

소방기술사 정규반 제 1 강의

: 제 1 장 연소기구 및 소방 ◦ 방화대책

소방기술사 박 성 수, 신 부 환 著

- 문제1) 발화
- 문제2) 자연발화와 인화
- 문제3) 인화점과 연소점
- 문제4) 연소범위(폭발범위)
- 문제5) 연소범위의 규칙성
- 문제6) 연소범위 측정법
- 문제7) 인화점 시험방법
- 문제8) 발화점 측정방법
- 문제9) 최소발화에너지
- 문제10) 소염거리
- 문제11) 화염일주한계
- 문제12) 전기화재의 원인과 대책
- 문제13) 과전류에 의한 화재 발생 Mechanism
- 문제14) 단락에 의한 화재 발생 원인과 대책
- 문제15) 누전에 의한 화재 발생 원인과 Mechanism
- 문제16) 누전경보기
- 문제17) 트래킹(Tracking)현상
- 문제18) 아산화동 발열현상

문제1) 발화(發火, Ignition)

1. 발화의 개념

- ① 화재성장의 시작점으로 연쇄반응이 일어나는 반응속도를 갖기 시작하는 과정
- ② 가연성 물질이 공기 중에서 점화원 없이 스스로 연소할 수 있는 최저온도를 발화점

2. 발화의 한계조건

(1) 물적 조건

- ① 연소 하한계(LFL)

(2) 에너지 조건

- ① 발화온도(발화점)
- ② 최소발화에너지(MIE)

3. 발화점에 영향 인자

(1) 압력

- ㉠ 높을수록 분자 간 인력이 커져 에너지충적이 용이해져서 발화점이 낮아진다
- ㉡ 즉, 화학적 활성도가 커진다

(2) 산소

- ㉠ 농도가 높을수록 착화가 용이하여 발화점이 낮아진다
- ㉡ 즉, 화학적 친화력이 커진다

(3) 발열량

: 클수록 발화점이 낮아진다(온도의 영향)

(4) 분자구조

: 탄화수소계 가연물이 분자량이 클수록(복잡함)발화점이 낮아진다

(5) 열전도율

: 혼합기체의 열전도도가 낮을수록 발화점이 낮아진다

(6) 반응표면적

: 접촉면적(부피)이 클수록 발화되기 용이하므로 발화점이 낮아진다

4. 발화 형식

(1) 인화

- ① 점화에 의한 발화
- ② 연소 하한계 이상의 농도로 예 혼합된 가연성 혼합기에 점화원이 가해질 때 발화

(2) 자연발화

- ① 점화에너지의 공급 없이 방열과 발열의 관계에서 반응열의 축적에 의한 발화
- ② 고체연료의 발화점
 - ㉠ 인화 : 250 ~ 450[°C]
 - ㉡ 자연발화 : 500[°C] 이상

문제2) 자연발화와 인화(引化)

1. 자연발화(Spontaneous Ignition)

- ① 착화원의 유무 : 없다
- ② 연소 조건 : ㉠ 연소범위 내의 농도
㉡ 외부 에너지 필요
- ③ 농도 범위(최소 조건) : 연소 하한계 농도
- ④ 계(界)의 형태 : 가연성 혼합기체를 외부에서 가열(밀폐계)
- ⑤ 방지 대책 : ㉠ 열축적 방지
㉡ 공기와의 접촉 표면적을 작게 한다
㉢ 고온다습한 환경의 제거

2. 인화(Piloted Ignition)

- ① 착화원의 유무 : 있다
- ② 연소 조건 : ㉠ 연소범위 내의 농도
㉡ 외부 에너지 불필요
- ③ 농도 범위(최소 조건) : 연소 하한계 농도
- ④ 계(界)의 형태 : 국소적 열원에 의한 가열, 발화에 이은 화염전파(개방계)
- ⑤ 방지 대책 : ㉠ 점화원(착화원)의 관리
㉡ 위험한 환경의 제거
㉢ 전기설비, 전기기기 등의 방폭화

3. 자연발화와 인화의 비교표

	자연발화	인화에 의한 발화
① 발생현상	열축적→온도상승→반응가속→온도상승반복→발화온도 이상시 발화	에너지 조건을 충족하는 착화원의 존재에 의해 발화가 시작(화염전파의 반복)
② 형식상 구분	착화원이 없음	착화원이 있음
③ 조건	물질농도와 에너지의 조건 필요	물질농도의 조건만 필요
④ 현상적 구분	밀폐계	개방계
⑤ 발생형태	-산화열 -분해열 -흡착열	-나화 -고온 고체의 표면 -충격마찰 등
⑥ 방지법	-열의 축적을 방지 -온도를 낮게 한다 -습도를 낮게 한다	-방폭전기기기를 사용 -열면관리 -고온가스(화염)의 관리

문제3) 인화(引化)점과 연소(燃燒)점

1. 인화점(Flash Point)

- ① 가연성 가스가 공기와 혼합하여 생성된 가연성 혼합기가 착화원에 의해 발화가 일어날 수 있는 최저온도
- ② 공기 중에서 연소하한 농도의 혼합기체를 생성할 수 있는 충분한 증기를 발생시킬 수 있는 최저온도
- ③ 착화원(점화원)을 제거하면 즉시 연소는 중지된다

2. 연소점(Fire Point)

- ① 가연성 가스가 개방계에서 증기를 계속 발생하여 연소가 지속(5초 이상)될 수 있는 최저온도로 정의한다
- ② 인화점에서는 점화원을 제거하면 연소가 중단되지만, 계속 가열하여 높은 온도로 유지해 주면 점화원을 제거해도 자발적으로 연소가 지속되는 데 이때의 온도를 연소점이라 한다

3. 인화점과 연소점의 관계

연소점 $\geq$ 인화점 + (5 ~ 10°C)

※ 기출문제분석1(발화관련)

1. 착화점에 미치는 영향인자를 기술하시오(46회,10점)
2. 발화점이 낮아지는 조건을 5가지를 기술하시오(83회,10점)
3. 발화점을 설명하시오(62회,10점)
4. 연소점(Fire Point)를 설명하시오(50회,5점)(51회,10점)
5. 발화 형식상의 자연발화와 착화원(인화) 의한 발화의 차이점을 설명하시오(35회,10점)
6. 가연물 연소 시 연소온도에 영향을 주는 인자를 기술하시오(47회,10점)
7. 인화물질의 연소조건이 적정할 때 착화원이 있으면 인화되지만 곧바로 착화원을 제거하면 불꽃이 꺼지는 이유를 설명하시오(54회,20점)
8. 대기압하 250℃ 전후의 온도에서 자연발화를 일으킬 수 있는 Pentane-Air의 가연성 혼합기가 열면에 의한 발화를 위해서는 1,000℃ 이상의 고온이 유지되어야 한다. 그 이유를 설명하시오(52회,20점)
9. 가연성고체와 가연성액체의 인화작용의 차이점을 설명하시오(44회,10점)

문제4) 연소 범위(폭발 범위)

1. 정의

- ① 가연성가스와 공기가 적당한 비율로 혼합되는 특정범위에서 화염확산이 이루어지는데 이 범위를 연소범위(연소한계, 폭발범위)라 한다
- ② 가연성가스와 공기가 혼합된 상태에서도 화염확산이 되지 않는 경우가 있는데 농도 조건과 에너지조건 중에서 1가지가 부족하여 유효충돌횟수가 적기 때문이다

2. 연소 범위의 구성

(1) 연소하한계(LFL : Lower Flammability Limit)

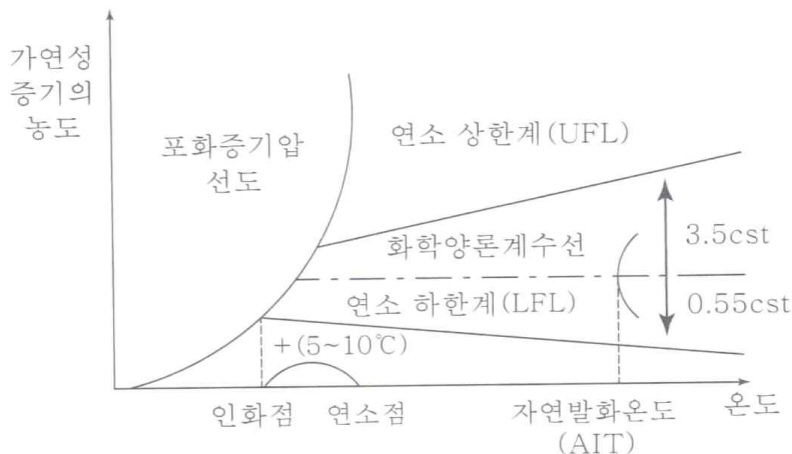
- ① LFL은 그 농도 이하에서는 발화원과 접촉될 때도 화염전파가 일어나지 않는 공기 중의 증기 또는 가스의 농도
- ② 연소를 일으킬 수 있는 최저농도로 온도가 증가됨에 따라 약간 감소되는 특징
- ③ 포화증기압선도와의 교점을 (하부)인화점으로 표시하며, 이 인화점은 해당 가연물의 착화위험성을 나타내는 지표

(2) 연소상한계(UFL : Upper Flammability Limit)

- ① UFL은 그 농도 이상에서는 발화원과 접촉될 때도 화염전파가 일어나지 않는 공기 중의 증기 또는 가스의 농도
- ② 연소를 일으킬 수 있는 최고농도로 온도가 증가됨에 따라 급격히 증가되는 특징
- ③ 포화증기압선도와와의 교점을 상부인화점으로 표시하며, 이 온도는 일반적으로 30℃ 정도 높다

(3) 포화증기압선(비점)

- ① 좌측은 액체 또는 액적상태로 연소범위를 판단할 필요는 없고, 우측부분이 기체인 부분으로 연소범위를 판단하는 부분
- ② 비점(Boiling point)이란 비등점으로 액체의 온도를 점차 높여 가면 외압(이 경우 대기압=1기압)과 같아져서 끓는 점
- ③ 비등점이 낮을수록 증발이 쉽고 인화될 위험성이 높아진다



3. 연소범위에 대한 영향 인자

(1) 산소 농도

- ① 산소농도가 증가하면 연소하한계는 하 방향으로 약간 넓어진다
- ② 산소농도가 증가하면 연소상한계는 상 방향으로 많이 넓어진다

(2) 불활성 가스의 농도

- ① 불활성 가스의 농도가 증가하면 연소하한계는 하 방향으로 약간 좁아진다
- ② 불활성 가스의 농도가 증가하면 연소상한계는 상 방향으로 많이 좁아진다

(3) 온도

- ① 온도가 100℃ 상승하면 연소하한계는 하 방향으로 8% 넓어진다
- ② 온도가 100℃ 상승하면 연소상한계는 상 방향으로 8% 넓어진다
- ③ 온도가 10℃ 상승하면 반응속도는 2배 가속된다(Arrhenius식)
- ④ 온도에 따른 연소범위의 계산식

$$\rightarrow LFL = LFL_{25} - (0.8 \times LFL_{25} \times 10^{-3}) \times (t-25)$$

$$\rightarrow UFL = UFL_{25} + (0.8 \times UFL_{25} \times 10^{-3}) \times (t-25)$$

(4) 압력

- ① 압력이 상승하면 연소하한계는 하 방향으로 약간 넓어진다
- ② 압력이 상승하면 연소상한계는 상 방향으로 많이 넓어진다
- ③ 압력이 증가하면 분자간의 거리가 가까워져 유효충돌횟수가 증가되어 연소범위가 넓어진다

(5) 화염의 전파방향

: 물질의 하부에서 점화된 경우에 상향 화염전파가 되며 이 경우가 하향, 측면 방향으로의 화염전파보다 연소범위가 넓어진다

(6) 측정용기의 크기

- ① 측정용기가 클수록 연소범위가 넓어진다
- ② 해당물질의 연소범위를 알아도 저장용기가 크다면 연소범위가 넓어짐에 유의해야 한다

문제5) 연소 범위의 규칙성

1. Burgess-Wheeler Law

(1) $LFL \times \Delta H_c \approx 1,050$

ΔH_c = 연소열

→ 즉, 해당 물질의 연소열을 알면, 연소하한계는 이 식을 통하여 추정할 수 있다

(2) 연소하한계와 연소열의 값이 일정한 이유

→ 연소하한계에서의 가연성 혼합기를 구성하고 있는 물질의 대부분은 질소이며, 질소는 불활성 물질로서 안정하다

2. 폭발한계와 화학양론조성(Cst)

(1) 단일 조성 가연성 가스(Jone's 식)

① $LFL_{25} \approx 0.55 \times Cst$

② $UFL_{25} \approx 3.50 \times Cst$

③ $Cst = \frac{\text{연료몰수}}{\text{연료몰수} + \text{공기몰수}} \times 100$

(2) 혼합조성의 가연성 가스 연소(폭발)한계

① Le-Chatelier의 법칙

→ 합성 연소 하한계(LFL)

$$= \frac{\text{순수 가연성 가스 체적의 합계}}{\text{가연성 가스가 만드는 가연성 혼합기 체적의 합계}} \\ = \frac{1(\text{또는 } 100l)}{\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \dots + \frac{V_n}{L_n}}$$

$$\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \dots + \frac{V_n}{L_n}$$

따라서, $\frac{1}{L} = \frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \dots + \frac{V_n}{L_n}$

또는 $\frac{100}{L} = \frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \dots + \frac{V_n}{L_n}$

② 폭발하한계는 대체로 정확하지만, 폭발상한계에서는 정확하지 않는 문제점이 있다

③ 혼합조성이 3성분 계에서는 대체로 맞으나 그 이상일 때는 정확하지 않아 의미가 없다

④ Le-Chatelier의 공식 유도

문제6) 연소 범위 측정법

1. 연소 범위 측정방법

(1) 미국 광산국형 측정 장치(전파법)

① 실험장치 및 실험방법

- ㉠ 직경 5cm, 길이 125 ~ 150cm의 수직 유리관 내에 혼합가스를 채운 후 하부에서 1 ~ 25[mJ]의 에너지로 점화
- ㉡ 생성된 화염의 상단까지 전파될 때 폭발한 것으로 간주한다

② 특징

- ㉠ 물질에 따라 다양한 점화에너지가 필요하다
- ㉡ 측정에 긴 시간과 노력이 요구된다

(2) 일본 기따가와 연구실형 측정 장치(버너법)

① 실험장치 및 실험방법

- ㉠ 직경 5cm, 길이 10cm의 경질 유리제 원통에 혼합가스를 채운 후 베이클라이트 판의 뚜껑을 한 다음 불꽃방전으로 점화
- ㉡ 폭발과 함께 베이클라이트판이 떨어져 나가면 폭발 범위 내에 있는 것으로 간주한다

② 특징

- : 오차범위가 0.1% 이내로 우수하다

2. 연소범위 측정실험의 의미

(1) 화염확산

- ① 연소범위는 화염전파가 가능한 혼합기체의 조성범위로 간주한다
- ② 연소범위 밖에서 화염전파가 일어나려면 외부에너지가 필요하다

(2) 하부발화

- ① 상단에서 점화시킬 경우 화염의 확대범위는 좁아진다
- ② 화염전파가 가장 용이한 부분에서 측정하여 최악의 조건을 적용한다

(3) 직경 5cm의 의미

- : 실험장치의 관 벽으로의 열손실이 연소한계에 거의 영향을 미치지 않는 최소구경

3. 주요물질의 연소범위(상온기준)

- | | |
|------------------------|------------------------|
| ① 아세틸렌 : 2.5 ~ 81[%] | ⑤ 수 소 : 4 ~ 75[%] |
| ② 메 탄 : 5 ~ 15[%] | ⑥ 암모니아 : 15.5 ~ 28[%] |
| ③ 일산화탄소 : 12.5 ~ 74[%] | ⑦ 프 로 판 : 2.1 ~ 9.5[%] |
| ④ 부 탄 : 1.8 ~ 8.4[%] | ⑧ 에 틸 렌 : 3.1 ~ 32[%] |

문제7) 인화점 시험방법

1. 인화점의 개념

- ① 액면 위의 가연성 혼합기에 점화원을 가했을 때 발화될 수 있는 액체의 최저온도
- ② 인화점은 물질에 따라 그 값이 다르며 인화점에 따라 발화의 용이성을 구분한다

2. 인화점 시험방법

(1) 밀폐식(Close Cup)

① 태그(Tag)밀폐식

- ㉠ 인화점이 93°C 이하인 시료에 적용하는 시험방법
- ㉡ 약 50ml의 시료를 밀폐된 시료컵 속에 넣고 예상 인화점이 60°C 미만일 때는 매분 1°C의 승온속도로, 예상 인화점이 60°C 이상일 때는 매분 3°C의 승온속도로 서서히 가열한다
- ㉢ 적용 : 원유, 가솔린, 등유등

② 펜스키마르텐스(Pensky-Martens)밀폐식

- ㉠ 태그밀폐식을 적용할 수 없는 시료에 적용하는 시험방법
- ㉡ 약 70ml의 시료를 밀폐된 시료컵 속에 교반하면서 매분 5 ~ 6°C의 속도로 서서히 가열한다
- ㉢ 적용 : 원유, 경유, 중유, 전기절연유, 방청유등

(2) 클리블랜드개방식(Cleveland Open Cup)

- ① 인화점이 80°C 이상인 시료에 적용하는 시험방법
- ② 약 80ml의 시료를 시료컵에 넣고 매분 5 ~ 6°C의 승온속도로 서서히 가열한다
- ③ 2°C 마다 불꽃을 갖다 대어 인화하는 최저온도를 구한다
- ④ 적용 : 석유아스팔트, 유동파라핀, 방청유, 절삭유, 각종윤활유

3. 인화점 시험기

(1) 밀폐식 시험기

- ① 아벨(Abel)
- ② 아벨-펜스키 밀폐식(Abel-Pensky Closed Cup)
- ③ 펜스키-마르텐스 밀폐식(Pensky-Martens Closed Cup)
- ④ 태그 밀폐식(Tag Closed Cup)
- ⑤ 세타 밀폐식(Setaflash Closed Cup)

(2) 개방식 시험기

- ① 클리블랜드 개방식(Cleveland Open Cup)
- ② 태그 개방식(Tag Open Cup)
- ③ 펜스키-마르텐스 개방식(Penske-Martens Open Cup)
- ④ 세타 개방식(Setaflash Open Cup)

문제8) 발화점 측정방법(ASTM E659-78)

1. 발화점의 개념

- ① 발화점(온도)은 착화점이라고도 하며 가연성 혼합기체가 스스로 발화되는 최저온도
- ② 고체인 경우 시료의 모양이나 크기에 따라 다르고, 기체인 경우에는 공기(산소)와의 혼합비 또는 측정방법 등에 좌우된다

2. 발화점 측정방법(ASTM E659-78)

(1) 실험장치

: 액체 화학물질의 자연발화점 측정장치로서 ASTM E659-78(Standard Test Method for Autoignition Temperature of Liquid Chemicals)장치를 사용한다

(2) 구 성

- ① 온기로 난방(Furnace like Heating)
- ② 온도 조절기(Temperature Controller)
- ③ 실험용 플라스크, 병(Test Flask)
- ④ 피하 주사기(Hypodermic Syringe)
- ⑤ 반사경(Mirror)
- ⑥ 공기총(Air Gun) 등으로 구성

(3) 실험방법

- ① 실내온도, 기압, 시간, 습도를 기록한다
- ② 기준온도를 설정하고, 실험장치를 가열한다
- ③ 설정온도에 도달하면 플라스크 내부에 주사기로 시료를 0.1ml를 넣는다
- ④ 시료를 넣는 순간 Timer를 작동 시킨다
- ⑤ 10분 동안 관찰 후 발화가 일어나지 않으면 비발화로 간주하고 플라스크를 에어건으로 청소 후 다시 실험을 준비한다
- ⑥ 다시 온도를 설정한 후 10분전에 발화가 일어나면 설정온도보다 30°C 낮게 설정하고 3 ~ 5°C 혹은 10°C씩 증가시켜 측정한다
- ⑦ 발화지연시간을 2초미만 까지 측정한다
- ⑧ 발화가 일어났을 때 시간과 온도를 기록한다

※ 기출문제분석2(연소범위관련)

1. 연소한계와 연료농도, 온도의 영향을 설명하시오(68회,25점)
2. 연소한계를 설명하시오(36회,5점)
3. 가연성 한계가 큰 것과 작은 것 중 어느 것이 더 위험하나(42회,5점)
4. 연소 시 폭발을 일으킬 수 있는 온도의 증기농도를 무엇이라 하는가(43회,10점)
5. 인화점의 정의 및 폭발한계의 관계를 설명하시오(42회,20점)
6. 가연성가스와 지연성가스가 존재 시 즉시 폭발하는 것이 아니고 어떤 조건이 성립되어야 한다. 그 조건을 기술하시오(46회,25점)
7. 가연성 가스 및 증기의 연소(폭발)한계를 설명하시오(72회,10점)
8. 수소, 메탄, 프로판, 부탄, 에틸렌의 폭발범위를 기술하시오(61회,10점)
9. 가연성가스의 연소범위에 대하여 정의하고 연소범위의 측정방법 및 연소범위 측정값에 영향을 미치는 인자들을 기술하시오(82회,25점)
10. 연소 시에 산소에 농도를 적게 함으로써 폭발범위를 줄일 수 있는데 그 한계의 산소농도를 무엇이라 하는가(43회,10점)
11. Burgess-Wheeler(버게스-윌러)의 법칙에서 파라핀계 탄화수소의 폭발한계와 연소열의 곱은 일정하다. 이 값은 얼마인가(42회,5점)
12. 혼합기체의 연소하한 농도를 구하는 공식은 다음과 같은 르샤틀리 공식을 사용한다. 이 공식을 유도하시오(59회,20점)
13. 르샤틀리에 법칙을 설명하시오(53회,5점)
14. 위험물안전관리법의 4류 위험물을 기술하고 이를 판정하기 위한 시험방법을 설명하시오(85회,25점)

문제9) 최소발화에너지(MIE)

1. 개념

- ① 가연성 혼합기를 발화시키기 위한 최소에너지를 전기량으로 정량화한 점화원의 크기를 의미한다
- ② 최소 착화 에너지 = 최소 점화 에너지 = 최소 발화 에너지
(MIE : Minimum Ignition Energy)

2. 최소발화에너지의 크기

(1) 크기

$$MIE = \frac{1}{2} CV^2$$

여기서, MIE : 최소발화에너지 [$Joule$]

C : 콘덴서 용량 [F]

V : 전압 [$Volte$]

- (2) 최소발화에너지는 매우 작아서 $Joule$ 의 $\frac{1}{1,000}$ 인 [mJ]의 단위를 사용한다

3. 최소발화에너지에 영향 인자

- (1) 농도 : 가연성 혼합기의 농도가 양론 부근일 때 MIE 최소
- (2) 온도 : 온도가 높을수록 분자운동이 활발해져서 MIE 작아진다
- (3) 압력 : 압력이 높을수록 분자간의 거리가 가까워져 MIE 작아진다
- (4) 전기불꽃 : 전극의 형상은 구상보다 침상일 때 작아진다. 전극의 재료는 비점이 낮을수록 작아진다
- (5) 방전지속시간 : 시간이 짧을수록 MIE가 감소되지만, 너무 짧으면 에너지 손실로 증대된다
- (6) 전극간 거리 : 전극간 거리가 짧을수록 MIE가 감소되지만, 어떤 거리 이하로 짧아지면 아무리 큰 에너지를 가하여도 인화되지 않는다(소염거리)

문제10) 소염거리

1. 개념

- ① 전극간의 거리가 짧아질수록 최소발화에너지는 일반적으로 감소되나 일정한 거리 이내가 되면 MIE가 무한대로 된다
- ② 이러한 인화가 되지 않는 최대거리를 소염거리(Quenching Distance)라 한다

2. 최소발화에너지와 소염거리의 관계

- (1) 화염면 전체에서 얻어지는 에너지

$$H \cong l^2 \lambda \frac{(T_f - T_u)}{S_u}$$

여기서, H : 화염면 전체에서 얻어지는 에너지

l : 소염거리

λ : 화염 평균 전달율

T_f : 화염온도

T_u : 미연가스 온도

S_u : 연소속도

- (2) 발생원인(이유)

- ① 전극간 거리가 소염거리 이하가 되면 전극을 통한 발열이 증대되어 발열량보다 매우 커지기 때문에 인화가 되지 않는다
- ② 즉, 전극간 거리가 너무 가까워지면 전극 평판으로의 열손실이 증대되기 때문이다

3. 소염경

- ① 화염전파가 차단 가능한 최대구경
- ② 소염거리와의 관계
 - 소염거리(d_c) = 0.65 × 소염경(D_o)
 - 소염경(D_o) > 소염거리(d_c) > 최대안전틈새(MESG)
- ③ 소염경, 소염거리는 화염방지기나 내압 방폭구조의 원리

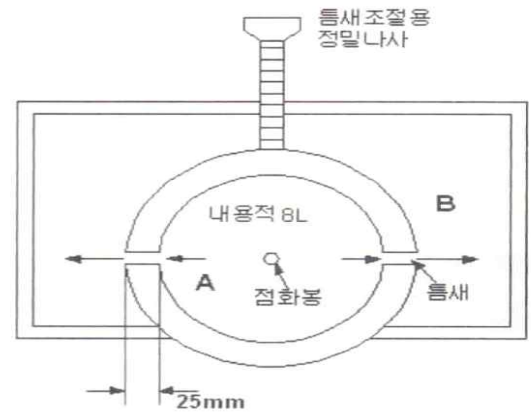
문제11) 화염일주한계

1. 개념

- ① 폭발성 분위기내에 방치된 표준용기의 틈새를 통하여 화염이 내부에서 외부로 전파되는 것을 막을 수 있는 틈새를 화염일주한계라 한다
- ② 폭발성 가스의 종류에 따라 다르며 내압 방폭구조와 관련이 있으며 IEC규격에서의 실험적 최대안전틈새를 MESG(Maximum Experimental Safe Gap)라 한다

2. 화염일주한계의 실험(IEC규격)

- ① 내용적 8ℓ, 틈새의 깊이 25mm인 표준 용기 내에서 점화봉에 의해 착화되어 폭발
- ② 발생한 화염이 용기 밖으로 전파하지 않는 최대값을 측정한다
- ③ 틈새는 상부의 틈새조절용 정밀나사로 조정한다



3. 폭발등급

(1) IEC표준시험결과

폭 발 등 급	IIA	IIB	IIC
화염일주한계[mm]	0.9 이상	0.5 ~ 0.9	0.5 이하
적 용 가 스	CO, CH ₄ , C ₂ H ₆ C ₃ H ₈ , C ₄ H ₁₀ 등	C ₂ H ₄ , HCN 등	H ₂ , C ₂ H ₂

(2) 폭발등급의 평가

- ① 화염이 통과하지 않는 틈새는 가스의 종류에 따라 그 값이 다르다. 즉, 그 값이 작을수록 위험한 가스라 할 수 있다
- ② 완전밀폐를 하지 않는 이유는 온도상승으로 인한 압력의 배출을 위해서 화염이 전파되지 않는 틈새를 두는 것이다

4. 화염일주한계의 응용

- ① 전기기구 등의 방폭구조 틈의 설계에 적용
→ 내압(內壓) 방폭구조
- ② 불꽃 방지기(화염 방지기, 역화방지기, Flame Arrester)

5. 화염일주한계와 소염거리의 차이

- ① 화염일주한계 → 화염의 전파를 나타내는 기준
- ② 소염거리 → 착화 유무를 나타내는 기준(건축법의 2mm이하의 금속망 설치)

※ 기출문제분석3(최소발화에너지관련)

1. 전기불꽃을 가하여도 점화되지 않는 최소한계 거리를 무엇이라 하는가(42회,5점)
2. 소염거리(Quenching Distance)를 설명하시오(60회,10점)
3. 화염일주한계 및 실험방법을 설명하시오(77회,10점)
4. 예혼합화염에 있어서 무염영역과 소염거리에 대하여 설명하고 이 원리를 이용한 화염방지기의 구조를 설명하시오(93회,25점)

문제12) 전기화재의 원인 및 대책

1. 정의

- ① 전기화재란 전기에너지를 열원으로 발생하는 화재를 말한다
- ② 전기 점화원의 주원인은 줄열 등에 의한 발열작용과 공기의 절연내력인 $3[\text{kV/mm}]$ 이 상시 불꽃을 수반하는 방전현상에 의해 발생한다

2. 전기화재의 원인별 분류

(1) 과전류

- ① 과전류에 의해 발열과 방열의 평형이 파괴되어 발화가 일어난다
- ② 줄(Joule)의 법칙 $\rightarrow Q = I^2 R t [\text{J}] = 0.24 I^2 R t [\text{cal}]$
- ③ 정격전류의 200 ~ 300%의 과전류이면 피복이 변질되고, 500 ~ 600%의 과전류이면 적열 후 용융한다

(2) 단락

- ① 부하가 접속되지 않은 상태에서의 전원만의 폐회로가 구성되는 것을 단락이라 함
- ② 단락 시 전류가 무한대로 흘러 발생한 스파크 등에 의해 주위의 인화성 물질에 착화한다

(3) 지락

- ① 단락전류가 대지로 통하는 것을 지락. 이때 흐르는 전류를 지락전류라 한다.
- ② 금속체 등에 자락될 때 불꽃, 목재 등에 전류가 흐를 때에는 발화현상이 발생한다

(4) 열적경과

- ① 방열이 잘 이루어지지 않는 전기기기의 열 축적에 의해 발화한다.
- ② 예를 들면 백열등의 장시간 점등 시 가연성 천장의 발화 등

(5) 접속부 과열

- ① 전기적 접촉상태가 불완전할 때 접촉저항에 의한 발열에 의해 발화한다.
- ② 아산화동 발열현상과 접촉저항에 의하여 발화한다.

(6) 누전

- ① 전선, 전기기기의 절연이 파괴되어 전류가 대지 또는 규정된 전로를 이탈하여 전기가 흐르데 이를 누전이라 한다.
- ② 허용누설전류 $\leq$ 최대정격전류/2,000
 $\rightarrow$ 통상적인 누설전류 500mA 이상

(7) 스파크

- ① 전기적 관성력에 의한 아크소호(Arc Quenching), 공기절연내력에 의한 스파크(Spark)에 의해 발화한다.
- ② 분진 등에 가연성 혼합기가 상존하는 장소에서는 폭발한다.

(8) 절연열화 또는 탄화

- ① 배선기구의 절연체등이 시간경과에 따라 절연성이 저하되거나, 미소전류에 의한

국부 발열과 누전으로 발화한다

② 트래킹(Tracking)현상과 가네하라 현상

(9) 정전기

: 정전기 스파크에 의하여 가연성가스에 인화하는 경우가 대부분으로 위험이 가장 크며 다음 조건이 만족되어야 한다

- ① 가연성가스 및 증기가 폭발한계 내에 있을 것
- ② 정전기 스파크의 에너지가 가연성가스 및 증기의 최소발화에너지 이상일 것
- ③ 폭발분위기를 착화시키기 위한 충분한 방전에너지를 방출하는 정전기 방전일 것

(10) 낙뢰

- ① 낙뢰 시에는 수 만[A]이상의 전류가 흐르게 되므로 절연이 파괴되고 발화한다
- ② 낙뢰는 산불의 주요원인이다

3. 전기화재의 대책

(1) 보호 장치

① 과전류 차단기 사용

- ㉠ 기중차단기 : 600[V]이하 사용, Arc를 공기 중 자력 소호
- ㉡ 배선용차단기 : AC 600[V]이하, DC 250[V]이하 옥내전로에 사용
- ㉢ 누전차단기 : 사람접촉이 쉽고 사용전압 60[V]초과 장소
- ㉣ 아크차단기 : 열 센서, 자기센서를 이용(작은 Arc에 동작)
- ㉤ 소전류차단기 : 0.3[A]정도의 극히 작은 전류에 동작, Circuit Protector(CP)
- ㉥ 퓨즈 : 과전류 시 용단, 동작시간이 길어 기기내부에 주로 사용

② 누전경보기 사용

: 사용전압 600[V]이하인 경계전로의 누설전류 또는 지락전류를 검출하여 관계인에게 경보를 발하는 설비

③ 가스누설경보설비 사용

: 연료용 가스 또는 자연적으로 발생하는 가연성 가스의 누설을 탐지하여 이를 관계자들에게 경보하고 차단하는 설비

(2) 접지(Earthing) 및 본딩(Bonding)

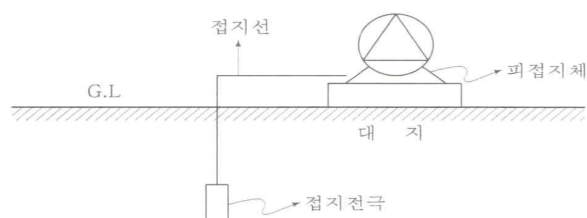
- ① 전류를 안전하게 대지로 방출시키는 것(접지저항 값이 중요)
- ② 단자 등의 충전부 보호커버 설치

(3) 점검 및 보수

: 배선, 전기기기, 지지물 등의 정기적인 절연저항 등 체크

(4) 절연성 향상

: 전기용품 안전 관리법에 의한
KS품질 보증제로 품질향상 실현



문제13) 과전류에 의한 화재발생 Mechanism

1. 개요

- ① 전선의 허용 전류를 초과한 전류(정격전류)를 과전류라 하며 전류의 발열작용인 줄열과 방전이 수반되는 불꽃에 발화한다
- ② 즉, 과부하 또는 전기사고 등에 의해 발생된 줄열이 발열과 방열의 균형을 깨어 발화하게 된다

2. 과전류에 의한 화재발생 Mechanism

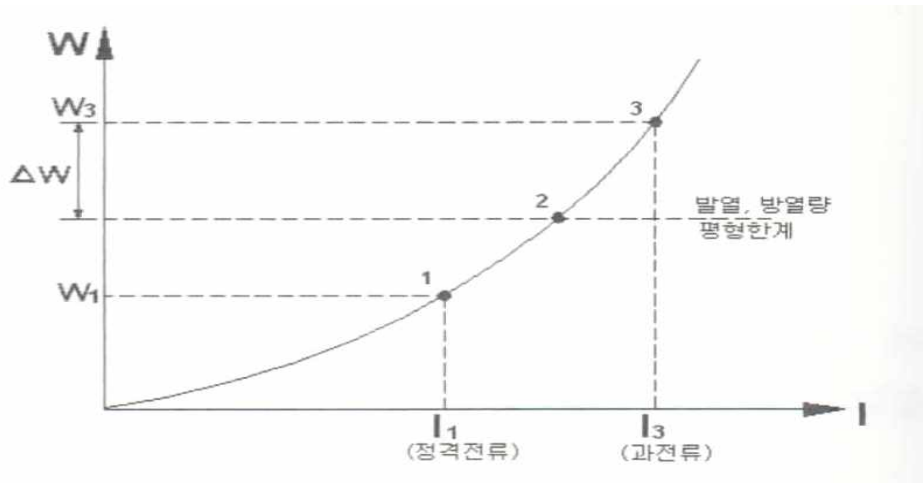
(1) 전류증가에 의한 발열량 증가

① 줄(Joule)의 법칙

→ $Q = I^2 R t [J] = 0.24 I^2 R t [cal]$ 만큼의 줄열이 발생한다
(Q : 발열량, I : 전류, R : 저항, t : 시간)

② 발열량(Q)과 전류의 관계

- ㉠ 도체에 전류가 흐르면 줄열이 발생
- ㉡ 발열량은 전류의 2승과 도체저항의 곱에 비례하여 발생



(2) 열 축적에 의한 화재발생

- ① 발열량의 열 축적에 의해 과열되면 절연피복의 용융 또는 주위 가연물에 대해 열원 역할을 하게 되어 발화를 한다
- ② 정격전류의 200 ~ 300[%]정도 과전류가 되면 피복이 변질되고, 500 ~ 600[%]정도 과전류가 되면 적열 후 용융 연소한다

3. 과전류 화재의 예방대책

문제14) 단락에 의한 화재발생 원인과 대책

1. 개요

- ① 전선의 절연이 파괴되면 부하가 접속되지 않은 상태로 전원만의 폐회로가 구성되는데 이를 단락 또는 합선이라고 한다
- ② 단락 시에는 부하가 없어 저항이 0이 되므로 옴(Ω)의 법칙에 따라 전류가 무한대로 되어 발화원이 된다

2. 단락의 발생원인

(1) 내적인 원인

- ① 과전류에 의한 피복의 손상
: 중량물, 스테이프 고정, 전선을 밟거나 잡아당기는 등의 원인으로 절연이 파괴되어 단락이 발생된다
- ② 접촉불량 등의 국부발열에 의한 절연열화
: 비틀림 접속부 및 빈번한 굴곡에 의한 반단선 부분 등의 접촉 불량에 의해 전선이 국부적으로 발열하여 절연열화 되어 단락이 발생된다

(2) 외적인 원인

- ① 기계적인 외력 및 피복손상
: 전선 등의 외부에서 가해지는 기계적인 외력에 의한 피복손상으로 발생된다
- ② 화재열등에 의한 외부 열
: 화열이나 전열기 등의 열에 의해 피복이 녹아 절연이 파괴되어 단락이 발생된다

3. 단락에 의한 발화 Mechanism

(1) 단락전류 발생

- ① $I_s = \frac{I_N}{\%Z} \times 100[\%]$ 로 단락전류 계산
→ %Z에 의해서 단락전류의 크기는 좌우된다
- ② 단락사고 시 단락전류는 %Z에 의존한 만큼 증가한다(대 전류)

(2) 공기절연파괴

- ① 저압의 Arc는 공기의 절연에 소실되지만 공기절연내력인 3[kv/mm]이상 시 공기가 이온화된다(공기절연파괴→도전로 형성)
- ② 공기가 도전로가 되어 방전경로가 된다

(3) 방전현상 발생

- ① 불꽃 등의 형태인 방전현상이 발생되어 주변에 인화성물질이 있는 경우 발화원이 된다
- ② 단락에 의한 출화는 출화부 부근이 국부적으로 깊게 타들어가고 무염연소에 의한 출화의 형태가 많다

4. 단락에 의한 발화 예방대책

(1) 보호 장치

- ① 과전류차단기 사용
- ② 누전경보기 사용
- ③ 가스누설경보설비 사용

(2) 접지(Earthing) 및 본딩(Bonding)

(3) 점검 및 보수

(4) 절연성 향상(케이블 허용 단면적 계산)

$$\rightarrow S = \frac{I_s \sqrt{t}}{134} [mm^2]$$

여기서, S : 케이블 허용 단면적

I_s : 단락전류

t : 단락지속시간

※ 기출문제분석4(전기화재관련)

1. 출화 경과에 의한 전기화재의 원인 10가지를 설명하시오(61회,10점)
2. 전기화재 발생의 메카니즘(Mechanism)을 설명하시오(72회,10점)
3. 전기화재의 주요 원인 중 5가지를 열거하고 설명하시오(72회,10점)
4. 전기화재의 대표적인 사례를 들고 원인, 상황, 방화대책을 기술하시오(45회,20점)
5. 전기화재의 발생 메카니즘 및 전기화재의 주요원인에 대하여 설명하고 전체화재에 대한 전기화재의 점유율이 30%를 넘는 국내의 전기화재 발생을 감소시킬 수 있는 대책에 대하여 기술하시오(77회,25점)

※ 기출문제분석5(과전류관련)

1. 과전류에 의한 화재 발생 메카니즘을 설명하시오(80회,10점)
2. 과전류를 설명하시오(50회,5점)
3. 과전류에 대하여 기술하시오(69회,10점)
4. 과전류와 단락에 의한 화재 발생 메카니즘과 예방대책을 설명하시오(87회,25점)
5. 줄(Joule)열과 주울의 법칙에 대하여 기술하시오(84회,10점)
6. 지락을 설명하시오(50회,5점)

문제15) 누전에 의한 화재발생 Mechanism

1. 개요

- ① 누전은 전류의 통로외의 곳으로 전류가 흐르는 현상으로 누전화재는 전류가 다른 물체로 흘러 이를 발열시킴으로써 발생된다
- ② 누설전류는 평상시 누설되는 전류로 고장 시 통상 500[mA]이상의 전류를 누전전류로 본다

2. 누전화재 Mechanism(누전의 3요소 관점)

(1) 누전점(전류의 유입점)

- ① 저압누전의 경우
 - ㉠ 전선이 늘어져 장시간 경과되어 전선의 절연부가 벗겨지거나 전선이 문틈에 끼여 손상되어 노출된 동선을 통해 누전
 - ㉡ 전선이 금속 조영재에 직접 접촉하는 것이 아니라 다른 금속재나 유기물의 흑연화 부분을 경유하여 누전하는 경우도 있다
 - ㉢ 누전점이 누전차단기보다 전원 측에 위치할 경우에는 누전차단기가 작동하지 않을 수도 있다
- ② 고압누전의 경우
 - ㉠ 변압기 2차 측 등과 같은 고압부의 누전에 의한 발화
 - ㉡ 전압이 높아 불량 도체인 목재 등에 전류가 흘러 발화하며 특히 비에 젖은 목재는 발화 위험이 크다

(2) 발화점(출화점, 발화장소)

- ① 누설전류가 누전경로를 따라 흐르다가 저항(R)이 가장 큰 지점에서 과열되어 발화되는 지점이다
- ② 누설전류가 비교적 집중할 수 있는 부분(저항이 큰 부분)
 - ㉠ 금속관과 몰탈의 접촉부
 - ㉡ 못으로 고정한 함석판의 맞닿는 부분
 - ㉢ 몰탈의 이음매
- ③ 발화점의 발생 발열량은 $P = I^2 R[W]$ 만큼 전류의 2승과 저항에 비례하여 발생

(3) 접지점(전류의 유출점)

- ① 접지물로 전류가 흘러들어오는 지점
- ② 누설전류가 이동한 경로를 확인하여 화재원인 등의 조사에 활용된다

3. 누전화재 조사의 방법

- ① 누전에 의한 화재로 판단되는 경우에는 우선 전선의 절연이 파괴되어 누전이 시작된 누전점을 찾는다
- ② 누설전류가 흘러 들어간 접지점을 확인하고 누전점과 접지점 사이에 전류가 흐른

경로 중의 어딘가에 발화점을 찾고

- ③ 이 발화점으로부터 화재가 확대되어간 경로를 추정한다

4. 누전차단기

(1) 누전차단기의 설치 목적

- ① 감전보호
- ② 누전 화재 보호
- ③ 전기설비, 전기기기의 보호
- ④ 기타 다른 계통으로의 사고 파급 방지 등

(2) 누전차단기의 종류

: 누전차단기는 그 보호기능 또는 정격사항 별로 여러 종류로 분류된다

① 보호목적에 따른 종류

- ㉠ 지락보호 전용
- ㉡ 지락보호 및 과부하 보호 겸용
- ㉢ 지락보호, 과부하보호 및 단락보호 겸용

② 동작시간에 따른 종류

- ㉠ 고속형 ㉡ 시연형 ㉢ 반한시형

③ 감도에 따른 종류

- ㉠ 고감도형 : 정격감도전류가 30[mA] 이하
- ㉡ 중감도형 : 정격감도전류가 30[mA]를 넘고 1[A] 이하
(50, 100, 200, 300, 500, 1000mA)
- ㉢ 저감도형 : 정격감도전류가 1[A]를 넘고 20[A] 이하(3, 5, 10, 20A)

(3) 누전차단기 설치방법

- ① 사람의 접촉이 쉽고 사용전압 60[V]초과 장소
- ② 설치장소 : 배전반 또는 분전반 내에 설치(원칙)
- ③ 용량 : 부하 전류값 이상
- ④ 감도 : 정격감도전류는 불필요한 동작이 되지 않게 설치
- ⑤ 방수형 변류기 : 옥외에 사용 시
- ⑥ 적색 표시를 할 것

(4) 누전차단기 설치장소

※ 반드시 누전차단기를 부설해야 할 장소

- ① 사람이 접촉하기 쉬운 장소의 60[V]초과 전압의 금속제 외함을 가지는 전기기계, 기구
- ② 특 고압 및 전로 변압기에 결합되는 대지전압 300[V]를 초과하는 저압전로
- ③ 주택 옥내에 시설하는 전로의 대지전압이 150[V]를 넘고 300[V]이하인 경우 (저압전로의 인입구)
- ④ 화약고 내의 전기공작물에 전기를 공급하는 전로(화약고 이외의 장소에 설치)
- ⑤ Floor heating 및 Load heating 등으로 난방 되는 결빙방지를 위한 발열선 시설

의 경우

- ⑥ 전기 온상 등에 전기를 공급하는 경우(발열선을 공중에 시설하는 경우는 제외)
- ⑦ 풀용 수중조명등, 기타 이에 준하는 시설에 절연변압기를 통하여 전기를 공급하는 경우(절연변압기 2차측 전로의 사용전압이 30[V]를 초과하는 것)
- ⑧ 대지전압 150[V]를 넘는 가반형 전동기기를 도전성 액체로 인하여 습기가 많은 장소에 시설하는 경우

※ 권장되는 장소

- ① 습기가 많은 장소에 시설하는 전로
- ② 옥외 시설 전로로 사람이 닿기 쉬운 장소에 시설하는 전로
- ③ 건축공사 등으로 가설한 선로
- ④ 아케이드 조명설비
- ⑤ 가공전선에 전기를 공급하는 장소

문제16) 누전경보기

1. 개요

- ① 누전경보기라 함은 내화구조가 아닌 건축물로서 벽, 바닥 또는 천장의 전부나 일부를 불연재료 또는 준불연재료가 아닌 재료에 철망을 넣어 만든 건물의 전기설비로부터 누설전류를 탐지하여 경보를 발하며 변류기와 수신부로 구성된 것을 말한다
- ② 누전경보기는 600[V] 이하인 경계전로의 누설전류를 검출하여 당해 소방대상물의 관계자에게 경보를 발하는 설비로서 누설전류를 검출하는 변류기(CT), 변류기로부터 검출된 신호를 수신하여 누전의 발생을 당해 소방대상물의 관계자에게 경보하여 주는 수신부로 구성되어 있다

2. 설치대상 및 기준

(1) 설치대상

: 계약 전류 용량이 100[A]를 초과하는 장소(가스시설, 지하구 또는 지하가중 터널 제외). 단, 아크경보기 또는 지락차단장치를 설치한 경우에는 설치가 면제된다

(2) 설치기준

① 정격전류 60[A] 초과 : 1급 누전경보기

정격전류 60[A] 이하 : 2급 누전경보기

② 변류기

㉠ 변류기는 옥외인입선의 제1지점의 부하측 또는 제2종 접지선측의 점검이 쉬운 위치에 설치할 것. 부득이한 경우에는 인입구에 근접한 옥내에 설치할 수 있다

㉡ 변류기를 옥외에 설치할 경우에는 옥외형의 것으로 설치할 것

③ 수신부

㉠ 옥내의 점검이 편리한 장소에 설치하되, 가연성 증기, 먼지 등이 체류할 우려가 있는 장소의 전기회로에는 차단기구를 가진 수신부를 설치할 것

㉡ 누전경보기의 수신부는 가연성 증기의 체류장소, 다습, 온도변화가 큰 장소, 고주파 등에 영향을 받을 우려가 있는 장소 등에 설치하지 않을 것

④ 음향장치

: 수위실 등 상시 사람이 근무하는 장소에 설치하고, 그 음량 및 음색은 다른 기기의 소음 등과 구분될 수 있을 것

⑤ 전원 : 전기사업법 제67조의 규정 외에 다음의 기준을 따를 것

㉠ 전원은 전용회로로 하고, 각 극에 개폐기 및 15[A] 이하의 과전류 차단기를 설치할 것

㉡ 전원의 분기시에는 다른 차단기에 의해 전원이 차단되지 않도록 할 것

3. 누전경보기의 구성

(1) 변류기

- ① 경계전로의 누설전류를 자동적으로 검출하여 이를 누전경보기의 수신부에 송신하는 것이다
- ② 환상형 철심에 검출용 2차 코일을 감은 것이다. 변류기 내부를 통과하는 전선에 흐르는 전류가 같지 않을 경우에는 전압이 유기되어 누전을 검출하게 된다

(2) 수신부

- ① 변류기로부터 검출된 신호를 수신하여 누전의 발생을 당해 소방대상물의 관계인에게 경보하여 주는 것이다(차단기구를 갖는 것을 포함)
- ② 수신부는 누설전류에 의하여 유기된 전압을 수신하여 계전기를 동작시켜 음향장치가 경보를 발할 수 있도록 증폭시켜 주는 역할을 한다
- ③ 수신부에는 차단기구, 증폭기, 시험장치, 음향장치 등이 설치되어 있다

(3) 차단기구

: 경계전로에 누설전류가 흐르는 경우 이를 수신하여 그 경계전로의 전원을 자동적으로 차단하는 장치이다

(4) 증폭기

- ① 누전경보기의 감도를 높이기 위해서는 미소한 전류의 차이도 검출해야 한다. 증폭기는 누설전류에 의한 미소한 유기전압을 증폭하기 위한 것이다
- ② 수신부 증폭기의 동작방식
 - ㉠ 트랜지스터나 매칭트랜스를 조합하여 계전기를 동작시키는 방식
 - ㉡ 트랜지스터나 I.C로 증폭하여 계전기를 동작시키는 방식
 - ㉢ 트랜지스터 또는 I.C나 미터릴레이를 증폭하여 계전기를 동작시키는 방식

(5) 시험장치

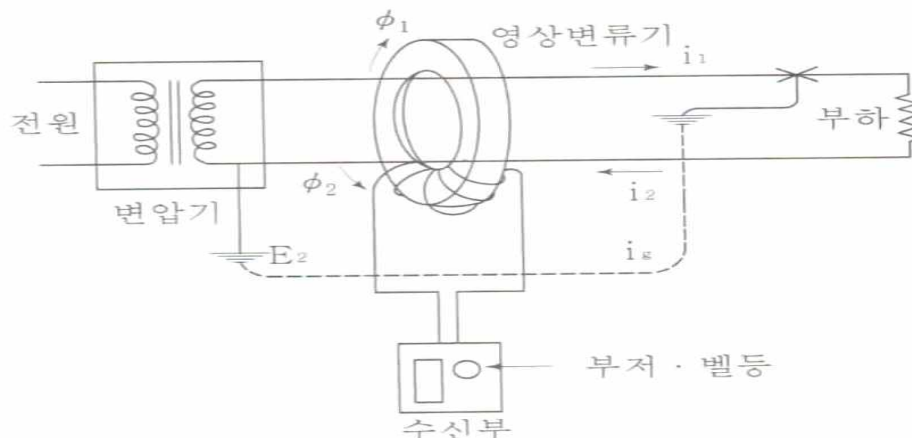
- ① 도통시험 : 수신부와 영상변류기 사이의 외부배선의 단선유무 시험
- ② 동작시험 : 누설전류 검출시험

(6) 음향장치

: 음향장치는 수신기에 내장시키는 것과 별도로 설치한 것이 있다

4. 누전경보기의 작동원리

(1) 단상식



① 누설전류가 없는 경우

㉠ 회로에 흐르는 왕로전류 I_1 과 귀로전류 I_2 는 같고(즉, $I_1 = I_2$)

㉡ 왕로전류 I_1 에 의한 자속 Φ_1 과 귀로전류 I_2 에 의한 자속 Φ_2 는 $\Phi_1 = \Phi_2$ 가 되어 서로 상쇄하고 있다

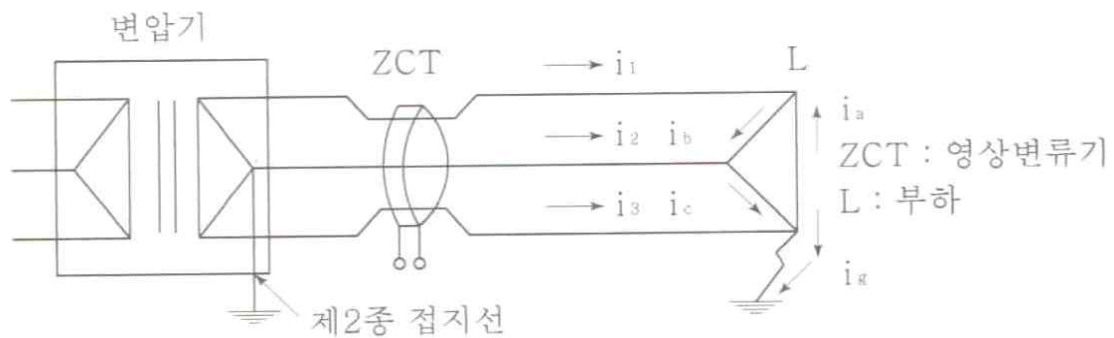
② 누전이 발생하여 누설전류 I_g 가 흐를 경우

㉠ 왕로전류는 I_1 이 되고 귀로전류는 왕로전류 I_g 보다 작은 $I_1 - I_g$ 가 된다

㉡ 누설전류 I_g 에 의한 자속 Φ_g 가 생기게 되어 변류기에 유기전압을 유도시킨다 ($\Phi_2 = \Phi_1 - \Phi_g$)

㉢ 변류기에서 발생된 유기전압이 수신기까지 연결된 수신부에 전달되어 경보를 발하여 누전이 발생하였음을 알린다

(2) 삼상식



① 누설전류가 없을 경우

: $I_1 = I_b - I_a$, $I_2 = I_c - I_b$, $I_3 = I_a - I_c$

즉, $I_1 = I_2 = I_3 = 0$ 이 된다

② 누전이 발생된 경우

㉠ $I_1 = I_b - I_a$, $I_2 = I_c - I_b$, $I_3 = I_a - I_c + I_g$

즉, $I_g = I_1 + I_2 + I_3$ 가 된다

㉡ 누설전류 I_g 에 의한 자속 Φ_g 가 생기게 되어 변류기에 유기전압을 유도시킨다

㉢ 변류기에서 발생된 유기전압이 수신기까지 연결된 수신부에 전달되어 경보를 발하여 누전이 발생하였음을 알린다

문제17) 트래킹(Tracking)현상

1. 흑연화(Graphite)

(1) 개념

- ① 유기절연물이 전기불꽃에 장시간 노출되어 절연체 표면에 작은 탄화 도전로가 생성되는 현상
- ② 무정형 그물구조 → 고에너지(탄소재료는 2,000°C 이상) → 층상형 그물구조(도전로)

(2) 메카니즘(Mechanism)

- ① 절연체의 경년변화
- ② 고에너지에 의한 방전현상 발생
- ③ 흑연화(Graphitization)
- ④ 도전로 형성

2. 트래킹(Tracking)

(1) 개념

- ① 트래킹은 표면 간의 방전에 의해, 흑연화 현상은 전기 불꽃에 의해 발생된다는 점이 다르며, 유기절연물의 탄소가 흑연화 된다는 점은 같다
- ② 전압이 인가된 이극 도체간의 고체절연물 표면에 먼지 등 이물질이 부착되면 그 부착 표면사이에 소규모 방전이 발생된다
- ③ 소규모 방전이 반복되면 표면에 점차 도전성의 통로(Track)가 형성되는데, 이러한 현상을 트래킹(Tracking)이라 한다

(2) 메카니즘(Mechanism)

- ① 절연물 표면 오염
: 절연재료 표면이 습기, 무기질, 섬유질, 가스 등에 의해 오염되어 도전로가 형성
- ② 도전로의 분단과 미소발광방전
: 연면전류가 흘러 도전로가 건조대로 형성됨에 따라 전위차로 인한 미소한 발광방전이 발생
- ③ 트래킹(Tracking)형성
: 미소한 발광방전의 반복으로 도전성 Track이 지속적으로 형성
결국, 단락에 의한 절연파괴가 발생

(3) 트래킹의 입증(화재 조사)

- ① "전기테스터기"로 통전로의 저항을 측정하여 통상 10 ~ 20[Ω] 정도
- ② 소화수에 의한 저항변화에 주의할 것

3. 가네하라현상

- ① 일본의 전기 과학자 가네하라 교수가 규명한 전기화재원인의 일종
- ② 콘센트, 덤블러 스위치 등 전기기구의 절연체가 탄화되는 현상(최근 아연도금)

문제18) 아산화동 발열현상

1. 개념

- ① 전기적 접촉상태가 불완전할 때의 접촉저항에 의한 발열에 의하여 발화원인이 된다
- ② 동선과 단자의 접속부분에 접속불량이 발생하면 접촉부의 동이 산화, 발열하여 주위의 동을 용해시키면서 아산화동이 증식되는 현상

2. 아산화동 발열 Mechanism

(1) 접속불량 발생

- ① 접촉부의 동이 산화되어 아산화동이 증식
- ② $\text{Cu} + \text{O} \rightarrow \text{CuO}$

(2) 아산화동 발열현상

- ① 상온에서 수십 $\text{k}\Omega$ 의 전기저항
- ② 온도상승에 의해 저항이 급격히 저하 된다
- ③ 약 $1,050^{\circ}\text{C}$ 부근에서 약 3Ω 으로 최저가 된다
- ④ 동이 녹는점은 $1,080^{\circ}\text{C}$ 정도로 고온부의 온도($1,050^{\circ}\text{C}$)와 비슷하므로 고온부 주위의 동이 녹아서 산화되면서 아산화동이 증식된다

(3) 발화

: 고온부의 열에 의한 가연물의 발화

3. 접촉저항을 저감시키는 방법

- ① 접촉압력 및 접촉면적을 크게 한다
- ② 고유저항이 낮은 재료를 사용한다
- ③ 접촉면을 청결하게 유지한다
- ④ 접촉단자는 쉽게 부식되지 않는 재료를 사용한다

※ 기출문제분석6(누전화재관련)

1. 소방시설용 누전경보기의 작동원리와 주요 구성요소를 설명하시오(86회,10점)
2. 누전경보기의 종류, 설치대상, 설치기준 및 작동원리를 설명하시오(61회,25점)
3. 누전경보기의 작동원리를 단상식과 3상식으로 구분하여 설명하고 시공 상의 주의사항에 대하여 기술하시오(77회,25점)
4. 전류 동작형 누전차단기와 전압 동작형 누전차단기에 관하여 비교 설명하시오(72회,25점)
5. 내선규정에서 정한 누전차단기의 시설방법을 설명하고 누전에 대하여 발생한 전기화재의 조사방법에 대하여 기술하시오(89회,25점)
6. 전기화재를 예방하는 과전류차단기의 종류 5가지를 기술하고 차단기 설치장소의 조건에 대하여 설명하시오(90회,10점)
7. 전기화재 주요 원인 가운데 접속부의 접촉 불량 사고와 전선의 소손발생시, 누전차단기(ELB)와 과전류차단기(MCCB)의 작동불능 근본사유에 대하여 설명하시오(72회,25점)
8. 트레킹(Tracking)현상을 설명하시오(56회,10점)