절연재료로 종이, 면 등을 절연 와니스에 진공 함침한 것을 사용한 CT, 저전압 옥내용으로 주로 사용한다.

2) Mold형

절연재료로 합성수지 또는 부틸고무 등을 사용하여 권선 또는 전체를 절연한 것으로 저전압 및 6.6KV, 22.9KV에 사용한다.

3) 유입형

절연유를 절연재료로 사용한 것으로 애자형, 탱크형 등으로 고전압(22.9~345KV), 옥외용에 많이 사용한다.

4) 가스형

절연유 대신 SF6 가스를 사용하여 탱크형으로 제작된다 최근 GIS(가스절연)설비용으로 많이 사용되고 있다.

2. 권선형태에 따른 분류 및 특징

1) 권선형

1, 2차권선 모두 하나의 철심에 감겨있는 구조로서 필요에 따라 1차권선의 권수를 2회 이상으로 할 수 있기 때문에 저전류 특성을 좋게 할 수 있다.

2) 관통형

1차권수가 1회(1차측도체가 변류기 1차권선으로 그대로 쓰이기 때문에 1차권수는 1로 제한)인 도체가 Ring형 철심 중심부를 통과, 철심에 2차권선이 균일하게 감겨있는 구조.

3) 부상형

- (1) 관통형의 일종으로 부상내의 도체를 CT의 1차 도체로 사용하고 2차권선이 감긴 Ring형 철심이 변압기나 차단기를 절연하는 부상을 둘러싸도록 취부 된다.
- (2) 부상형 변류기의 철심내경은 일반적으로 크기 때문에 磁路長이 다른 변류기보다 길다. 이것을 보상하기 위해 철심단면적을 크게 하므로 포화하기 어려워 1차전류가 큰 때에도 오차가 적고 저전류 영역에서는 큰 여자전류로 인해 오차가 크게 된다.
- (3) 대전류 영역에서 오차특성이 양호하여 계전기용으로 많이 사용한다.

4) 단일비 CT

한 개의 철심에 1차와 2차 권선이 있어 변류비가 1개뿐인 CT

5) 다중비 CT

- (1) 변류비가 2개 이상인 것으로 1차권선의 결선을 다르게(직렬 또는 병렬) 하여 변류비를 변경하는 방식
- (2) 2차권선에 여러 개의 탭을 두어 변류비를 변성하는 방식 등이 있으며, 사용목적에 따라 CT를 별개로 나누어 사용하게 되는데 경제성과 설치장소의 절약을 목적으로 한다.

6) 3차 권선부 CT

- (1) 비접지 또는 고저항 접지계통에서 충분한 영상전류를 얻기 위하여 사용하고, 2차 권선에는 정상전류를 3차권선에서는 영상전류를 각각 얻을 수 있다.
- (2) 고저항 접지계에서 1차전류가 300A(일본의 경우 400A) 이상인 CT에는 3차권선부로 하는 경우가 많다.(300A를 초과하는 경우에는 지락전류를 제한하기 위해 저항접지방식으로 하기 때문이다)

3. 검출용도에 따른 분류 및 특징**1) 정상 CT**

정상분을 얻기 위해서는 보통 CT로 한상에 1대의 CT가 필요하고 V결선에서는 2대로 3상전류를 얻을 수 있다.

2) 영상 CT

- (1) 영상전류만을 간편하게 얻기 위한 CT로 1차권선이 3상 일괄로 통과되고 그 주위에 환상철심을 두어 철심돌레에 2차권선을 균일하게 감아 영상전류를 얻는 방식이다.
- (2) 변류비는 1차 정격전류와 관계없이 영상전류에 대해서만 표시한다. 200mA/1.5mA

3) 합성 CT

- (1) 여러 선로의 전력을 종합하여 계량할 목적으로 사용된다.
- (2) 각 선로마다 계량기를 설치하여 합산하는 것보다는 합성 CT를 사용하여 종합계량기 1대로 계량하는 것이 경제적이다.

4) 보조 CT

- (1) 오차보상, 소폭의 전류조정, 위상각 변경 등을 위해 사용한다.
- (2) 보조CT 2차측에서 전류를 증가시키면 주 CT의 부담을 증가시키므로 부득이 사용 시는 2차측에서 전류가 감소되도록 위치를 선정하는 것이 좋다.

2-5. 3상 선로 인덕턴스를 구하는 식을 설명하시오.
 1) 정삼각형으로 배치된 3상 선로인 경우 자기인덕턴스를 구하는 식
 2) 비 정삼각형으로 배치된 3상 선로인 경우 상기 1)을 이용하여 3상 선로인 인덕턴스를 구하는 식

답)

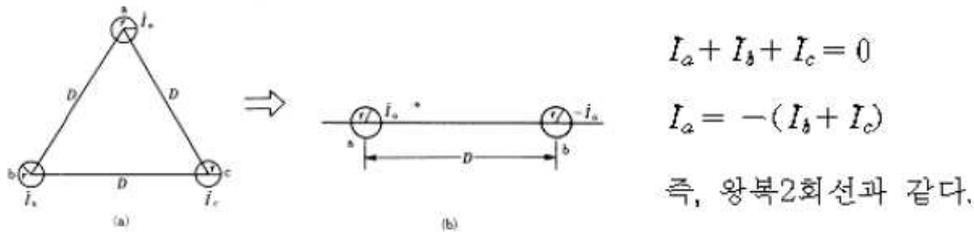
출처' 발송배전공학

1. 인덕턴스의 정의

- 1) 전선에 흐르는 전류가 흐르면 자계가 발생되고 또한 전류의 크기가 변화되면 전자유도작용에 의해 그 전선에 전압이 발생된다.
- 2) 인덕턴스는 이 전류 변화에 대해 발생하는 전압의 비율을 표시하는 양을 나타내며, 자기유도 (Self Induction : 어떤 회로에서 전류가 변화하면 쇠교자속도 따라서 변화하므로 이 변화를 막는 방향의 기전력이 회로 내에서 발생하는 현상)에 의한 자기인덕턴스와 상호유도 (Mutual Induction : 2개의 전기회로가 접근해서 존재할 때 한쪽 전류를 변화시키면 그것에 의해서 만들어진 자속이 변화하고 그 자속 변화가 동시에 다른쪽 회로에도 영향을 미쳐 거기에 기전력이 유도되는 현상)에 의한 상호인덕턴스로 구분할 수 있으며, 기전력은 자속변화를 방해하는 방향으로 발생한다.
- 3) 보통 전력계통에서는 이를 일체로 하여 항상 1상에 대하여 나타내며, 길이가 길수록 상호 인덕턴스가 커지므로 장거리 송전선로의 경우에는 송전선로를 연가하여 평형시키는 방법을 취하고 있다.

2. 정삼각형으로 배치된 3상 선로인 경우 자기인덕턴스를 구하는 식

1) 관련도해

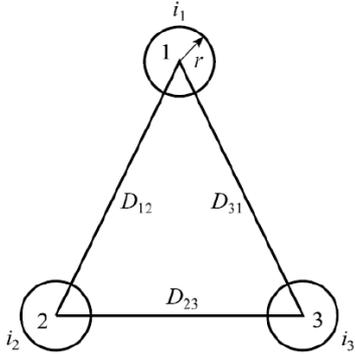


2) 계산식

$$L^{(3)} = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D}{r} [mH / km]$$

3. 비 정삼각형으로 배치된 3상 선로인 경우 자기인덕턴스를 구하는 식

1) 관련도해



2) 계산식

등가선간거리를 구해서 선간거리 D대신 대입하여 계산

$$D_e = \sqrt[3]{D_{12}D_{23}D_{31}}$$

$$L^{(3)} = 0.05 + 0.4605 \log_{10} \frac{D_e}{r} [mH / km]$$

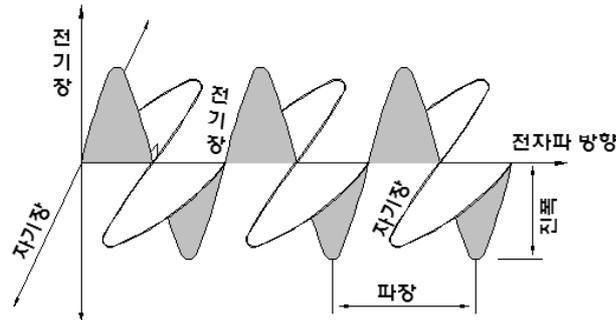
2-6. 전자파장애와 유도장애를 경감하기 위한 기술적 대책을 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 개요

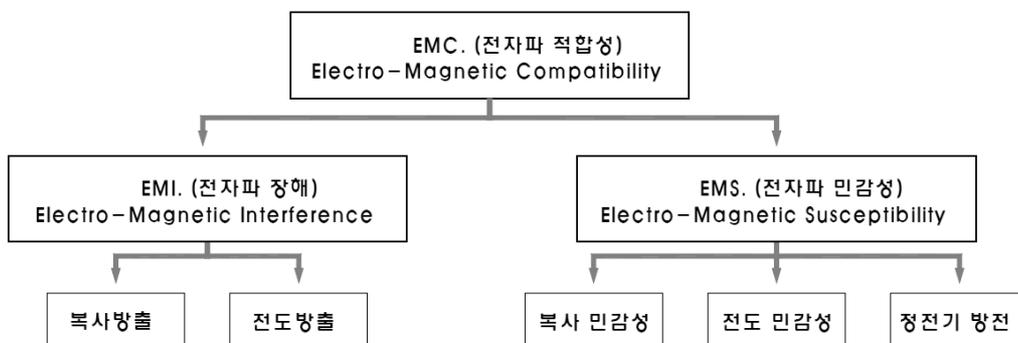
1) 전자파(電磁波; Electromagnetic waves)의 원래 명칭은 전기자기파(電氣磁氣波)로서 이것을 줄여서 전자파라고 부른다. 전기 및 자기의 흐름에서 발생하는 일종의 전자기 에너지이다. 전기장과 자기장이 반복하면서 파도처럼 퍼져나가기 때문에 전자파로 부른다.



2) 전자파(EMF; Electromagnetic Waves)는 전기장(Electro)과 자기장(Magnetic)의 파동 (Wavelength)을 뜻하는 의미로, 전기의 영향이 미치는 범위인 전기장과 자기의 영향이 미치는 자기장이 서로 반복하면서 파도처럼 흘러나가면서 발생하는 일종의 전자기 에너지이다. 이때 전기장과 자기장은 서로 수직을 이루며, 파동의 방향과도 수직을 이룬다.

2. EMC의 분류

EMS (전자파 민감성)	기기가 전자파에 얼마나 민감하게 반응하는가 하는 정도
EMI (전자파 장애)	자연현상이나 전기기기가 얼마나 전자파를 발생해서 다른 통신 설비 또는 컴퓨터 등에 전자파 장애를 끼칠 수 있는가 하는 정도
EMC (전자파 적합성)	EMI와 EMS 양자를 모두 포함한 의미이다.



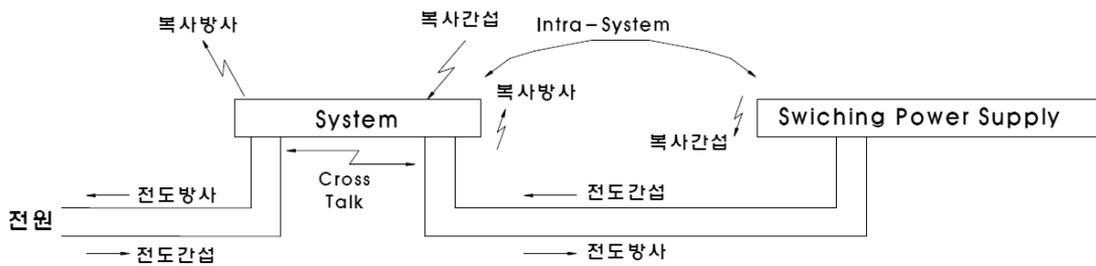
[그림] EMC 분류

3. 전자파의 발생

- ① 전자기기의 고집적화, IT화, 네트워크화에 따라 전자파 간섭증가 한다.
- ② 종류

구 분	특 징
방사노이즈	내부의 고주파나 잡음이 전자파가 되어 외부로 방사 발생원 기기 내부에서 동일전원 사용기기에 침입 전류에 의한 자속 방전이 다른 전선에 기전력 유도 근접한 전선 사이에 정전용량에 의한 전류발생 코로나 방전, 고조파, 이상 전압, 임펄스 잡음 등
전원노이즈	
전자유도	
정전유도	
기 타	

4. 전자파의 침입경로



5. 전자파의 영향

1) 생체영향

(1) 열적작용

- ① 신체조직세포의 온도를 상승시켜 기능이상 및 파괴 한다.
- ② 가장 피해가 큰 곳은 뇌세포, 열에 약한 조직세포, 눈의 수정체, 고환을 비롯한 생식기이다.
- ③ 두통, 시력 저하, 백혈병, 뇌종양, 뇌파 혼란 초래, 순환계 이상
- ④ 남자 생식기능 파괴, VDP 증후군 및 안질환 유발 등 각종 질병에 영향
- ⑤ 인체에 미치는 유해성 장시간 누적된 후에야 증상이 심해지므로 지속적인 관찰이 필요하다.

(2) 비열작용

- ① 세포내 대사와 관련된 이온물질에 이상을 일으킨다.
- ② 종양세포의 억제 등 여러 기능을 가진 멜라토닌이라는 호르몬의 분비 이상을 초래한다.
- ③ 심한 경우 각종 암을 발생하게도 한다.
- ④ 신경 및 세포·호르몬 활동을 조절하여 세포간 이온 흐름이 교란하여 신체장애 일으킨다.

2) 전자 기기 영향

- ① 자동화 설비 오동작유발, 산업재해, 인명사고
- ② 생산 현장의 품질저하, 설비손상, 신뢰도 저하

6. 전자파 방지대책

- 1) 차폐 (Shielding)
 - ① 자기 차폐 - 고투자율 재료(철, 퍼멀로이 등) 사용 실드(저주파 유리)
 - ② 전자파 차폐 - 고도전율 재료(아연용사, 도금, 도전성 등) 사용
- 2) 필터 : 전원에 침입하는 전도 노이즈 방지
- 3) 흡수 : 전자파 흡수하여 열에너지로 변환 감쇠
- 4) 잡음보상 : 잡음 위치크기 예측 시 위상차 180°인 2차 잡음 주입
- 5) 접지
 - ① 전자 장치나 회로와 시스템 사이에 저임피던스의 공통 전위저감
 - ② 전파 안테나 시스템에 있어서 기준레벨 사용
- 6) 정보기기 전원회로
 - ① Signal 선으로 Twist Pair Cable 사용
 - ② Commom Mode choke 설치
 - ③ Noise cut Transformer, Noise Filter 설치
- 7) 배선에 대한 대책
 - ① 길이 최소화, 외부에 가깝게, 일정 방향 포설
 - ② 길어질 경우 특성임피던스(93-120Ω) 동축 케이블, 연선사용
 - ③ 대전류 릴레이 기타 잡음원과 이격 및 차폐 동작별 분류
- 8) 와이어링에 의한 대책
 - ① 정전결합 장애 : 격리, 차폐, 유전율 감소, 도선길이 감소, 전위차 해소
 - ② 전자결합 장애 : 거리이격, 금속관 시설, 구간 짧게, Twist Pair Cable 사용

7. 유도장해 방지대책

- 1) 전력선측의 대책
 - (1) 전력선과 통신선과의 상호 이격거리를 크게 하여 상호인덕턴스를 줄인다.
 - (2) 연가를 충분히 한다(선로정수를 평형시켜 증성점 잔류전압을 적게 한다.)
 - (3) 케이블을 사용한다.
 - (4) 고주파의 발생을 방지한다.
 - (5) 통신선과의 교차를 직각으로 한다.
 - (6) 소호리액터를 사용한다(지락전류를 적게 하여 전자유도를 적게 한다.)
 - (7) 고장회선을 고속도로 차단한다.
 - (8) 차폐선을 설치한다(가공선도 차폐선과 같은 효과가 있으며, 본선과 동일도체를 사용하면 차폐효과가 크다.)

2) 통신선의 대책

- (1) 복선식 통신선의 채용
- (2) 통신선의 교차(전력선의 연가에 상당한다.)
- (3) 나선을 케이블화 한다.
- (4) 통신선과 통신기기의 절연을 향상시킨다.
- (5) 통신 전류의 레벨을 높이고 반송식을 이용한다.
- (6) 성능이 우수한 피뢰기를 사용한다.
- (7) 변류기의 사용, 절연변압기를 채용한다.

제 3교시 문제풀이

3-1. 매슬로우(Abraham H. Maslow)의 욕구 5단계 이론을 설명하시오.

답)

출처' 산업안전개론

1. 개요

- 1) 인간의 욕구는 타고난 것이며 욕구를 강도와 중요성에 따라 5단계로 분류한 아브라함 매슬로(Abraham H. Maslow)의 이론이다. 하위단계에서 상위단계로 계층적으로 배열되어 하위단계의 욕구가 충족되면 그 다음단계의 욕구가 발생한다고 본다.
- 2) 욕구는 행동을 일으키는 동기요인이며, 인간의 욕구는 낮은 단계에서부터 그 충족도에 따라 높은 단계로 성장해 간다. 이것이 욕구5단계설이다.

2. 인간의 본성에 대한 3개의 가정

- 1) 인간은 만족할 수 없는 욕구를 갖고 있다.
- 2) 인간의 행동은 만족하지 못한 욕구를 채우는 것을 목표로 한다.
- 3) 인간의 욕구는 기본욕구(생리적 욕구, 안전욕구)에서부터 상위욕구(소속과 애정의 욕구, 존경 욕구, 자아실현욕구)까지 5단계로 이루어져 있다.

3. 매슬로우(Abraham H. Maslow)의 욕구 5단계

1) 1단계 : 생리적 욕구

- (1) 의식주의 욕구, 먹고, 자는 등 최하위 단계의 욕구이다.
- (2) 인간의 가장 기본적인 욕구로서, 인간이나 동물을 막론하고 생물체의 본성에 근원을 둔 욕구이다. 예를 들어 호흡, 순환, 체온유지, 배설, 수면, 식욕, 성욕 등

2) 2단계 : 안전욕구

- (1) 신체적, 감정적 안전을 추구하는 욕구, 추위·질병·위험 등으로부터 자신을 보호하는 욕구이다.
- (2) 생명에 대한 위기 - 사고, 전쟁, 질병, 경제적 불안 등으로부터의 해방욕구 안전욕구는 생리적 욕구가 충족되었을 때 그 다음에 나타나는 욕구로서 정신적·육체적 안전을 얻고 싶어하는 욕구이다.

3) 3단계 : 사회적 욕구

- (1) 소속감과 애정욕구, 어떤 단체에 소속되어 상호작용하며 애정을 주고받는 욕구이다.
- (2) 소외감이나 고독을 극복하고 어떤 집단에서 인정받고자 하는 욕구이다.
즉, 사회적 욕구는 동료집단에 소속되고 싶어하거나 그들 동료들과 우의와 애정을 나누고자 하는 욕구이다.

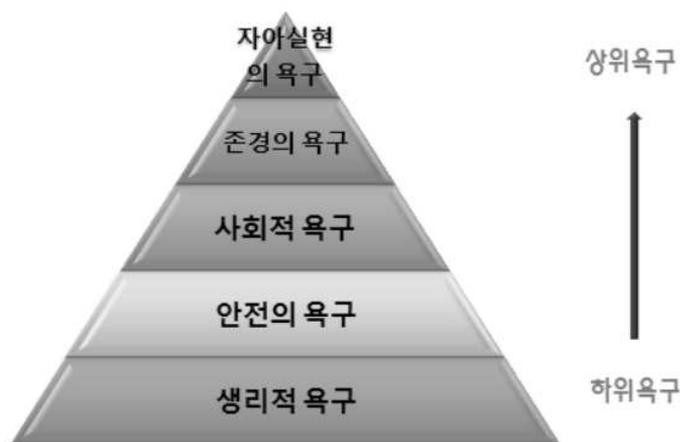
4) 4단계 : 존경욕구

- (1) 내적 성취감(자기만족), 외적 성취감(타인 인정과 존경)의 욕구.
- (2) 타인으로부터 높은 평가와 존경을 받고자 하는 욕구이다. 소속단체의 구성원으로 명예나 권력을 누리려는 욕구이다.
- (3) 존경욕구는 본인이 스스로 중요하다고 느낄 뿐만 아니라 타인으로부터 인정을 받고자 하는 욕구이다.

5) 5단계 : 자아실현욕구

- (1) 지속적인 자기 계발을 통한 자기발전, 자아완성의 욕구, 자신의 재능과 잠재력을 발휘해 자기가 이룰 수 있는 모든 것을 성취하려는 최고수준의 욕구이다.
- (2) 욕구단계의 최정상에 위치하는 욕구로서 인간이 할 수 있는 한 모든 것을 해보려는 욕구이다. 이는 개인이 자신의 잠재력을 최대한으로 발휘해 보려고 노력하여 지속적인 자기 발전과 창조적인 생활을 꾀하려는 욕구로서, 성취감과 자기만족을 부여하는 욕구를 말한다.

4. 매슬로우(Abraham H. Maslow)의 욕구 5단계 개념



3-2. 전기화재의 원인과 예방대책에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 개요

- 1) 최근 화재통계를 보면 화재 원인별 발생순서는(2018년),
부주의 > 전기적 > 기계적 > 미상 > 방화 > 화학적 > 교통사고 > 기타 > 자연적 > 가스누출
- 2) 과거에는 화재발생원인의 1순위가 전기화재 이었지만 누전차단기의 보급 확대, 한국전기안전공사의 노력, 과학적 화재조사기법의 발전 등으로 신뢰성 있는 화재조사가 이루어졌고, 인간의 부주의로 인한 화재도 많이 발생하고 있다.

2. 전기화재의 원인

1) 과전류에 의한 발화

- (1) 과전류에 의해 발열과 방열의 평형이 파괴되어 발화된다.
- (2) 열량은 Joule의 법칙에 의해($Q = I^2 R t$) 전류의 제곱에 비례한다.(Q : 열량)
- (3) 정격 전류의 200~300%이면 피복이 변질되고, 500~600%이면 적열 후 용융한다.

2) 단락에 의한 발화

- (1) 부하가 접촉되지 않은 상태에서의 전원만의 폐회로가 구성되는 것을 단락이라 한다.
- (2) 단락 시에는 전류가 무한대로 흐르게 되어 매우 위험해진다.

3) 누전 또는 지락에 의한 발화

- (1) 지락은 전선의 1 또는 2개의 선이 대지에 접촉되어 전류가 대지로 흐르는 것을 말한다.
- (2) 누전은 전류가 규정된 전로를 이탈하여 전기가 흐르는 것을 말한다.
- (3) 지락이나 누전은 그 발생 순간의 스파크나 누설된 전류의 누적으로 발화를 일으킬 수 있다.

4) 접속부의 과열에 의한 발화

전기적 접촉상태가 불량인 경우 접촉저항에 의한 발열에 의해 발화하며 아산화동 발열 현상과 접촉 저항에 의해 발화된다.

5) 열적 경화에 의한 발화

방열이 잘 이루어지지 않는 전기기기의 열축적에 의해 발화

6) 전기 스파크에 의한 발화

스위치의 ON/OFF 시의 스파크에 의해 발화될 수 있으며, 스파크는 OFF 시 더 심하다.

7) 절연열화 또는 탄화에 의한 발화

배선기구의 절연체 등이 시간 경과에 따라 열화로 인해 절연성이 저하되거나 미소전류에 의한 국부 발열과 탄화 누적으로 발화될 수 있다.

8) 정전기 스파크에 의한 발화

정전기 대전에 의해 축적된 전하가 방전되어 발화를 일으킬 수 있다.

9) 낙뢰에 의한 발화

낙뢰 시에는 수 만 A 이상의 전류가 흐르게 되어 절연이 파괴되고 발화할 수 있다.

3. 전기화재 대책

- 1) 누전을 방지하기 위해 누전차단기(ELB)를 설치한다.
- 2) 과전류를 방지하기 위해 적정한 차단기를 설치한다(ELB, MCCB).
- 3) 회로의 정격전류 이상의 전선 굵기를 선정한다.
- 4) 배선 시 전선의 피복 벗겨짐에 주의한다.
- 5) 콘센트에서의 문어발 배선을 금지한다.
- 6) 적절한 유지관리를 한다.(절연저항 측정 등)

4. 전기안전 3대 수칙

- 1) 불법시설의 금지 및 임의 시설공사 시 안전시공
- 2) 허용 전류치 이상의 부하사용 금지(전열기 등 동시사용 제한)
- 3) 누전차단기 주기적인 점검 및 노후시설 교체

3-3. 송전선 부근에서 발생하는 전계로 인하여 발생하는 정전유도에 대하여 설명하시오.

- 1) 정전유도를 받고 있는 물체에 접촉한 경우의 전격현상
- 2) 정전유도를 받고 있는 인체의 방전에 의한 전격현상

답)

출처' 모아전기안전

1. 정전 유도

1) 정전유도(Electrostatic Induction)란?

대전되지 않은 도체에 대전된 도체를 가까이 하면, 가까운 쪽에는 다른 극성의 전하가, 먼 쪽에는 다른 종류의 전하가 나타나는 현상이다.

2) 송전선 부근의 물체가 송전선의 전계에 의해 전하가 유도되어 전압이 형성되는 현상을 정전유도라 한다.

3) 인체가 대전된 물체에 접촉을 하여 전격피해가 발생하든지, 인체에 직접적으로 정전유도가 되어 전격전류가 흐를 수 있다.

4) 송전선의 정전유도와 전격

송전선의 전계 범위 내에 인체가 접근하면 작업자의 직접적인 감전과, 간접적인 피해인 추락 또는 전도에 의한 재해가 발생할 수 있다. 현장에서는 주로 간접적인 피해가 발생한다.

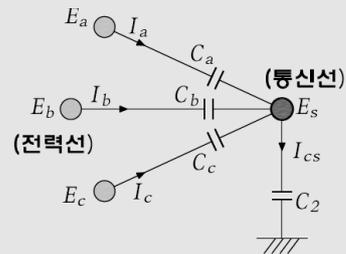
※ 정전유도전압

선로의 영상전압과 통신선과의 “상호캐패시턴스”

불평형에 의해서 통신선에 유도되는 전압 .

$$I_{cs} = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$$

$$E_s = \frac{C_a E_a + C_b E_b + C_c E_c}{C_a + C_b + C_c + C_2}$$



2. 전격(Electrical Shock)

1) 전격이란?

전류가 인체를 통과하였을 때 발생하는 인지적인 또는 물리적인 현상으로 2차적 재해가 더 많이 발생한다.

2) 인체에 전류가 흐르면 호흡 정지 및 심실세동에 의한 사망·골절 등이 발생한다.

3. 정전유도에 의한 전격의 피해

1) 전격에 의한 추락 또는 전도에 의한 재해가 발생할 수 있다.

2) 심리적으로 공포감에 의한 작업능률의 저하 및 직접감전 위험이 있다.

4. 전격 피해의 방지

- 1) 고압 및 특고압 계통의 강한 전계의 범위 내 작업이 없도록 한다.
- 2) 전계 범위 내 작업자는 도전성의 신발 착용으로 전하를 신속히 방류한다.
- 3) 인체의 대전방지와 정전차폐 등을 하여 인체의 전압상승 억제를 한다.
- 4) 전자유도에 의한 장애는 주로 지락전류에 의한 통신선로의 잡음 및 유도장애가 발생하지만, 높은 유기 전압에 의한 전격 피해가 발생하기도 한다.

5. 정전유도의 전격현상

1) 정전유도 된 물체에 접촉 경우

- (1) 송전선 하부에 도체, 자동차, 우산 등의 정전유도를 받는 경우 전격 피해가 발생할 수 있다.
- (2) 이때 유도된 전압 V 는 $V = \frac{C_1}{C_1 + C_2} E$ 이며, R_0 는 무한대로 무시한다.
- (3) 인체가 이 물체에 접촉하면(s/w ON) 과도전류가 발생하고 정상전류가 인체에 흐른다.
- (4) 접촉 순간 극히 짧은 시간에 펄스형태(고 파고치)의 과도전류가 흐르고, 지속적으로 C_1 을 통하여 정상적인 상용주파수의 교류전류가 흘러서 전격을 받는다.

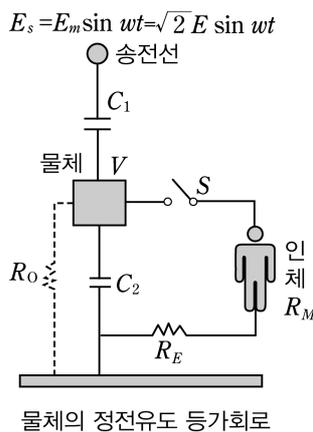
· 과도전류 $I_t = \frac{V}{R_M + R_E} \exp\left\{ \frac{-t}{C_2(R_M + R_E)} \right\}$

· 정상전류 $\dot{I}_s = \frac{j\omega C_1}{1 + j\omega C_1(R_M + R_E)} \dot{E}_s$



- (5) 일반적으로 R_M 및 R_E 에 비해 $1/\omega C_1$ 이 대단히 크고, C_1 에 의해서 전류가 정해지는 경우가 많아서 이 경우 정상전류는 다음과 같이 된다.

· C_1 에 의한 정상전류 $\dot{I}_s = j\omega C_1 \dot{E}_s [A]$



- C_1 : 송전선과 물체간의 정전용량
- C_2 : 물체와 대지간의 정전용량
- R_M : 인체저항
- R_E : 인체와 대지간의 접촉저항
- R_0 : 물체의 대지절연 저항
- E : 송전선의 대지전압
- V : 정전유도전압

2) 정전유도 된 인체의 방전에 의한 전격

- (1) 송전선 하부 또는 고압기기 부근에 인체가 있을 경우, 활선작업 시 인체에 정전유도를 받게 되는 경우 전격에 의한 피해가 발생할 수 있다.
- (2) 정전유도를 받고 있는 인체가 접지체에 접촉할 때(s/w ON)에 의해서 얻어지는 전격전류가 인체에 흐른다.

· 과도전류 $I_t = \frac{V}{R_E} \exp\left(\frac{-t}{C_2 R_E}\right)$

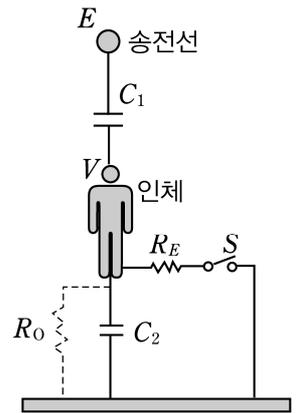
· 정상전류 $\dot{I}_s = \frac{j\omega C_1}{1 + j\omega C_1 R_E} \dot{E}_s$

- (3) R_E 가 $1/C_1$ 보다 작다면,

· C_1 에 의한 정상전류 $\dot{I}_s = j\omega C_1 \dot{E}_s [A]$

- (4) 정전유도에 의한 전격의 경우에는 과도전류와 정상전류에 대한 위험성을 검토해야 한다.
- (5) 일반적으로 과도전류는 순간적이고 매우 크지만 시간이 매우 짧고 급격히 감쇄하여, 인체에 대한 위험성은 지속적으로 흐르는 상용주파수 정상전류를 더 중요하게 검토되어야 한다.

- C_1 : 송전선과 물체간의 정전용량
- C_2 : 물체와 대지간의 정전용량
- R_M : 인체저항
- R_E : 인체와 대지간의 접촉저항
- R_0 : 물체의 대지절연 저항
- E : 송전선의 대지전압
- V : 정전유도전압



인체의 정전유도 등가회로

3-4. 전선로나 기기의 고장을 검출하여 동작하는 보호계전기에 대하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 보호계전기를 동작시간에 따라 분류하고 설명
- 2) 한시특성을 구동전기량과 동작시간에 따른 특성을 그림으로 표현

답)

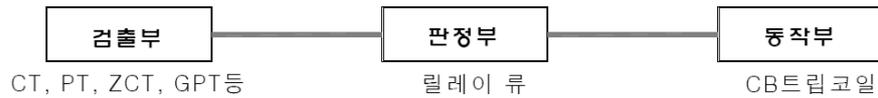
출처' 모아건축전기 경보전기

1. 보호계전 설비 기능

- 1) 정확성 : 고장발생시 정확히 검출하여 제거하며 오동작을 일으키지 않는다.
- 2) 신속성 : 고장발생시 신속히 동작하여 고장 구간을 제거한다.
- 3) 선택성 : 고장발생 회선을 선택하여 제거하는 것 등을 기본 기능으로 한다.

2. 보호계전 설비 구성

- 1) 검출부 : 고장 전류·전압을 검출하는 구성부로 CT, PT, ZCT, GPT 등으로 구성
- 2) 판정부 : 검출된 전류·전압으로 동작부를 동작시킬 여부를 판단한다.(OCR, UVR 등)
- 3) 동작부 : 동작신호를 통하여 전류·전압을 차단하는 차단을 하는 차단기를 의미한다.(VCB, ACB 등)

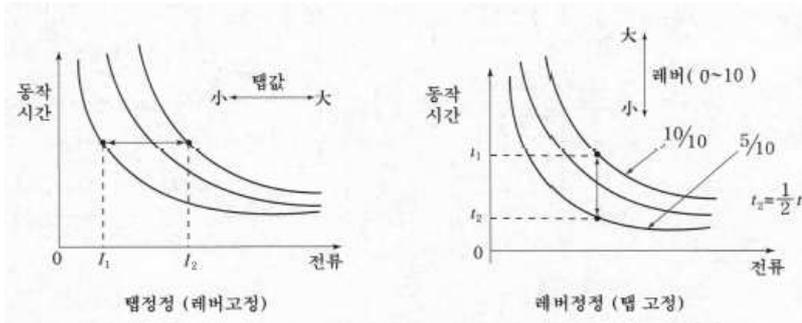


3. 동작시간에 따른 분류

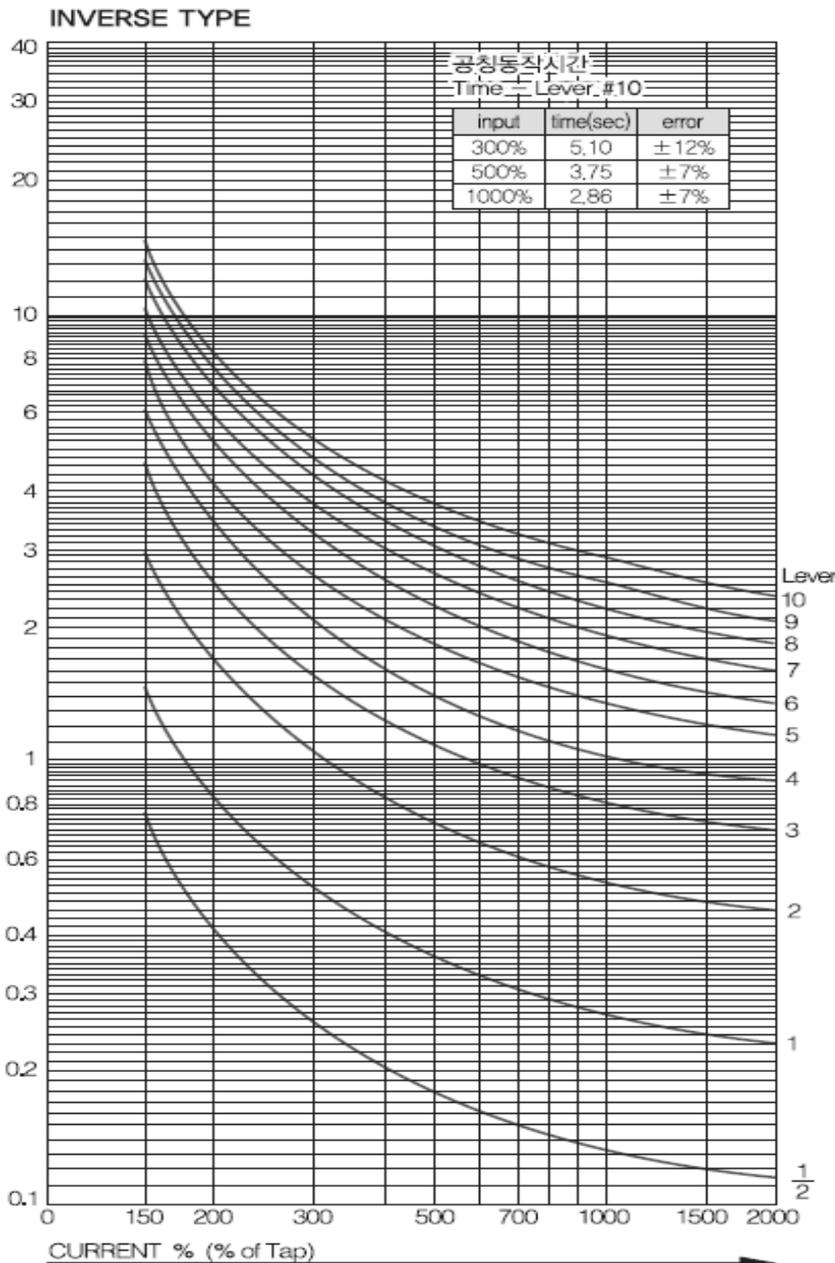
종류	특 징	특성 곡선
순한시	① 일정한 값 이상일 경우 즉시 동작.(보통 0.3 sec) ② 고속도계전기 : 0.5~2Hz에서 동작하는 계전기	
정한시	① 입력치에 관계없이 일정시간 후 동작하는 것.	
반한시	① 입력치의 증감에 따라 동작속도가 반대적 요소를 갖는 것. ② 입력량이 클 때 : 신속차단 ③ 입력량이 적을 때 : 정한시 차단 ④ 이러한 경향이 강한 것이 강반한시	
반정한시 반한시+정한시	① 입력치의 어느 범위까지는 반한시 특성 ② 그 이상이 되면 정한시 특성을 가지는 것.	
단한시	① 순시동작 : 송전선 주 보호 구간에 고장이 발생시 ② 한시동작 : 인접외부 동작시	

4. 한시특성을 구동전기량과 동작시간에 따른 특성

1) 전류와 시간 특성곡선



2) 계전기 동작 특성곡선



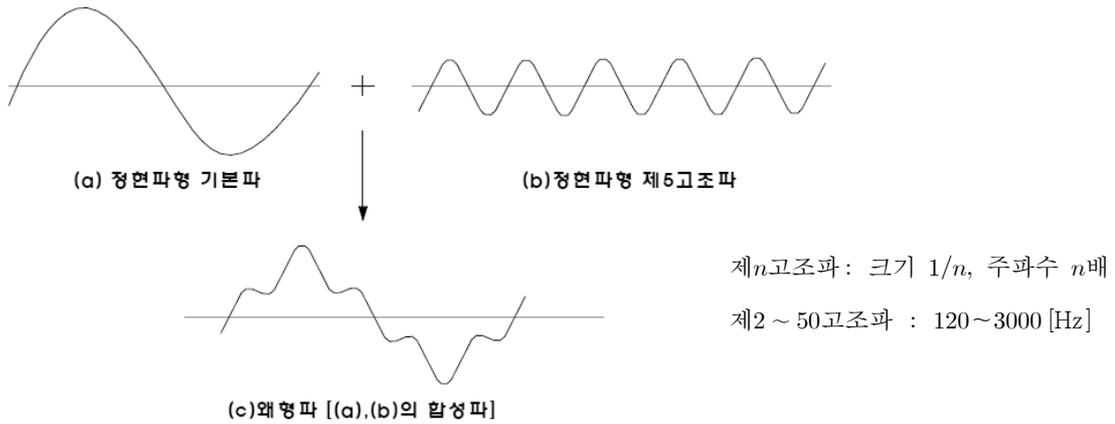
3-5. 전력선에서 발생하는 고조파의 발생원인과 영향, 억제대책에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

1. 고조파의 정의

- 1) 고조파(Harmonics)는 주기적 복합파의 각 성분 중 기본파 이외의 것을 의미한다.
- 2) 제 n조파라는 것은 기본파의 n배 주파수라고 정의할 수 있다. 그래서 왜형파는 하나의 기본파와 그 정수배 주파수를 갖는 고조파로 분해할 수 있다.



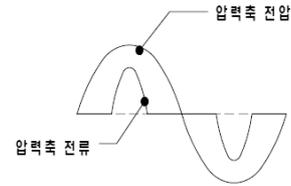
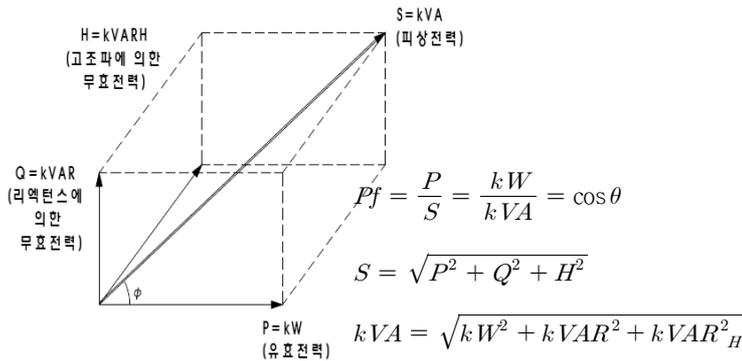
- 3) 고조파는 정수배를 갖는 전압, 전류를 의미하며, 일반적으로 50차수 정도까지를 말한다. 그 이상은 고주파(High Frequency) 혹은 Noise로 구분된다.
- 4) 전력계통에서의 유효성이 있는 고조파 범위는 일반적으로 5~37고조파 까지를 의미하고, 고조파의 대상이 되는 주파수 범위는 일반적으로 약 50차(약 3kHz)까지를 말하며, 노이즈와는 구별되는 파형이다.
- 5) 고조파 중에서 특히 3, 5, 7차 고조파가 현실적으로 문제가 되며 직류 사용기기에서는 고차 고조파(11차 이상 고조파)가 다수 나타나기도 한다.

2. 고조파 발생원인

1) 비선형부하

- ① 입력전류 형태에 따라 전기기기를 구분하자면 선형 부하와 비선형 부하로 구분 지을 수 있다.
- ② 선형부하(Linear)는 저항성 부하, 유도성 부하로 전기난로히터, 선풍기, 환풍기 등으로 고조파를 발생시키지 않는다.
- ③ 비선형 부하(Non-linear)는 반도체 스위치 사용 부하로 형광등, UPS, 정류기, TV, 에어컨, PC, 온도조절 전기장판 등으로 고조파발생의 주원인이다.
- ④ 선형부하는 무효전력 증가 시 역률이 저하되지만, 비선형 부하는 고조파 발생으로 인하여 고조파에 의한 무효전력(H) 증가 시 역률이 저하된다.

<비선형부하>



3. 고조파의 영향

- 1) 전기설비(Cable, Motor, 변압기 등)의 과열, 소음 및 소손
- 2) 계전기 오동작에 의한 차단기 Trip, Fuse의 소손
- 3) 콘덴서의 과열 및 소손, System의 병렬공진, 전류치 증폭
- 4) 중성선에 과전류발생, 통신선의 유도장해, 계측기기의 예러현상
- 5) Flat-Topping : 비선형부하에 정현파 전압의 Peak치를 낮추는 현상이다,
- 6) Notching Voltage : 일종의 주기성을 갖는 단락현상으로 서지라 하지 않는다.
(전압상승 또는 강하)
- 7) 각 기기별 영향

4. 고조파 억제대책

1) 리액터(ACL, DCL) 설치

- ① 고조파 발생 부하장치의 1차측에 교류리액터(ACL)를 부착하여 전원의 Total 임피던스를 크게 함으로써 전원 전류 내에 포함되어 있는 저차 고조파를 저감한다.
- ② 직류리액터(DCL)을 고조파 발생 부하장치의 직류회로에 삽입하여 직류과형의 리플을 작게 하고, 리액터에 의한 한류작용으로 전류의 변화를 완만하게 하여 고조파를 저감시킬 수 있다.

2) 역률개선 콘덴서 설치

- ① 콘덴서는 역률개선의 목적으로 수변전 설비에 설치되어 있는데 역률개선 콘덴서는 발생 고조파 전류를 분류시켜 유출전류를 억제한다. 역률개선 콘덴서는 리액터와 콘덴서가 직렬로 접속되어 있기 때문에 수동 필터의 특성을 가지고 있다.
- ② 특히, 고조파 발생 부하장치가 저압일 경우에는 고압측에 직렬리액터와 콘덴서를 설치하는 것보다 저압측에 직렬리액터와 콘덴서를 설치하는 경우가 효과가 크다.

3) 정류기의 다펄스화

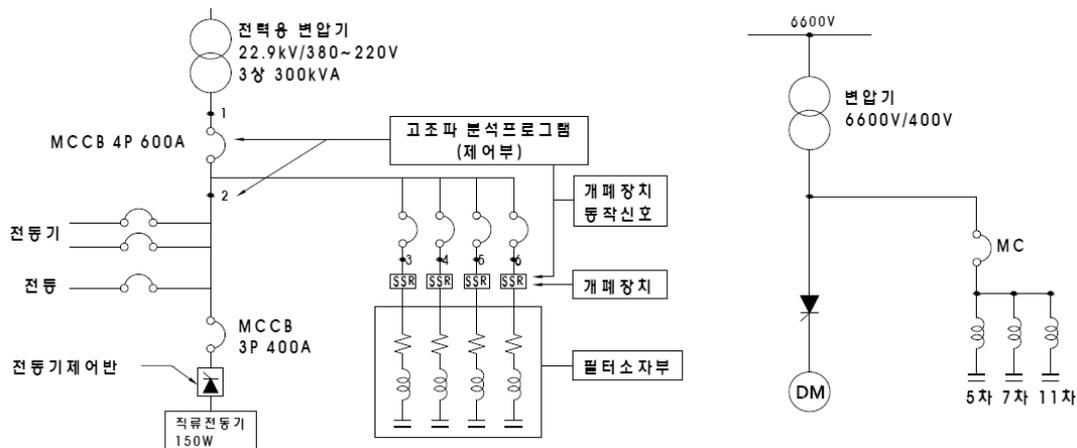
- ① 펄스 수는 정류기 등의 변환장치에 있어서 전원전압의 1 Cycle 중에 독립하여 생기는 전류 (Commutation)의 수로 정의하고 있으며, 실제로는 직류전압에 포함되어있는 맥동 펄스의 수와 같다.
- ② 3상 브리지 접속의 펄스 수는 6이 되고, 이 펄스의 수가 커지면 교류 전류에 포함 되어있는 고조파 차수가 높게 되고, 동시에 고조파 전류의 크기도 감소된다.

4) PWM 컨버터 방식 채용

- ① 전원 고조파 전류를 발생 측에서 억제하는 방식으로 PWM 컨버터가 있다. 주회로 구성은 범용 인버터의 입출력을 반대로 하여 교류전원측에 리액터를 접속하고 다이오드 정류기를 제거한 것이다.
- ② 교류전원과 AC 리액터 간에 콘덴서를 넣는 경우가 있다. 이 방식으로는 저차의 고조파를 대폭 저감시킬 수 있으며 스위칭 주파수를 6~7kHz 이상으로 하면 종합 전류왜형율을 약 5% 정도 이하로 억제할 수 있다.

5) 수동필터(Passive Filter)

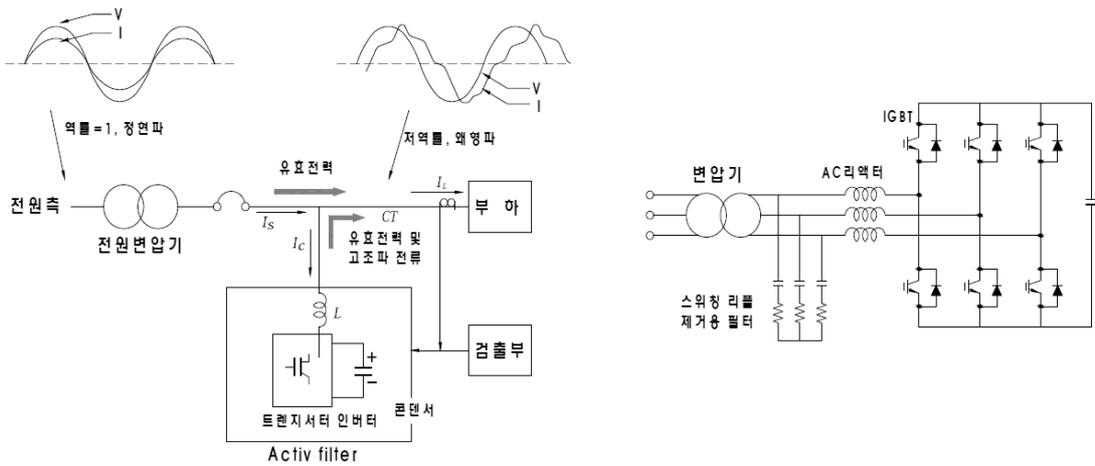
- ① 수동 Filter는 교류 Filter, L-C Filter, Passive Filter라고 부르며 여기에는 동조 Filter 와 고차수 Filter가 있다.
- ② LC 필터는 그림과 같이 부하와 병렬로 접속한다. LC 필터는 직렬 리액터와 전력용 콘덴서를 접속한 분로를 여러 분로로 조합해서 구성하고 있다. 각 분로는 고조파 차수에 직렬 공진시키는 인덕턴스(L)와 커패시턴스(C)를 선정하고 있으므로 각 고조파 차수에 대해 저임피던스가 된다.
- ③ 이에 의해 부하에서 발생한 고조파 전류는 임피던스비에 의해 분류하므로 전원측으로의 분류는 적어지고 LC 필터에 많이 분류(흡수)하여 고조파를 억제하는 것이다.
- ④ 또한, 일반 진상콘덴서 설비는 LC 필터와 동일 구성이지만 직렬 리액터는 L = 6%를 접속하고 있다. 이 경우는 제4차 고조파 공진하고 있다. LC 필터와 진상 콘덴서 설비의 상위점은 공진점과 고조파 과부하 내량에 있다.



[그림] 고조파 발생설비의 계통도와 필터 시스템

6) 능동필터(Active Filter)

- ① Active Filter는 수동 Filter와 같이 공진특성을 사용하지 않고, 인버터 응용기술에 의하여 역위상의 고조파를 발생시켜 고조파를 소거하기 위한 이상적인 Filter이다.
- ② 그림과 같이 Active Filter는 고조파 발생부하와 병렬로 접속한 것으로, 부하전류 I_L 을 CT에서 검출하고, 부하전류에 포함된 고조파 전류성분 I_H 를 끄집어낸다.
- ③ 이 I_H 를 전류제어의 기준 신호로써 인버터에 흐르는 전류를 제어하는 것으로, I_H 와 역위상의 전류 I_C 를 Active Filter로 흐르게 함으로써 전원전류에 포함된 고조파 전류성분을 상쇄하기 때문에 전원전류 I_S 는 정현파가 되는 것이다.



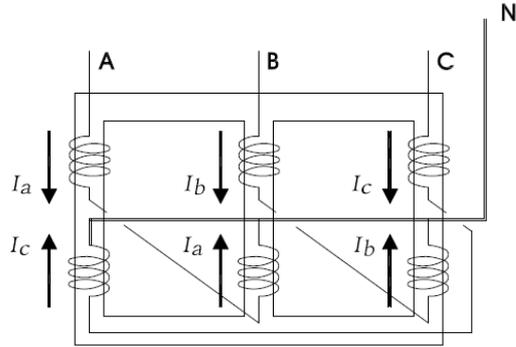
[그림] 액티브 필터의 주회로 구성

※ 수동 · 능동필터의 비교

구분	Active Filter	Passive Filter
고조파 억제 효과	<ul style="list-style-type: none"> · 임의의 고조파를 동시에 억제 가능 · 저차 고조파의 확대는 없다. · 전원 임피던스의 영향에 의한 효과의 변화가 적지 않다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 분로를 설치한 차수만 억제한다. · 저차 고조파를 확대하는 일이 있다. · 전원 임피던스의 영향을 크게 받는다.
과부하	과부하가 되지 않는다.	부하의 증가나 계통전원전압 왜곡이 커지면 과부하가 된다
역률 개선	있다(가변제어 가능).	고정적으로 있다.
증설	용이	필터간의 협조 필요
손실	장치용량에 대해서 5~10%	장치용량에 대해서 1~2%
가격	300~600%	100%

7) 중성선 영상분고조파 제거장치(Neutral Current Eliminator)

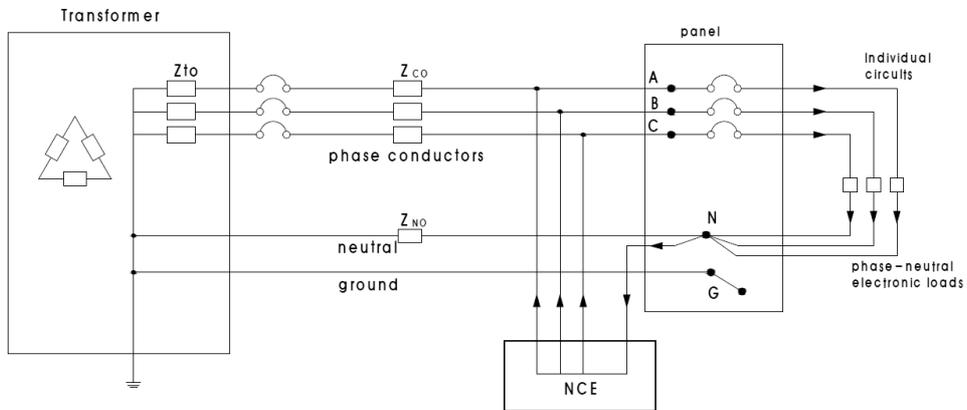
- ① NCE는 그림과 같이 같은 철심에 다중의 권선이 감겨져 있으며 2개의 상이 서로 반대로 결선되어 있어 영상분 자속은 Cancel 되고 정상 및 역상분 자속은 Cancel 되지 않는 구조로 되어 있다. 즉 영상분 임피던스가 낮은 일종의 Zig-Zag 결선이다.



[그림] Zig-Zag 결선(Zero Sequence)

- ② NCE 설치 영상분고조파 흡수

- 각상의 기본파는 중성선에서 Vector 합이 되어 0으로 되지만 각상의 영상분고조파(3.6.9 고조파)는 중성선에 0이 되지 않고 스칼라 합으로 나타난다. 이러한 이유로 빌딩의 3상4선식 중성선에는 많은 전류가 흐르게 되어 대지 전위 상승 및 과열 소손 등의 원인이 된다.
- 중성선 말단에 NCE를 설치하여 영상분은 NCE를 통하여 순환되도록 하고 3상4선식 중성선에는 역상 및 정상분 고조파만 흐르게 하는 것이다.



[그림] 영상분 고조파 흡수

3-6. 전력시설물 시공 시 품질관리와 관련하여 감리원의 역할과 중점품질관리에 대하여 설명 하시오.

답)

출처' 전력시설물 공사감리업무 수행지침

1. 관련근거 : 전력시설물 공사감리업무 수행지침

2. 전력시설물 시공 시 품질관리와 관련하여 감리원의 역할

제24조(품질관리 관련 감리업무)

- 1) 감리원은 공사업자가 공사계약문서에서 정한 품질관리계획대로 품질에 영향을 미치는 모든 작업을 성실하게 수행하는지 검사·확인 및 관리할 책임이 있다.
- 2) 감리원은 공사업자가 품질관리계획 이행을 위해 제출하는 문서를 검토·확인 후 필요한 경우에는 발주자에게 승인을 요청하여야 한다.
- 3) 감리원은 품질관리계획이 발주자로부터 승인되기 전까지는 공사업자에게 해당 업무를 수행하게 하여서는 아니 된다.
- 4) 감리원이 품질관리계획과 관련하여 검토·확인하여야 할 문서는 계획서, 절차 및 지침서 등을 말한다.
- 5) 감리원은 공사업자가 작성 제출한 품질관리계획서에 따라 품질관리 업무를 적정하게 수행하였는지 여부를 검사·확인하여야 하며, 검사결과 시정이 필요한 경우에는 공사업자에게 시정을 요구할 수 있으며, 시정을 요구받은 공사업자는 지체없이 시정하여야 한다.
- 6) 감리원은 부실시공으로 인하여 재시공 또는 보완 시공되지 않도록 가급적 품질상태를 수시로 검사·확인하여 부실공사가 사전에 방지되도록 적극 노력하여야 한다.

3. 중점품질관리 사항

제25조(중점 품질관리)

- 1) 감리원은 해당 공사의 설계도서, 설계설명서, 공정계획 등을 검토하여 품질관리가 소홀해지기 쉽거나 하자발생 빈도가 높으며 시공 후 시정이 어렵고 많은 노력과 경비가 소요되는 공종 또는 부위를 중점 품질관리 대상으로 선정하여 다른 공종에 비하여 우선적으로 품질관리 상태를 입회, 확인하여야 하며 중점 품질관리 공종 선정 시 고려해야 할 사항은 다음 각 호와 같다.
 - (1) 공정계획에 따른 월별, 공종별 시험 종목 및 시험회수
 - (2) 공사업자의 품질관리 요원 및 공정에 따른 충원계획
 - (3) 품질관리 담당 감리원이 직접 입회, 확인이 가능한 적정시험 회수
 - (4) 공정의 특성상 품질관리 상태를 육안 등으로 간접 확인할 수 있는지 여부
 - (5) 작업조건의 양호, 불량상태
 - (6) 다른 현장의 시공사례에서 하자발생 빈도가 높은 공종인지 여부
 - (7) 품질관리 불량부위의 시정이 용이한지 여부
 - (8) 시공 후 지중에 매몰되어 추후 품질확인이 어렵고 재시공이 곤란한지 여부
 - (9) 품질 불량 시 인근 부위 또는 다른 공종에 미치는 영향의 대소
 - (10) 시공이 광활한 지역에서 이루어져 접근이 용이한지 여부

- 2) 감리원은 선정된 중점 품질관리 공종별로 관리방안을 수립하여 공사업자에게 실행하도록 지시하고 실행결과를 수시로 확인하여야 한다. 중점 품질관리방안 수집 시 다음 각 호의 내용이 포함되어야 한다.
- (1) 중점 품질관리 공종의 선정
 - (2) 중점 품질관리 공종별로 시공 중 및 시공 후 발생하는 예상 문제점
 - (3) 각 문제점에 대한 대책방안 및 시공지침
 - (4) 중점 품질관리 대상 시설물, 시공부분, 하자발생 가능성이 큰 지역 또는 부분을 선정
 - (5) 중점 품질관리 대상의 세부관리 항목의 선정
 - (6) 중점 품질관리 공종의 품질확인 지침
 - (7) 중점 품질관리 대장을 작성, 기록·관리하고 확인하는 절차
- 3) 감리원은 중점 품질관리 대상으로 선정된 공종은 효율적인 품질관리를 위하여 다음 각 호와 같이 관리하여야 한다.
- (1) 감리원은 중점 품질관리 대상으로 선정된 공종에 대한 관리방안을 수립하여 시행 전에 발주자에게 보고하고 공사업자에게도 통보한다.
 - (2) 해당 공종 및 시공부위는 상황판이나 도면 등에 표기하여 업무담당자, 감리원, 공사업자 모두가 항상 숙지하도록 한다.
 - (3) 공정계획 시 중점 품질관리 대상 공종이 동시에 여러 개소에서 시공되거나 공휴일, 야간 등 관리가 소홀해질 수 있는 시기에 시공되지 않도록 조정한다.
 - (4) 필요시 해당 부위에 “중점 품질관리 공종” 팻말을 설치하고 주의사항을 명기한다.
 - (5) 시공 중 감리원은 물론 시공관리책임자가 반드시 입회하도록 한다.



제 4교시 문제풀이

4-1. 산업안전보건법이 정하는 안전, 보건교육에 대해 설명하고, 교육의 종류 및 근로자 대상 교육 시간에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 산업안전보건법
모아전기안전

1. 안전 · 보건교육

- 1) 사업주는 해당 사업장의 근로자에 대하여 정기적으로 안전·보건에 관한 교육을 하여야 한다.
- 2) 사업주는 근로자를 채용할 때와 작업내용을 변경할 때에는 그 근로자에 대하여 고용 노동부령으로 정하는 바에 따라 해당 업무와 관계되는 안전·보건에 관한 교육을 해야 함
- 3) 사업주는 유해하거나 위험한 작업에 근로자를 사용할 때에는 고용노동부령으로 정하는 바에 따라 그 업무와 관계되는 안전·보건에 관한 특별교육을 하여야 한다.
- 4) 단, 해당 업무에 경험이 있는 근로자에 대하여 교육을 실시하는 등 고용노동부령으로 정하는 경우에는 안전·보건에 관한 교육의 전부 또는 일부를 면제할 수 있다.
- 5) 사업주는 위 규정에 따른 안전·보건에 관한 교육을 그에 필요한 인력·시설·장비 등을 갖춘 전문기관으로서 대통령령으로 정하는 기관에 위탁할 수 있다.

2. 교육시간 및 교육내용

- 1) 사업주가 근로자에 대하여 실시하는 교육시간은 다음과 같고, 교육내용은 다음과 같다.
- 2) 교육방법과 그 밖에 교육에 필요한 사항은 고용노동부장관이 정하여 고시한다.
- 3) 근로자에 대한 안전·보건에 관한 교육을 사업주가 자체적으로 실시하는 경우에 교육을 실시할 수 있는 사람은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람으로 한다.
 - (1) 해당 사업장의 안전보건관리책임자, 관리감독자, 안전관리자, 보건관리자 및 산업보건의
 - (2) 공단에서 실시하는 해당 분야의 강사요원 교육과정을 이수한 사람
 - (3) 산업안전지도사 또는 산업보건지도사
 - (4) 산업안전·보건에 관하여 학식과 경험이 있는 사람으로서 고용노동부장관이 정하는 기준에 해당하는 사람

3. 산업안전·보건 관련 교육과정별 교육시간

1) 사업 내 안전·보건교육

교육과정	교육대상		교육시간
정기교육	사무직 종사 근로자		매분기 3시간 이상
	사무직 종사 근로자 외의 근로자	판매업무에 직접 종사하는 근로자	매분기 3시간 이상
		판매업무에 직접 종사하는 근로자 외의 근로자	매분기 6시간 이상
	관리감독자의 지위에 있는 사람		연간 16시간 이상
채용 시의 교육	일용근로자		1시간 이상
	일용근로자를 제외한 근로자		8시간 이상
작업내용 변경 시의 교육	일용근로자		1시간 이상
	일용근로자를 제외한 근로자		2시간 이상
특별교육	일용근로자		2시간 이상
	일용근로자를 제외한 근로자		· 16시간 이상(최초 작업에 종사하 기 전 4시간 이상 실시하고 12시 간은 3개월 이내에서 분할하여 실 시가능) · 단기간 작업 또는 간헐적 작업인 경우에는 2시간 이상
건설업 기초 안전· 보건교육	건설 일용근로자		4시간

2) 안전보건관리책임자 등에 대한 교육(제39조제2항 관련)

교육대상	교육시간	
	신규교육	보수교육
안전보건관리책임자	6시간 이상	6시간 이상
안전관리자	34시간 이상	24시간 이상
보건관리자	34시간 이상	24시간 이상
재해예방 전문지도기관 종사자	-	24시간 이상

3) 검사원 양성교육

교육과정	교육대상	교육시간
양성교육	-	28시간 이상

4. 사업 내 안전·보건교육 교육대상별 교육내용

교육 종류	교육 내용
근로자 정기안전·보건교육	<ul style="list-style-type: none"> · 산업안전 및 사고 예방에 관한 사항 · 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 · 건강증진 및 질병 예방에 관한 사항 · 유해·위험 작업환경 관리에 관한 사항 · 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항
관리감독자 정기안전·보건교육	<ul style="list-style-type: none"> · 작업공정의 유해·위험과 재해 예방대책에 관한 사항 · 표준안전작업방법 및 지도 요령에 관한 사항 · 관리감독자의 역할과 임무에 관한 사항 · 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 · 유해·위험 작업환경 관리에 관한 사항 · 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항
채용 시의 교육 및 작업내용 변경 시의 교육	<ul style="list-style-type: none"> · 기계·기구의 위험성과 작업순서 및 동선에 관한 사항 · 작업 개시 전 점검에 관한 사항 · 정리정돈 및 청소에 관한 사항 · 사고 발생 시 긴급조치에 관한 사항 · 산업보건 및 직업병 예방에 관한 사항 · 물질안전보건자료에 관한 사항 · 「산업안전보건법」 및 일반관리에 관한 사항

특별안전·보건교육 대상 작업별 교육내용	
1. 아세틸렌 용접장치 또는 가스집합 용접장치를 사용하는 금속의 용접·용단 또는 가열작업 (발생기·도관 등에 의하여 구성되는 용접장치만 해당한다)	<ul style="list-style-type: none"> · 용접 흠, 분진 및 유해광선 등의 유해성에 관한 사항 · 가스용접기, 압력조정기, 호스 및 취관두 등의 기기점검에 관한 사항 · 작업방법·순서 및 응급처치에 관한 사항 · 안전기 및 보호구 취급에 관한 사항 · 화재예방 및 초기대응에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
2. 밀폐된 장소(탱크 내 또는 환기가 극히 불량한 좁은 장소를 말한다)에서 하는 용접작업 또는 습한 장소에서 하는 전기용접 작업	<ul style="list-style-type: none"> · 작업순서, 안전작업방법 및 수칙에 관한 사항 · 환기설비에 관한 사항 · 전격 방지 및 보호구 착용에 관한 사항 · 질식 시 응급조치에 관한 사항 · 작업환경 점검에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
3. 화학설비의 탱크 내 작업	<ul style="list-style-type: none"> · 차단장치·정지장치 및 밸브 개폐장치의 점검에 관한 사항 · 탱크 내의 산소농도 측정 및 작업환경에 관한 사항 · 안전보호구 및 이상 발생 시 응급조치에 관한 사항 · 작업절차·방법 및 유해·위험에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항

특별안전·보건교육 대상 작업별 교육내용	
4. 집재장치(집재기·가선·운반기구·지주 및 이들에 부착, 동력 사용 공중에서 운반하는 설비)의 조립, 해체, 변경 또는 수리작업 및 이들 설비에 의한 집재 또는 운반 작업 가. 원동기 정격출력 7.5kW를 넘는 것 나. 지간의 경사거리 합계가 350m 이상인 것 다. 최대사용하중이 200kg 이상인 것	<ul style="list-style-type: none"> · 기계의 브레이크 비상정지장치 및 운반경로, 점검에 관한 사항 · 작업 시작 전 준비사항 및 작업방법에 관한 사항 · 취급물의 유해·위험에 관한 사항 · 구조상의 이상 시 응급처치에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
5. 건설용 리프트·곤돌라를 이용한 작업	<ul style="list-style-type: none"> · 방호장치의 기능 및 사용에 관한 사항 · 기계, 기구, 달기체인 및 와이어 등 점검에 관한 사항 · 화물의 권상·권하 작업방법 및 안전작업 지도에 관한 사항 · 기계·기구에 특성 및 동작원리에 관한 사항 · 신호방법 및 공동작업에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
6. 전압이 75V 이상인 정전 및 활선작업	<ul style="list-style-type: none"> · 전기의 위험성 및 전격 방지에 관한 사항 · 해당 설비의 보수 및 점검에 관한 사항 · 정전작업·활선작업 시의 안전작업방법 및 순서에 관한 사항 · 절연용 보호구, 절연용 보호구 및 활선작업용 기구 등의 사용 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
7. 맨홀작업	<ul style="list-style-type: none"> · 장비·설비 및 시설 등의 안전점검에 관한 사항 · 산소농도 측정 및 작업환경에 관한 사항 · 작업내용·안전작업방법 및 절차에 관한 사항 · 보호구 착용 및 보호 장비 사용에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
8. 밀폐공간에서의 작업	<ul style="list-style-type: none"> · 산소농도 측정 및 작업환경에 관한 사항 · 사고 시의 응급처치 및 비상 시 구출에 관한 사항 · 보호구 착용 및 사용방법에 관한 사항 · 밀폐공간작업의 안전작업방법에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항
9. 석면해체·제거작업	<ul style="list-style-type: none"> · 석면의 특성과 위험성 · 석면해체·제거의 작업방법에 관한 사항 · 장비 및 보호구 사용에 관한 사항 · 그 밖에 안전·보건관리에 필요한 사항

4-2. 전기안전관리자 직무에 관한 고시에서 전기안전관리자의 전기사고 대응대책 및 중대 사고 보고에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 전기안전관리자 직무고시
모아전기안전

1. 용어의 정의

- 1) 운용 : 전기설비의 설치 목적에 따라 조작·가동·사용하는 것을 말한다.
- 2) 점검: 전기설비의 안전성을 확보하기 위하여 전기안전관리자가 육안 또는 장비 등을 활용하여 확인·측정하는 등으로 일상점검, 정기점검, 정밀점검, 공사 중 점검 등을 말한다.
- 3) 일상점검: 외관점검, 작동점검, 기능점검 등으로 이상 유무 확인을 위한 상시 점검이다.
- 4) 정기점검: 월차, 분기, 반기 등의 일정한 주기를 기준으로 전기설비의 이상 유무를 점검한다.
- 5) 정밀(연차)점검 : 전기설비의 주요 구성품이 동작시험 및 계기측정 등을 통해 전기설비기술 기준에 적합한지 여부를 매년 정기적으로 정밀하게 점검하는 것을 말한다.

2. 안전관리규정의 작성

- 1) 전기안전관리자는 전기설비의 일상점검·정기점검·정밀점검의 절차, 방법 및 기준에 대한 안전관리규정을 작성하여야 한다.
- 2) 전기안전관리자는 점검의 종류에 따른 측정 주기 및 시험항목 예시를 참고하여 안전관리규정을 매년 작성하고 점검 계획을 수립하여 점검을 실시하여야 한다.
- 3) 점검 종류별 측정 및 시험항목 예시

측정시험항목	주기					
	월차	분기	반기	연차	공사 중	감리
· 외관 점검 및 부하 측정	○	○	○	○	○	○
· 저압 전기설비 점검						
1) 절연저항 측정	-	-	△	○	-	-
2) 누설전류 측정	-	△	△	-	-	-
3) 접지저항 측정	-	-	○	○	-	-
· 예비발전설비						
1) 절연 및 접지저항 측정	-	-	○	○	-	-
2) 축전기 및 충전장치 점검	-	-	○	○	-	-
3) 발전기 무부하 또는 부하시험	-	○	○	○	-	-
· 적외선 열화상 측정	-	○	○	○	-	-
· 전원품질분석	-	-	-	○	-	-

[비고] ○ : 필수, △ : 필요 시

3. 점검주기 및 점검횟수

전기안전관리 대행자는 전기설비를 다음 기준대로 방문하여 점검을 실시해야 한다.

용량별		점검회수	점검간격
저압	1~300kW 이하	월 1회	20일 이상
	300kW 초과	월 2회	10일 이상
고압	1~300kW 이하	월 1회	20일 이상
	300kW 초과~500kW 이하	월 2회	10일 이상
	300kW 초과~700kW 이하	월 3회	7일 이상
	700kW 초과~1,500kW 이하	월 4회	5일 이상

4. 점검결과의 판정

1) 부적합 사항

- (1) 전기설비기술기준에 적합하지 않은 경우
- (2) 산업통상자원부장관이 정하는 고시에 위반되는 경우

2) 안전관리에 관한 조언

- (1) 전기설비 설치, 운용상태가 미흡·참고기준에 미달되는 사항이 있는 경우
- (2) 내선규정 및 배전규정에 적합하지 않은 경우
- (3) 수목, 토목, 건축 등의 안전관리 상 문제가 있는 경우
- (4) 운전방법이 불합리하거나 절전 등 전기사용의 합리적인 사용이 필요한 경우

5. 점검에 관한 기록·보존

- 1) 수립한 점검을 실시하고, 다음 각 호의 내용을 기록하여야 한다.
 - 1. 점검자
 - 2. 점검 연월일, 설비명(상호) 및 설비용량
 - 3. 점검 실시 내용(점검항목별 기준치 및 측정치, 그 밖에 점검 활동 내용 등)
 - 4. 점검의 결과
 - 5. 그 밖에 전기설비 안전관리에 관한 의견
- 2) 전기안전관리자는 기록서류를 비치하고, 4년간 보존한다.
- 3) 전기안전관리자는 정기검사 시 기록한 서류를 제출하여야 한다.

6. 법정검사 전 조치사항

- 1) 사용 전 검사 전에 검사기준에 적합한지 여부를 신청하기 전에 확인해야 한다.
- 2) 소유자가 정한 기간 내에 정기검사 받도록 일정을 수립하고 검사를 신청해야 한다.
- 3) 전기안전관리자는 사용 전 검사 및 정기검사를 받는 경우 현장에 입회하여야 한다.

7. 부적합설비 등의 조치

- 1) 검사 및 점검결과가 부적합 시에는 소유자에게 알려 조치(수리·보수 등)를 취하도록 한다.
- 2) 조치가 취해지기 전에 안전 확보를 위해서 전기설비를 일시정지 및 제한할 수 있다.
- 3) 전기안전관리자는 설비가 전기설비기술기준에 부적합 경우 경미한 수리는 직접 할 수 있다.
- 4) 소유자는 전기안전관리자가 의견을 제시하는 경우에는 이를 따라야 한다.

8. 계측장비 교정 등

전기설비의 유지·운용을 위해 계측장비를 주기적으로 교정하고 안전장구 성능을 유지하도록 시험해야 한다.

계측장비 교정	교정 및 시험주기(년)	안전장구 시험	교정 및 시험주기(년)
계전기 시험기	1	특고압 COS조작봉	1
절연내력 시험기	1	저압 검전기	1
절연유 내압 시험기	1	고압특고압 검전기	1
적외선 열화상 카메라	1	고압 절연장갑	1
전원품질분석기	1	절연 장화	1
절연저항 측정기	1	절연 안전모	1
회로시험기	1		
접지저항 측정기	1		
클램프 미터	1		

9. 전기설비 공사에 관한 안전관리

- 1) 설계도서를 검토하고, 전기설비 개·보수 시 입회하여 작업지시·감독해야 한다.
- 2) 공사 시 관리·감독 사항
 - (1) 정전범위와 시간, 작업용 기계·기구 등의 준비사항 확인
 - (2) 작업시간 및 공사구역 표지판 설치
 - (3) 정전 중 차단기, 개폐기의 오조작에 대한 방지조치
 - (4) 전원 투입 시 작업자 위치확인 등 안전여부 확인
 - (5) 작업책임자의 지정과 그 책임내용 확인
 - (6) 위험장소 및 작업에 대한 안전조치 이행(고소작업, 추락위험작업, 화재위험 작업 등)
- 3) 공사 완료시 확인·점검사항
 - (1) 완공된 전기설비가 설계도서대로 시공되었는지의 여부
 - (2) 제반 가설시설물의 제거와 원상복구 되었는지의 여부
 - (3) 완공된 전기설비의 점검 및 측정 실시

10. 공사 감리

- 1) 전기안전관리자는 다음 공사의 경우 감리업무를 수행할 수 있다.
 1. 비상용예비발전설비의 설치, 변경공사로서 총공사비가 1억 원 미만인 공사
 2. 전기수용설비의 증설·변경공사로서 총공사비가 5천만 원 미만인 공사
- 2) 전기설비 공사가 설계도서 및 전기설비기술기준 등에 적합 시공 여부를 확인해야 한다.
- 3) 공사 중 불합리한 부분·착오·불명확한 부분 등에 대해서 관련자(소유자)에게 제시해야 한다.
- 4) 공사가 설계도서와 다르거나 품질이 미달 시 소유자와 협의하여 공사 중지를 명할 수 있다.

11. 안전관리 교육 및 훈련

- 1) 전기안전관리자는 전기설비 업무 종사자에게 연간교육계획을 수립하여 안전교육을 해야 한다.
- 2) 전기안전관리자는 종사자에게 재해·전기사고발생시 조치 등 지도훈련을 실시해야 한다.
- 3) 전기안전관리자는 안전관리교육 실시내용을 기록하고, 그 기록서류를 4년 간 보관해야 한다.

12. 복장착용 및 안전장구의 사용

- 1) 전기안전관리자는 작업성격 기상·주위환경을 고려해서 적합한 복장을 단정히 한다(불필요 부착물 및 착용금지).
- 2) 전기안전관리자는 전기 작업상 필요안전장구를 반드시 착용하고 사용해야 한다.
- 3) 안전장구 위치, 사용법, 성능 등을 숙지하고, 사용범위를 초과 금지하도록 해야 한다.

13. 위험표시

전기안전관리자는 전기실, 배전실 등으로 위험 장소의 경우 위험표시를 해야 한다.

14. 전력수급위기대응 협조

전기안전관리자는 전력수급위기대응 및 훈련에 대해 소유자에게 적극협조를 구하도록 한다.

- 1) 전력수급위기대응을 위한 단전 및 절전참여
- 2) 비상발전기 가동 및 비상부하 운영
- 3) 그 밖의 전력수급위기대응 관련 정부요청사항

15. 전기재해 응급조치

전기재해 예방 및 피해 감소위해 필요한 조치를 취해야 한다.

- 1) 비상재해 시 비상연락망으로 상황전파와 안전 확보를 위해 비상조치 및 지시를 해야 한다.
- 2) 재해발생으로 위험상황 인정 시 전기공급을 중지하는 등의 필요 조치를 해야 한다.
- 3) 재해 복구 시 전기 재공급에 대비하여 전기설비 안전점검을 실시해야 한다.

16. 전기사고 대처요령

- 1) 전기설비의 사고유형을 확인하고 현장 출동하여 사고별로 별도 대처해야 한다.
 - (1) 정전사고
 - 가. 정전이 확인되면 곧바로 비상용 예비전원이 공급되는지 확인한다.
 - 나. 전기설비의 이상 유무를 확인한다.
 - 다. 전기설비점검 등을 통한 전기공급 재개에 대비한다.
 - (2) 감전사고
 - 가. 전원스위치를 차단하고 피해자를 위험지역에서 대피시킨다.
 - 나. 피해자의 의식·호흡·맥박·출혈상태 등을 확인한다.
 - 다. 피해자의 기도를 확보하고, 인공호흡·심장마사지 등 응급조치를 실시한다.
 - (3) 전기설비사고
 - 가. 사고내용 청취 및 육안점검으로 차단기 개방과 검전기로 정전상태를 확인한다.
 - 나. 사고가 발생한 설비를 중심으로 안전구역 지정하고 표지판을 설치하여 일반인의 출입을 통제한다.
 - 다. 이후 각 전기설비별 사고처리를 실시한다.
- 2) 사고와 관련된 모든 사항을 조사하고, 현장보존을 통해 원활한 사고조사가 되도록 한다.
- 3) 필요시에는 한국전기안전공사 또는 한전에 연락하여 조언을 받는다.

17. 중대사고보고

소유자 또는 전기안전관리자는 중대한 사고와 전기사고가 발생한 경우, 한국전기안전공사에 통보하여야 한다.

사고구분	사고규모
화재사고	· 인명피해 : 사망 2명 이상, 부상 3명 이상 · 재산피해 : 3억(추정가액) 이상 · 국가 주요시설, 대규모 다중이용시설(피해정도와 무관)
감전사고	· 사망 2명 이상, 부상 3명 이상
설비사고	· 1,000세대 이상 아파트 단지의 1시간 이상 정전

4-3. 정전기의 물리적 현상, 재해의 종류, 재해방지대책에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 모아전기안전

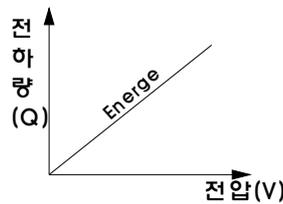
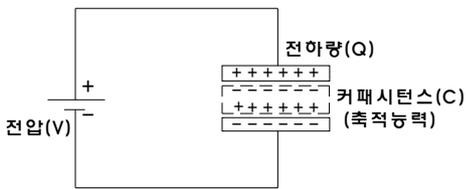
1. 정전기의 개념

- 1) 대전에 의해 발생한 전하가 절연체 위에서 더 이상 이동하지 않고 정지하고 있는 것을 정전기라고 한다.
- 2) 정전기의 발생은 대전과 방전에 의해서 발생한다.
 - (1) 대전 : 마찰, 박리 등에 의해서 에너지를 축적하는 것.
 - (2) 방전 : 축적된 에너지를 외부로 방류하는 것.

2. 정전에너지

- 1) 대전된 에너지의 크기를 의미하며, 커패시턴스(C)에 충전된 전하량(Q)의 정도로 확인할 수 있다.
- 2) 정전에너지는 일반적으로 Spark를 발생하여 화재를 점화시키는 최소점화에너지(MIE)나 방폭 설비에서 전기점화원의 정량적인 크기로 활용되고 있다.
- 3) 정전기의 에너지의 크기는 축적된 전하량으로 표현할 수 있으며, 축적된 전하량(Q)이 외부로 얼마나 일(Work)을 했느냐에 따라서 다음과 같이 표현한다.

$$W = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2$$



$Q = C \cdot V$, $C = \frac{Q}{V} [F]$

- 전하량 Q [C : Coulomb]
- 커패시턴스(축적능력) C [F : Farad]

3. 정전기 재해 및 피해

1) 화재 및 폭발재해

- (1) 가연성물질이 공기 등과 혼합해서 폭발한계에 있고, 최소점화에너지(MIE) 이상이면 폭발한다.
- (2) 전기점화원인 정전기의 Spark를 최소점화에너지(MIE) 이하로 하여 폭발을 방지해야 한다.

2) 전격재해

- (1) 인체에 정전기가 방전되면 갑자기 전류가 흘러 전격재해가 발생한다.
- (2) 사망하지는 않지만 근육의 수축 등으로 추락, 전도, 접촉 등으로 2차 재해 우려가 크다.
- (3) 인체의 영향의 대전전하량 $2\sim3 \times 10^{-7}C$ 이상 시 통증 발생한다.

3) 생산 장애

- (1) 정전기에 의해서 생산 물품의 품질저하, 생산성 저하 등의 장애가 나타난다.
- (2) 생산 공정에서의 기기의 오동작, 생산품의 오염 등의 현상이 나타난다.

4. 정전기 발생의 영향인자

구 분	설 명
물체의 대전서열	2개 물체의 대전서열 중에서 가까우면 정전기가 작고, 떨어져 있으면 크다. (+) 나이론-면-종이-철-동-고무-PE-실리콘(-)
물체의 표면상태	물체표면이 거칠면 정전기의 발생에 큰 영향을 준다. 물체의 표면이 수분, 기름 등에 의해 오염되어 있거나 부식되어 있으면 정전기 발생에 큰 영향을 준다.
물체의 이력	처음 접촉, 분리가 일어날 때 최고로 크고 접촉, 분리가 반복되어짐에 따라 서서히 작게 되는 경향이 있다.
접촉면적 및 접촉압력	접촉면적은 정전기발생 범위에 관계가 있으므로 이것이 크면 정전기발생이 크게 된다. 접촉압력이 크면 정전기의 발생도 크게 되는 경향이 있다.
물체의 분리속도	접촉 후 물체가 분리하는 속도는 전하분리에 주어지는 에너지에 관계가 있으며 분리속도가 크면 정전기 발생이 크게 되는 경향이 있다.

5. 정전기의 대전에 따른 물리현상

1) 정전기 대전에 따른 물리현상

구 분	설 명
역학 현상	· 정전기의 전기적 작용인 쿨롱의 힘에 의해 대전물체 주위에 있는 먼지, 종이조각, 섬유 등 가벼운 물체를 끌어 붙이거나 반발한다(Bernstein효과).
방전 현상	· 정전기의 전기적 작용에 의해 일어나는 전리작용으로 기체의 전리현상이다. · 전하분리에 의해 정전기가 발생하면 그 주위의 매질 중에 전기(Electric Field)가 형성된다.
정전유도현상	· 대전물체 가까이에 절연된 도체가 있으면 절연된 도체의 표면에 대전물체의 전하와 반대극성의 전하가 나타나는 현상이다.

2) 대전의 종류

구 분	설 명	형 태
마찰대전	· 마찰대전은 물체가 마찰하면 일어나는 대전현상이며, 서로 마찰한 2개의 물체의 접촉, 분리에 의해 정전기가 발생한다. · ex) 벨트, 물, 분체, 시트 등은 주로 마찰대전 현상 발생한다.	
박리대전	· 밀착 접촉된 물체를 당길 때 일어나는 대전현상이다. · ex) 밀착된 종이, 필름, 시트 등 얇은 물질 분리 시 발생한다.	
유동대전	· 고유저항이 큰 액체류의 배관 내 유동기 대전현상이다. · 액체류의 상호충돌, 관벽과의 마찰에 의해서 발생한다.	
유도대전	· 전력선의 정전유도 현상으로 근처에 도체가 대전된다. · 전력선의 상호커패시턴스가 불평형되면 그 크기가 증대된다.	
비말대전	· 분출된 액체류가 비산되어 분리할 때 발생한다. · 비산분리 후에 새로운 표면을 형성하여 물방울로 될 때 발생.	
적하대전	· 물방울이 떨어지면서 전하분리 발생하여 대전되는 현상 · 고드름에 부착해 있는 액체가 물방울로 떨어질 때 발생한다.	
충돌대전	· 분체류에 의한 입자끼리 또는 입자와 고체(예: 용기병)와의 충돌에 의해서 빠르게 접촉, 분리가 일어나기 때문에 발생.	
분출대전	· 분체류, 액체류, 기체류가 단면적이 작은 개구부(노즐, 균열 등)에서 분출할 때 마찰이 일어나서 정전기가 발생하는 현상	
기 타	· 침강대전·부상대전: 액체 유동 중 정지에 따른 비중차에 따른 침강·부상 중 발생 · 동결대전: 극성을 갖는 물 등이 동결되어 파괴할 때 발생하는 대전현상	

6. 정전기의 방전형태

1) 방전 이론

- (1) 방전이란? 정전기의 전기적 작용에 의해 일어나는 전리작용(전자를 완전분리)에 의해 발생.
- (2) 공기의 절연파괴 강도(DC 약 30kV/cm)에 달한 경우에 일어나는 기체의 전리현상이다.
- (3) 정전기 방전 시 축적된 에너지가 공간에 방출하여 열, 파괴음, 발광 등을 발생시킨다.

2) 방전종류

방전구분	설 명	형 태
Corona 방전	<ul style="list-style-type: none"> · 국부적인 불평등 전계로 인한 전계의 집중에 의한 방전 · 아주 작은 파괴음을 수반하며, 재해원인이 될 확률은 작다. · 절연체 내부에서는 Void, 외부에서는 돌기에서 발생 · 고압송전선의 코로나 방전과는 구분이 필요하다. 	
Streamer (Brush방전)	<ul style="list-style-type: none"> · 대전량이 큰 물체와 평활한 도체(접지) 사이에서의 방전 · 비교적 강한 파괴음과 발광을 동반하는 방전이다. · 코로나방전이 강하여 전리될 때 발생할 수도 있다. · 방전에너지 밀도가 커서 정전기 재해원인이 된다. 	
불꽃방전	<ul style="list-style-type: none"> · 대전량 큰 물체와 평활한 도체의 간격이 작은 경우 방전 · 갑자기 발생하는 강한 파괴음과 발광을 동반한다. · 방전에너지 밀도가 매우 커서 정전기 재해원인이 된다. 	
연면방전	<ul style="list-style-type: none"> · 대전물체 표면에 전위상승으로 표면을 따라 발생하는 방전 · 방전에너지 밀도가 커서 정전기 재해원인이 된다. 	
뇌상방전	<ul style="list-style-type: none"> · 전하를 많이 축적한 뇌운이 공기의 절연을 파괴하며 대지로 매우 큰 에너지를 방전한다. · 자연상태에서 발생하는 방전 중에 가장 크고 위험하다. 	

7. 정전기 방지대책

1) 접지(Earth)

- (1) 대전되어 축적된 전하들은 전위가 낮은 대지로 방류한다.
- (2) 정전기 방지의 가장 기초적인 방법으로 가장 많이 사용하는 방법이다.

2) 본딩(Bonding)

- (1) 대전된 물체를 상호간에 전기적으로 접속하여 전위차에 의한 감전을 방지한다.
- (2) 정전기를 근본적으로 없애지는 못하여, 일반적으로 본딩을 하고 접지를 한다.

2) 가습(Humidification)

- (1) 일반적으로 상대습도가 60~70% 이상이 되면 공기가 약간에 도전성을 갖는다.
- (2) 또한 물체 표면에 수막이 생겨 공기 중에 CO₂가 녹아 전이되고, 정전기가 누설된다.

3) 이온화법(Ionization)

- (1) 공기 중에 이온을 만들어 대전체 표면의 전하를 중화시켜 공기 중에 방전한다.
- (2) 제전은 대전전하를 완전히 중화시키는 것은 아니고, 재해 발생을 막을 정도만 중화시킨다.
- (3) 제전기는 전압인가식 제전기, 자기방전식 제전기, 방사선식 제전기가 있다.

4) 전도성 부여(Metallizing)

- (1) 전기저항이 높은 물질 대신에 전도성이 있는 물질을 사용하여 정전기의 축적을 방지한다.
- (2) 액체의 전도성을 증가 시키거나, 배관재질을 도체를 사용하여 정전기의 축적을 방지한다.

5) 마찰 감소(Friction Damping)

- (1) 마찰은 정전기를 가장 많이 발생시키므로, 매끄러운 배관이나 돌기 등이 없도록 한다.
- (2) 마찰계수가 큰 벨트를 또는 마찰되는 두 물질을 대전서열이 가까운 것으로 한다.

6) 정전차폐(Electric Shielding)

- (1) 접지된 도체로 대전물체를 덮거나 둘러싸는 방법으로, 외부로 정전기의 영향이 없도록 한다.
- (2) 대전물체의 표면을 도전성 물질로 덮거나, 전선의 도체를 실드층으로 둘러싼다.

7) 인체의 정전기 방지 대책(Antistatic Measure)

- (1) 인체의 정전기 방지대책의 개념은 인체에 접촉되는 것(의류, 신발 등)을 도체화하는 것이다.
- (2) 정전기 방지 의류, 정전기 방지 신발 등은 정전기가 축적되지 않도록 도체화하여 전하의 축적을 방지한다. 즉, 정전기 생성을 억제하는 것이 아니라 전하 완화속도를 빠르게 하는 것이다.
- (3) 양 손의 이용하는 정밀작업자의 경우는 양 손목에 리스트스트랩(Wrist Strap)을 착용하고 별도의 접지를 한다. 단, 접지를 통한 서지전류 충격을 방지위해 1MΩ의 저항을 삽입한다.

4-4. 수변전설비에서 사용하는 차단기에 관하여 다음 사항을 설명하시오.

- 1) 차단기의 종류(5가지)와 특징**
- 2) 차단기 소호메커니즘**

답)

출처' 모아전기안전
한솔건축전기

1. 차단기 선정 시 고려사항

- 1) 계통고장 시 신속히 안정적으로 차단할 것
- 2) 사용 용도에 따른 적정용량의 선정
- 3) 사용조건, 설치환경, 경제성, 유지관리의 고려
- 4) 여자돌입전류에 의한 차단기 점접손상 방지
- 5) 차단속도의 신속성으로 재점호 방지 및 계통의 보호
- 6) 개폐서지 고려(VCB 2차측에 S·A설치)
- 7) 다른 차단기들과의 보호협조

2. 차단기의 분류

- 1) 차단기는 일반적으로 고압차단기와 저압차단기로 크게 분류할 수 있다.
- 2) 고압차단기는 VCB, GCB, OCB, MBB, PF 등이 있고, 저압차단기는 ACB, MCCB, ELB, PF, 전자접촉기 등이 있다.
- 3) 일반적인 수변전 설비에서 가장 많이 사용되는 차단기로는 22.9kV 인입용에는 ASS, LBS+PF, PF, VCB를 사용하고, 변전설비에서는 주로 VCB와 PF, 저압에서는 대부분 ACB, MCCB, ELB를 사용한다.
- 4) 차단기는 적용 장소에 특성에 따라서 적절한 차단기를 적용한다. 대부분의 차단기는 소호특성에 따라서 구분될 수 있다.

3. 차단기의 종류 및 특징

1) 진공차단기(VCB ; Vacuum Circuit Breaker)

- ① 진공 특성 중 높은 절연내력과 진공 중에 Arc의 급속한 확산을 이용하여 소호시키는 차단기이다.(진공도는 10-3Torr 이하)
- ② 고속도 차단(3~5Cycle)으로 차단성능이 우수하다.(정격차단전류 22.9kV-40kA까지 개발)
- ③ 아크가 적고 접촉부의 소모가 적어 개폐수명이 길다.
- ④ 불연성이며 화재, 폭발 위험이 적다. 비교적 소형경량이며 콤팩트하고 유지점검이 용이하다.
- ⑤ 현재 일반적인 건축물의 22.9kV, 6.6kV의 계통에 가장 많이 사용 하는 차단기이다.
- ⑥ 단, 소전류 차단 시 Surge가 발생 할 수 있어, Mold 변압기에 사용하는 경우 S·A(서지흡수기)를 사용해야 한다.

2) 가스차단기(GCB ; Gas Circuit Breaker)

- ① 차단기 개폐 시 접점에서 발생하는 Arc에 SF6를 불어넣어 소호하는 방식이다.
- ② 차단성능이 우수하며, 소음이 작다. 불활성이며 화재위험이 작다.
- ③ 단, 가격이 고가이며 설치 시 면적이 작다. 주로 초고압계통에서 주로 GIS형태로 사용된다.
- ④ 현재는 3.3kV, 6.6kV까지 사용증가 추세이다.(정격차단전류 22.9kV-50kA까지 개발)
- ⑤ SF6 가스의 특징
 - 절연내력은 공기의 3배
 - 소호능력은 공기의 100배
 - 비중은 공기의 5배
 - 불활성 가스, 불연성, 무독, 무취

3) 공기차단기(ABB ; Air Blast Circuit Breaker)

- ① 차단기 개폐 시 접점에서 발생하는 Arc에 압축된 공기를 불어넣어 소호하는 방식이다.(압축공기는 10~30 kg/cm² 정도)
- ② 유입차단기에 비해 화재의 위험이 적고 차단능력이 우수하고, 유지보수가 간단하다.
- ③ 단, 압축공기 등의 부대설비가 필요하고, 설비가 복잡하여 근래에는 잘 사용하지 않는다.

4) 자기차단기(MBB ; Magnetic Blast Circuit Breaker)

- ① 차단기 개폐 시 접점에서 발생하는 Arc에 직각 방향으로 자계를 주어 발생된 전자력으로 소호실로 밀어 넣어 냉각 소호시키는 방식이다.
- ② 전류차단 시 과전압이 발생하지 않아서 직류차단도 가능하다.
- ③ 단, 차단기 투입 시 소음이 크고, 유지관리가 어렵고, 회복전압의 초과로 성능이 떨어질 수도 있어 근래에는 잘 사용하지 않는다.

5) 유입차단기(OCB ; Oil Circuit Breaker)

- ① 차단기 개폐 시 접점에서 발생하는 Arc에 유류를 뿌려서 소호시킨다. 전류가 클 경우에는 발생하는 Arc에 의한 기름분해 현상으로 Arc가 소호현상을 가중시킨다.
- ② 가격이 저렴하고, 차단성능이 매우 우수하고, 소음이 작다.
- ③ 단, 기름을 사용하여 유지관리가 어렵고, 화재위험이 있어 근래에는 거의 사용하지 않는다.

4. 차단기 소호메커니즘

(1) 유입차단기(OCB : Oil Circuit Breaker)

① 대전류 차단시(병립형 : 자력 소호식)

절연유(광유) → Arc 열로 열화학 분해(4,000K) → 분해가스발생(메탄, 아세틸렌과 함께 수소가스 다량발생) → 수소가스의 Arc냉각 → 소호

② 소전류 차단시(소호실형 : 타력 소호식)

㉠ Arc 열이 적어 절연유 분해 불가

㉡ 피스톤에 의한 유류분사로 소호 → 단열팽창에 의한 냉각효과

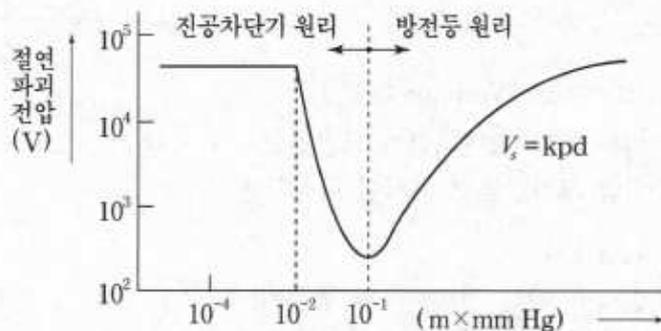
(2) 진공차단기(VCB : Vacuum Circuit Breaker)

① 진공 중의 높은 절연내력과 아크의 급속한 확산을 이용

② 기체의 압력저하 → Mean path free time 증가 → 분자의 충돌횟수 감소

③ 10^{-2} Torr 이하에서 절연내력 급속증가(VCB 진공도 : 10^{-4} Torr)

④ 10^{-4} Torr 상태에서 전극 개방 → Arc에 의한 급속증기가 진공 중 급속확산 → 전류 0점에서 Arc소호

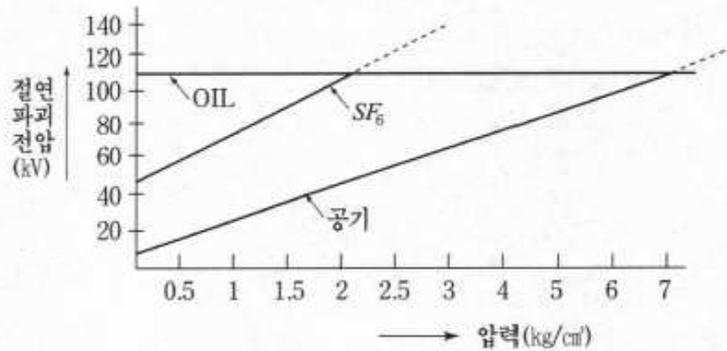


파센의 법칙에 의한 방전전압과 기압과의 관계

※ 1Torr = 1mmHg

(3) 가스차단기(GCB : Gas Circuit Breaker)

- ① SF₆가스의 열화학적 특성과 전기적 부특성 이용
- ② SF₆가스의 특징
 - ㉠ 소호능력 : 공기의 100배, 절연내력 : 공기의 2~3배
 - ㉡ 열전달성 : 공기의 약 1.6배
 - ㉢ 무독, 무색, 무취의 불활성 기체
 - ㉣ 회수장치 필요(지구온난화 지수가 가장 높아 최근 환경규제 대상)
- ③ SF₆ Gas 및 공기의 절연파괴 전압과 압력과의 관계(전극 Gap : 25mm)



④ 소호원리

Arc에 의한 열해리 → 해리전자가 SF₆ 원자에 흡착 → 부이온 생성 → 저속이동 → 정이온과 재결합 → 중성원자 → 공간절연회복

(4) 자기차단기(MBB : Magnetic Blast Circuit Breaker)

- ① 아크와 자계사이의 전자력 이용, 아크를 소호실(Arc-chute)로 밀어 넣어 아크확대, 냉각, 한류소호
- ② 소호실은 자기 내열제의 소호판을 여러겹으로 적층시킨 역 V자형 홈에 Coil과 자극을 설치한 것
- ③ 소전류 차단시는 차단기구에 연결된 부스터에 의한 압축공기 분사소호 → 소음발생

(5) 공기차단기(ABB : Air Blast Circuit Breaker)

- ① 압축공기(10~30kg/cm²)로 불어서 소호(폭발음 발생)
- ② Compressor, 소음기 등 부대시설 필요

4-5. 전력시설물공사 준공 후 시설물 인수, 인계 관련하여 감리업무에 대하여 설명하시오.

답)

출처' 전력시설물 공사감리업무 수행지침

1. 관련근거 : 전력시설물 공사감리업무 수행지침

2. 시설물 인수, 인계 관련하여 감리업무

1) 63조(시설물 인수·인계)

- ① 감리원은 공사업자에게 해당 공사의 예비준공검사(부분 준공, 발주자의 필요에 따른 기성부분 포함) 완료 후 30일 이내에 다음의 사항이 포함된 시설물의 인수·인계를 위한 계획을 수립하도록 하고 이를 검토하여야 한다.
 - 1. 일반사항(공사개요 등)
 - 2. 운영지침서(필요한 경우)
 - 가. 시설물의 규격 및 기능점검 항목
 - 나. 기능점검 절차
 - 다. Test 장비 확보 및 보정
 - 라. 기자재 운전지침서
 - 마. 제작도면·절차서 등 관련 자료
 - 3. 시운전 결과 보고서(시운전 실적이 있는 경우)
 - 4. 예비 준공검사결과
 - 5. 특기사항
- ② 감리원은 공사업자로부터 시설물 인수·인계 계획서를 제출받아 7일 이내에 검토, 확정하여 발주자 및 공사업자에게 통보하여 인수·인계에 차질이 없도록 하여야 한다.
- ③ 감리원은 발주자와 공사업자 간 시설물 인수·인계의 입회자가 된다.
- ④ 감리원은 시설물 인수·인계에 대한 발주자 등 이견이 있는 경우, 이에 대한 현상파악 및 필요 대책 등의 의견을 제시하여 공사업자가 이를 수행하도록 조치한다.
- ⑤ 인수·인계서는 준공검사 결과를 포함하는 내용으로 한다.
- ⑥ 시설물의 인수·인계는 준공검사시 지적사항에 대한 시정완료일부터 14일 이내에 실시하여야 한다.

2) 제64조(현장문서 인수·인계)

- ① 감리원은 해당 공사와 관련한 감리기록서류 중 다음 각 호의 서류를 포함하여 발주자에게 인계할 문서의 목록을 발주자와 협의하여 작성하여야 한다.
 1. 준공사진첩
 2. 준공도면
 3. 품질시험 및 검사성과 총괄표
 4. 기자재 구매서류
 5. 시설물 인수·인계서
 6. 그 밖에 발주자가 필요하다고 인정하는 서류
- ② 감리업자는 법 제12조의2제3항 및 규칙 제21조의3에 따라 해당 감리용역이 완료된 때에는 30일 이내에 공사감리 완료보고서(규칙 별지 제27호의3서식)를 협회에 제출하여야 한다.

3) 제65조(유지관리 및 하자보수)

- ① 감리원은 발주자(설계자) 또는 공사업자(주요설비 납품자) 등이 제출한 시설물의 유지관리지침 자료를 검토하여 다음 각 목의 내용이 포함된 유지관리지침서를 작성, 공사 준공 후 14일 이내에 발주자에게 제출하여야 한다.
 1. 시설물의 규격 및 기능설명서
 2. 시설물 유지관리기구에 대한 의견서
 3. 시설물 유지관리방법
 4. 특기사항
- ② 해당 감리업자는 발주자가 유지관리상 필요하다고 인정하여 기술자문 요청 등이 있을 경우에는 이에 협조하여야 하며, 전문적인 기술 등으로 외부 전문가 의뢰 또는 상당한 노력이 소요되는 경우에는 발주자와 별도로 협의하여 결정한다.

4) 제66조(하자보수에 대한 의견제시 등)

- ① 감리업자 및 감리원은 공사준공 후 발주자와 공사업자 간의 시설물의 하자보수 처리에 대한 분쟁 또는 이견이 있는 경우, 감리원으로서의 검토의견을 제시하여야 한다.
- ② 감리업자 및 감리원은 공사준공 후 발주자가 필요하다고 인정하여 하자보수 대책수립을 요청할 경우에는 이에 협조하여야 한다.
- ③ 제1항과 제2항의 업무가 감리용역계약에서 정한 감리기간이 지난 후에 수행하여야 할 경우에는 발주자는 별도의 실비를 감리원에게 지급하도록 조치하여야 한다. 다만, 하자 사항이 부실감리에 따른 경우에는 그러하지 아니하다.

5) 제67조(재검토기한)

「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제334호)에 따라 이 고시에 대하여 2018년 11월 5일을 기준으로 매 3년이 되는 시점(매 3년째의 11월 4일까지를 말한다)마다 그 타당성을 검토하여 개선 등의 조치를 하여야 한다.

4-6. 전기자동차 충전설비의 시설에 대하여 다음을 설명하시오.

- 1) 저압전로
- 2) 전기, 기계적 조건, 설치 환경
- 3) 충전케이블 및 부속품
- 4) 부대설비

답)

출처' 전기설비기술기준의 판단기준

1. 관련근거

전기설비기술기준의 판단기준 제286조(전기자동차 충전설비의 시설)

2. 전기자동차 충전설비의 시설

1) 저압전로

- (1) 전용의 개폐기 및 과전류차단기를 각 극(과전류차단기는 다선식 전로의 중성극을 제외한다.)에 시설하고 또한 전로에 지락이 생겼을 때 자동적으로 그 전로를 차단하는 장치를 시설할 것.
- (2) 배선기구는 제170조 및 제221조에 따라 시설할 것.

2) 전기, 기계적 조건, 설치 환경

- (1) 충전부분이 노출되지 않도록 시설하고, 외함은 제33조에 따라 접지공사를 할 것.
- (2) 외부 기계적 충격에 대한 충분한 기계적 강도(IK07 이상)를 갖는 구조일 것.
- (3) 침수 등의 위험이 있는 곳에 시설하지 말아야 하며, 옥외에 설치 시 강우, 강설에 대하여 충분한 방수 보호등급(IPX4 이상)을 갖는 것일 것.
- (4) 분진이 많은 장소, 가연성 가스나 부식성 가스 또는 위험물 등이 있는 장소에 시설하는 경우에는 통상의 사용상태에서 부식이나 감전, 화재, 폭발의 위험이 없도록 제199조부터 제 202조까지의 규정에 따라 시설할 것.
- (5) 충전장치에는 전기자동차 전용임을 나타내는 표지를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.
- (6) 전기자동차의 충전장치는 쉽게 열 수 없는 구조일 것.

3) 충전케이블 및 부속품

- (1) 충전장치와 전기자동차의 접속에는 연장코드를 사용하지 말 것.
- (2) 충전 케이블은 유연성이 있는 것으로서 통상의 충전전류를 흘릴 수 있는 충분한 굵기의 것일 것.
- (3) 커플러[충전 케이블과 전기자동차를 접속 가능하게 하는 장치로서 충전 케이블에 부착된 커넥터(Connector)와 전기자동차의 접속구(Inlet) 두 부분으로 구성되어 있다]는 다음 각 목에 적합할 것.
 - ① 다른 배선기구와 대체 불가능한 구조로서 극성의 구분이 되고 접지극이 있는 것일 것.
 - ② 접지극은 투입 시 먼저 접속되고, 차단 시 나중에 분리되는 구조일 것.
 - ③ 의도하지 않은 부하의 차단을 방지하기 위해 잠금 또는 탈부착을 위한 기계적 장치가 있는 것일 것.

- ④ 커넥터(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전기자동차 접속구에 접속하기 위한 장치를 말한다)가 전기자동차 접속구로부터 분리될 때 충전 케이블의 전원공급을 중단시키는 인터록 기능이 있는 것일 것.
- (4) 커넥터 및 플러그(충전 케이블에 부착되어 있으며, 전원측에 접속하기 위한 장치를 말한다)는 낙하 충격 및 눌림에 대한 충분한 기계적 강도를 가진 것일 것.

4) 부대설비

- (1) 충전 중 차량의 유동을 방지하기 위한 장치를 갖추어야 하며, 자동차 등에 의한 물리적 충격의 우려가 있는 경우에는 이를 방호하는 장치를 시설할 것.
- (2) 충전 중 환기가 필요한 경우에는 충분한 환기설비를 갖추어야 하며, 환기설비임을 나타내는 표지를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.
- (3) 충전 중에는 충전상태를 확인할 수 있는 표시장치를 쉽게 보이는 곳에 설치할 것.
- (4) 충전 중 안전과 편리를 위하여 적절한 밝기의 조명설비를 설치할 것.