

전기설비의 검사, 점검 및 시험 ⑤

한국공항공사/ 전력시설부장 권 순 구
 삼화EOCR(주)/ 마케팅이사 김 기 옥
 (주)기술사사무소 금풍엔지니어링
 대표이사/ 기술사 이 규 복

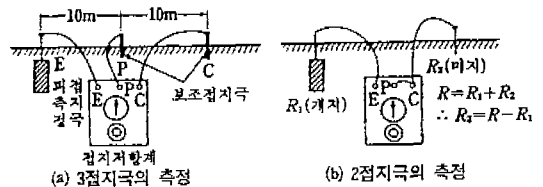


목 차

1. 일반적사항
 - 1 ~ 6 생략
2. 전기설비점검과 측정의 실무
 - 1 ~ 8 생략
3. 전기설비의 측정방법과 판정
 - 1 접지저항측정
 - 2 절연 저항 측정
 - 3 누설전류의 측정
 - 4 고압회로의 전류측정 및 온도상승측정
 - 5 조명설비조도의 측정
4. 전기기기의 시험방법과 판정
5. 특고압차단기 및 보호계전기 점검, 시험
6. 전기설비의 이상상태 확인
7. 시험, 측정 기구류와 공구류

가. 접지저항계에 의한 측정

이는 일반적인 방법이다. 전지식에서는 <그림 1.2(a)> 와 같이 피측정 접지극 E 및 보조접지극 P와 C를 일치선상에 각각 10m 이상 떨어뜨려 설치한다 (다소 같지 않아도 된다). 1극의 저항치를 알고 있으면, <그림 1.2(b)>와 같이 그 극을 E로 하고, 접지저항계의 P와 C의 단자를 단락하여, 이에 피측정 접지극을 접속하여 측정할 수 있다. 또 콘크리트 바닥면일 때는 가는 눈금의 철망을 바닥면에 밀착시켜, 이에 물을 부어 보조극 P와 C로서 측정할 수 있다.



<그림 1.2> 접지저항에 의한 측정

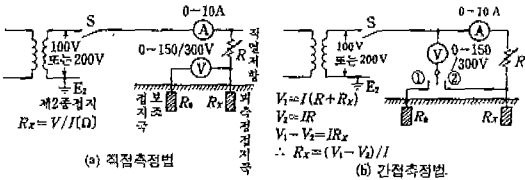
나. 전압강하법에 의한 측정

(1) 직접 측정법

보조극 1개를 만들어, 제3종 접지 저항을 측정하는 방법으로 피접지 저항 R_x 이 크다고 판단될 때 회로에 적당한 전류를 흘려 R_x 의 전압강하 V 를 직접 측정하여 구한다 <그림 1.3(a)>

(2) 간접 측정법

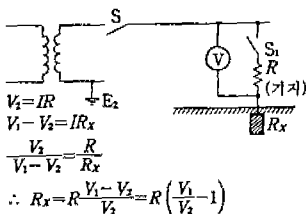
접지저항 R_x 이 적고, 전압강하의 측정이 곤란한 때 회로에 적당한 전류를 흘려 S 를 ①측에 넣어 대지전압 V_1 을 읽고 다음에 S 를 ②측에 절체하여 직렬저항 전압 V_2 를 읽으면 R_x 의 전압강하는 $V_1 - V_2$ 로서 간접적으로 구하여진다 <그림 1.3(b)>



<그림 1.3> 전압강하법에 의한 측정

(3) 가장 간단한 접지저항 측정법

전압계 1개와 기지저항 (10Ω 내의) 1개를 이용하여 <그림 1.4>와 같이 접속하여 적당한 전류를 흘려 S_1 를 열었을 때의 전압 V_1 과 S_1 를 닫았을 때의 전압 V_2 에 의하여 R_x 의 전압강하가 구하여진다.



<그림 1.4> 간이 측정법

다. 접지공사의 종류와 접지 저항치 <표 1.14>에 기재하는 값 이하로 유지한다.

<표 1.14> 접지 저항치

종 류	접지 저항치	비 고
제1종 접지공사	10Ω 이하	전기에 산출방법 명기
제2종 접지공사	전력공사에서 계산한 허용치에 의한	
제3종 접지공사	100Ω 이하	저압전로에서의 당해 전로에 전기가 생겼을 때에 0.5초 이내에 자동적으로 전로를 차단하는 장치를 시설할 때는 500Ω 이하
특별 제3종 접지공사	10Ω 이하	

2. 절연 저항 측정

전로 및 기기 등은 사용하는 사이에 오손 기타의 원인으로 절연성능이 저하된다. 소위 절연노화가 진행하면, 결국은 누전 등의 사고가 발생하여 화재 기타의 중대사고가 야기될 우려가 있다. 특히 근년 발생건수가 많은 고압 CV 케이블의 수트리에 의한 절연 파괴는 G대 PAS (지락 보호장치부 주상기 중 개폐기)가 되어 있지 않을 때는 반드시 파급사고가 되니까 이들의 사고의 미연방지를 위하여는 절연 노화진단이 불가피하고 또 중요하다.

이하, 고압 및 저압으로 나누어 각기의 절연저항 측정 및 절연 진단에 대하여 기술한다.

가. 고압전로 및 기기와 절연저항 측정

고압의 절연 노화 진단에서는 하나의 시험 결과만으로 노화 판정을 하는 것은 곤란하니까 일반적으로는 수종의 시험결과로 총합적인 판단을 하는 방법이 취하여지고 있다.

절연진단 방법에는 각종의 것이 있어, 그 특징과 적용범위 등을 <표 1.15>에 표시한다. 이들은 모두 비파괴 시험이나 파괴시험 으로서는 교류 단시간 전압파괴시험, 교류 장시간 전압파괴시험 및 임펄스 파괴시험 등이 있다. 본항에서는 일반적으로 실시되고 있는 절연저항측정, 고전압절연저항계 및 직류누설전류시험을 들기로 한다.

〈표 1.15〉 절연진단 방법의 특징과 적용범위

진단방법	장 소	단 점	적용범위	비 고
절연저항계 (1000V, 2000V)에 의한 절연저항 시험	① 취급이 간단, 숙련 불필요 ② 단시간에 측정 가능 ③ 절대치가 노화의 개략치가 된다.	미소한 노화는 검출 불가능	케이블 등의 전로 및 기기류에 광범위하게 사용된다.	케이블의 절두 비율의 단선 또는 부식 등의 조사가 가능
고전압 절연 저항계 (5000V, 1000V)에 의한 절연 저항	① 취급이 간단, 숙련 불필요 ② 단시간에 측정 가능 ③ 절대치가 노화의 개략치가 된다.	외부 유도를 받아 오차가 나기 쉽다.	상 등	
직류 누설전류 시험	① 고전압인가가 되고 측정값이 높다. ② 흡습 노화검출에 효과가 크다. ③ 측정실적이 많고 신뢰성 크다.	측정 및 준비에 시간이 걸린다 (7드 전극 설치 공구중 방전방지)	상 등	누설전류치에 의하여 절연저항, 상극비, 약점비 및 불평균율을 구한다.
우전제 시험 (tan δ)	전장적인 흡수, 일, 약품에 의한 노화의 검출에 효과	장치가 크다 국부적 노화는 검출 불가능 외부 유도를 받기 쉽다.	상 등	① 3.3kV 3심 케이블에는 적용 안된다. ② 3.3kV 단심 케이블에는 참고 정도 ③ 6.6kV 이상의 케이블에는 적용 가능
부분방전(코로나) 시험	① 외상 또는 열 사이클로 발생한 보이드상 결함의 검출 가능 ② 접지부의 연면 결합 검출 가능	① 수련을 요한다. 장치가 크다 외부 노이즈가 들어오기 쉬워 회로 조건의 검토요	상 등	① 3.3kV 이하의 케이블에는 부적합 ② 6.6kV 이상 케이블에 적용
전류전압시험	도체직경, 적연 두께, 길이에 의존하지 않는다.		전케이블에 적용	
역전류시험	노화의 정도를 Q/C라는 양으로 수치화 할 수 있다.	① 국부적인 노화를 아는 것이 어렵다. ② 환경의 영향이 크다.	상 등	또 운용실적이 적으나 새로운 방식으로 장래가 유망시되고 있다.
직류충전법 (할선화) 시험	할선화 상태로 무정전인 채 측정한다.	메이커에 따라서는 GPT가 필요하므로 일반적으로는 적합치 않다.	상 등	

사용하여 측정하는 것으로 가장 간단한 방법이다. 그러나 고압일 때는 그 절연 저항치와 절연 파괴전압을 수치적으로 관련시키는 것은 곤란하기 때문에 절연 저항치는 하나의 개략 목표치로서의 의미밖에 없다는 것을 알아둘 필요가 있다. 단, 절연 저항치는 온도·습도 등의 기상조건과 피측정물이 시험전에 놓여진 상태 (측정전에 우천일 때)에도 크게 좌우되기 때문에 이들의 조건도 고려하여야 한다.

가 절연 저항계의 종류 : 〈표 1.16〉에 표시한다.

나 절연 저항계에 의한 측정의 포인트 : 고체 절연물에 직류 전압을 인가하면 〈그림 1.5〉와 같이 그 정전용량에 상당하는 충전 전류가 순간적으로 흐르고 다시 일정한 누설전류 외에 점차 감소하는 흡수전류도 흐르나, 곧 시간에 대하여 불변하는 누설전류만이 된다. 이 때문에 절연 저항계에 의한 측정에서는 인가 1분후의 전류치를 잡아 누설 전류로 하고 있으니가 절연 저항측정에는 1분간 이상이 필요하다.

다 절연 저항계의 보호단자 : 보호단자는 가드 (G) 단자라고도 하고, 유효 최대 눈금이 1000MΩ 이상의 절연저항계에 설치되어 있다. 고압케이블의 절연저항을 측정할 때 등은 표면누설 전류가 있어 이것이 진짜 누설 전류와 합성되어 지시계에 흘러 그 결과 오차가 생긴다. 이를 막으려면 〈그림 1.6〉과 같이 누설부분에 전선을 감아 보호단자에 접속하면 오차가 없는 진짜 절연저항이 구하여진다

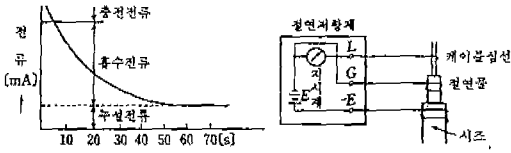
라 측정순서 : 〈표 1.17〉의 순서에 의하여 측정한다.

마 측정결과의 양부판정 : 〈표 1.18〉에 절연저항의 최저 기준치를 표시하였으나, 이는 기술기준, 전력공사의 관계규정, 메이커 자료 등을 참고로 하여 실무경험을 가미하여 정리한 것으로 표준상태 (맑음, 20℃)의 경우

(1) 절연저항 측정

1000V 및 2000V의 절연저항계 (메거)를

의 추정치이다.



〈그림 1.5〉 절연체의 전류 - 시간특성 〈그림 1.6〉 보호단자의 사용

〈표 1.18〉 고압관계 절연저항 최저기준치 (맑음, 기온20℃, 1000V 절연저항계 사용)

항 목	신설의 경우	사용중의 경우
10kV 이상 전기설비	2000M Ω 이상	100M Ω 이상
6kV의 수변전설비 (일괄)	1500M Ω 이상	30M Ω 이상
6kV의 기기	2000M Ω 이상	30M Ω 이상
6kV의 케이블 단독인 경우(CV)	2000M Ω 이상	2000M Ω 이상
3kV의 가공 및 지중인입선	1000M Ω 이상	(6M Ω 이상 30M Ω 미만은 요구의)
3kV의 수변전설비 (일괄)	1000M Ω 이상	50M Ω 이상
3kV의 기기	1000M Ω 이상	15M Ω 이상
		15M Ω 이상
		(8M Ω 이상 15M Ω 미만은 요구의)

〈표 1.16〉 절연 저항계의 종류

정격전압 (직류)[V]	유효최대능급 [M Ω]	유효측정 범 위	보호단자의 유 무	용 도
100	10	~10	무	전자용용기기등
100	20	~20	무	전자용용기기등
250	50	0.05~50	무	저압회로기기
500	50	0.05~50	무	저압회로기기
500	100	0.10~100	무	저압회로기기
500	1000	~1000	유	저압회로기기
1000	200	0.2~200	무	저압회로기기
1000	2000	~2000	유	저압회로기기
2000	1000	1~1000	유	저압회로기기

〈표 1.17〉 측정순서

항목	순 서	적 요	주의 사항
준비 작업	① 절연저항계(전지식)의 전지의 정상확인, 라드 선의 도통시험, 자침의 동작	① 원칙적으로 10000V의 절연저항계를 사용한다. ② 작업은 2명으로 하고 안전관리사가 감독기록을 하고, 협력자가 측정을 담당하는 것이 바람직하다.	측정전에 측정순서 및 측정상의 주의사항에 대하여 확실하게 타합할 것
	② 검전기로 피측정대상 설비의 정전을 확인한다.		
	③ 정전 확인후, 케이블등 충전전하가 있은지까 접지기구로 전하를 방전시킨다.		
측정 작업	① 절벽회사 분기 개폐기 2차측 ~ DS 1차측간	① 3상 일괄 ~ 대지간 측정(필요에 따라 분할 측정)	① 절연저항계의 선로단자(L)를 기기, 배선에 접지 단자(E)를 어스 측에 접속한다.
	② 차단기 2차측 ~ 차단기 1차측간	② 신설시는 케이블 등 선 간측정을 반드시 하여 절점시 등도 실시 용이한 것에 대하여 한다.	② 정전용량이 큰 케이블 및 기기는 지침이 안정되는 것을 기다려 기록할 것.
	③ 차단기 2차측 ~ 모선간	③ 보호단자를 필요에 따라 사용하고 오차가 없도록 한다.	③ 측정전압이 높은 절연저항계 (예를 들면 5000V, 10000V)를 사용하였을 때는 충전전하에 의한 위험이 있으니 안전면에 유의할 것
	④ 고압배선기기 일괄		
	⑤ 변압기, 콘덴서 피뢰기, 고압전동기		
	⑥ 연락고압 케이블		

나. 고압케이블의 절연저항 측정

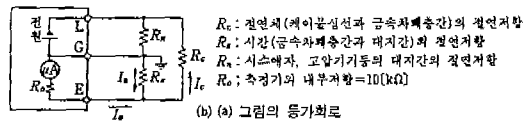
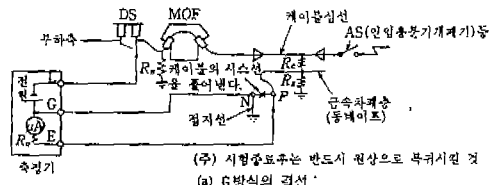
전항의 1000V 및 2000V 절연저항계보다 노화판정의 정도가 높은 5000V 및 10000V의 고전압 절연저항계를 사용하여 측정하는 방법이다.

(1) 시험방법

처음에 1000V 또는 500V 메저를 이용하여 케이블 차폐통테일과 어스 사이의 절연저항을 측정하고, 1M Ω 미만일 때는 E 방식을 이용한다.

(2) 시험회로

G방식과 E방식이 있어 G방식을 〈그림 1.7(a)〉에 그 등가회로를 〈그림 1.7(b)〉에 표시한다.



〈그림 1.7〉 G방식에 의한 측정에

또, E방식은 〈그림 1.7(a)〉에 P-N간을 단락하고, 단 G-N간을 개방하여 측정하는 것이다.

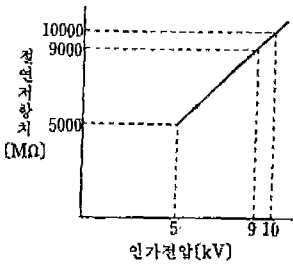
〈그림 1.7(b)〉는 G 방식의 등가회로나 차식에 의하여 고압케이블 절연체의 절연저항을 구할 수 있다.

$$I_o = I_c - I_s \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$I_o = \frac{R_s}{R_s + R_o} \times I_c = \frac{1}{1 + \frac{R_o}{R_s}} \times I_c \quad \dots(2)$$

(2)식 $R_o = 10(\kappa\Omega)$, $R_s = 1[M\Omega]$ 라 하면 $R_s \gg R_o$ 가 되어, $I_o = I_c$ 가 된다. 따라서, 측정부의 지시가 고압케이블 절연체의 누설전류와 같아진다.

3상 6600V 평형회로에서는 대지전압이 $6600/\sqrt{3} = 3810[V]$ 이고, 이에 대응하는 직류전압은 $3810[V] \times \sqrt{2} = 5388[V]$ 가 되나, 안전을 고려하여 우선 5000V를 인가하고, 그 측정결과가 〈그림 1.8〉의 그래프에서 위쪽에 프로트되면 양호하다고 판단한다. 다시 단계적으로 고전압을 인가하여, 그 값이 전술의 경향을 표시하면 양호라 판단하여도 된다.



〈그림 1.8〉 절연저항 - 전압 특성

즉, 절연저항치가 누설전류로 환산하여 1 μA 이하이면 좋다.

(3) 양부의 판정기준

측정전압 5000V 혹은 10000V의 어느 것에서도 고압 케이블의 절연 노화도의 판정기준을 설정하였다 하여도 현 단계에서 이론 및 측정실적에서 일률적인 결론을 내는 것은 어렵고, 하나의 개략목표치로서 표준적인 값이라 하지 않을 수 없다. 일반적으로는 직류

누설 전류시험에 의한 케이블 절연 노화 판정의 필요조건으로서 10kV에서 1 μA (절연저항치 10000M Ω)이하로 되어 있다.

따라서 측정전압 5000V의 경우 누설전류 1 μA 에 상당하는 절연저항치는 7000M Ω 가 되어 이 값을 판정의 기준치로 한다.

이상의 판정기준을 정리하면 5000V로 측정할 때는 〈표 1.19(a)〉와 같이 된다.

또, 측정전압 10000V의 경우는 절연저항치의 변화를 관찰하면서 서서히 전압을 상승시켜 측정한다. 이때, 누설전류의 파형을 기록하면 진단밀도는 더욱 높아진다.

이때의 판정기준은 〈표 1.19(b)〉와 같다.

〈표 1.19〉 특고압케이블 절연저항의 판정기준

(a)판정기준 (5000V로 측정시)

케이블	측정전압	절연저항치(M Ω)	판 정
절연체 (Rc)	CV	5000 이상	양호
		500이상 ~5000미만	요주의
	500 미만	불량	
BN	5000	500 이상	양호
		100 이상~500 미만	요주의
	100미만	불량	
시즈 (Rs)	CV	1이상	양호
		1미만	불량
	BN	1000 또는 500	0.05 이상
		0.05미만	불량

(b)판정기준 (10000V로 측정시)

케이블	측정전압	절연저항치(M Ω)	판 정
절연체 (Rc)	CV	10000이상	양호
		1000이상 ~10000미만	요주의
	1000 미만	불량	
BN	10000	1000 이상	양호
		200 이상~1000 미만	요주의
	200미만	불량	
시즈 (Rs)	CV	1이상	양호
		1미만	불량
	BN	500 또는 250	0.05 이상
		0.05미만	불량

전기화재 원인과 발생 ①

배산엔지니어링
상무이사 김 미 승



목 차

제1장 화재일반

1. 물질의 열특성
2. 연소개론
3. 화재의 분류 및 특성
4. 폭발개론
5. 소화원리 및 방법

제2장 전기화재의 개요

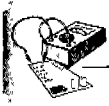
제3장 전기화재의 발화형태

제1장 화재일반

1. 물질의 열특성

(1) 연소열

- 단위량의 가연물이 완전연소되었을 때 발생하는 열의 양으로 정의함
- 연료속에 연소열이 큰 가연성 성분이 존재한다고 해서 반드시 열 방출이 크게 되는 것은 아니며 연소열이 낮은 성분의 가연물이라도 연소시 막대한 열의 방출이 되는 경우도 많다.
- 화재시 가연물의 열방출상태는 주로
 - 열 및 산소와의 접촉면적, 예를 들어 가연물의 입자크기 또는 배열상태
 - 액체의 자연확산면적 즉 액체의 자유표면적
 - 액체의 증기압
 - 가연물의 열전도도(고체 가연물의 경우)
 - 가연물의 연소속도



(2) 비열(specific heat)

- 물질에 따라 동일한 질량을 일정한 온도만큼 올리는데 필요로 하는 열량은 다르다. 그것은 물질마다 열에너지의 흡수능력이 서로 다르기 때문이다.

이와같이 물질에 따라 고유한 열 흡수능력을 그 물질의 비열이라고 부른다.

물 1[cal/g.℃] 공기 0.240 [cal/g.℃]
 알루미늄 0.217 [cal/g.℃] 구리 0.091 [cal/g.℃]
 철 0.113[cal/g.℃] 윤활유 0.510[cal/g.℃] 수은 0.033 [cal/g.℃]

(3) 잠 열

- 물질의 상변환시 필요한 열을 말한다.
 물질의 용융열은 물 79.7[cal/g] 아세톤 23.4 [cal/g] 벤젠 30.1 [cal/g] 수은 24.9 [cal/g] 파라핀 왁스 2.77 [cal/g] 나무 14.0 [cal/g]

물질의 증발잠열은 물 539.6 [cal/g] 아세톤 124.5 [cal/g] 벤젠 94.3 [cal/g] 액화질소 47.8[cal/g] 액화프로판 98.0 [cal/g] 납(액체상태) 222.6 [cal/g]

(4) 열전도열

- 불꽃의 전파와 직접적인 관련을 갖는 물질의 열 특성으로서 중요한 것으로, 열원에 의해 물질이 가열되면 열은 가열된 지점으로부터 그 물질 내부의 모든 방향으로 전달된다. 그러나 물질의 내부를 통하여 같은 시간에 전달되는 열의 양은 물질마다 다르기 때문에 물질의 온도를 발화점에 도달하게 되는데 필요한 열량 역시 물질에 따라 다르다.

(5) 열팽창(thermal expansion)

물질의 열전도성 외에도 화열의 영향과 결과에 다루어야 할 물질의 특성은 열 팽창이다.

건축자재의 열팽창은 건축구조물에 결함을 유발시켜 건물붕괴의 주요인자가 된다.

벽돌, 철재, 콘크리트와 같은 자재들은 대체적으로 열팽창율이 비슷하나 실제로 철재가 벽돌 및 콘크리트로부터 분리되고 이에 따라 벽돌과 콘크리트의 연결부분이 파손되면서 건물의 골조와 벽사이의 결합력이 상실되는 것은 철재의 열전도율과 비금속자재의 열전도율에서 찾을 수 있다.

그것은 열팽창율이 비슷한 물체라도 열전도율이 큰 물체의 팽창속도가 크기 때문에 이돌간의 접촉이 파괴되는 현상이 일어나고, 콘크리트와 벽돌간에도 비교적 큰 차이의 열전도율 때문에 화열을 받는 과정에서 벽돌간의 시멘트 접합부분이 파괴되어 벽의 견고성이 상실될 수 있다.

(6) 증발, 증기압 및 비점

① 증발

역학적 에너지를 보존하고 있는 분자들의 운동성격은 병진, 진동 및 회전 등이며 그 중에서도 물질의 상태를 좌우하는 주요인자는 병진운동인데, 이들의 평균 병진운동 에너지는 온도의 상승에 따라 커지게 되고, 이들중 큰 에너지 분자들이 액체의 자유표면으로부터 분자상호간의 응집력을 이겨내고 이탈하는데 이를 증발이라고 한다.

② 비등(boiling)

온도가 상승함에 따라 증가하는 액체의 증기압이 액체표면에 작용하는 기체(증기 단독이건 타 종류의 혼합기체이건 관계없이)의 전압력이상이 될 경우에는 액체표면하의 분자들 중 이들의 평균 병진운동 에너지보다 큰 값의 분자들이 급증하면서

증발이 자유표면에 국한하여 일어나지 않고, 액체의 내부에서도 진행되어 거품과 같은 증기의 방울들(기체 상태의 방울)이 발생하는 현상을 말한다.

참고 : 열교환기의 비등, 건조현상의 항을 건조등

③ 비점(boiling point)

비등이 시작되는 것은 액체의 증기압과 액체의 표면에 작용하는 기체의 전압력이 동일하게 될 때부터이며 이 때의 액체의 온도를 비점이라 한다.

액체의 비점은 액체의 종류에 따라 비록 다른 값을 갖지만, 동일 액체에서는 액체표면에 작용하는 기체압력(전압력)의 변화에 따라 달라진다.

대체로 비점이 낮은 액체일수록 상온에서의 증기압이 높아지고 증발속도가 빨라진다.

④ 기체의 비중

물질의 비중이란 것은 동일한 상태조건 하에서 즉 동일한 압력, 체적 및 온도하에서 그 물질과 기준물질(물)의 무게를 비교하는데, 기체의 비중은 일상적인 사용상의 편의를 위하여 동일한 상태조건하에서 건조공기(dry air)의 무게를 기준으로 한다.

$$\text{기체의 비중} = \frac{\text{기체의 밀도}}{\text{공기의 밀도}} = \frac{\text{기체의 분자량}}{28.8}$$

여기서 28.8은 공기의 평균분자량이다.

참고: 탄산가스는 분자량이 44이기 때문에 공기보다 무거워서 화재시 연소되고 있는 가연물 표면을 덮어 공기와 가연물의 접촉을 차단함으로써 소화효과

(7) 열전달 방식

① 전도(conduction)

고체나 정지하고 있는 유체내에 온도구

배가 존재할 경우 그 매질을 통하여 이루어지는 열전달을 말한다.

② 대류

표면과 이와 다른 온도를 가진 유체사이에서 발생하는 열전달을 말한다.

③ 복사

전도와 대류에 의한 열전달에 있어서는 반드시 물질이 열전달 매체로 작용하기 때문에 물질의 존재없이 전도와 대류가 일어나지 않으나 복사는 절대진공상태의 공간을 가로질러 이동하는 전자파의 형태로 이루어지므로 열전달이 발생하는데 이를 복사라 한다.

참고 : 촛불의 유입공기에 손을 대어도 뜨거움현상

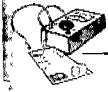
여름에 태양에 노출된 철판이나 바위가 대기 온도보다 높다.

수소, 산소, 질소 등이 기체 속을 통과할 때는 손실이 없으나 수증기, 탄산가스, 황산가스, 탄화수소와 같은 비대칭성 구조의 분자들, 그리고 기타 오염물질(연기 등)에 의한 손실 즉 열 흡수가 큰 현상으로 분무상태의 물방울은 거의 복사열을 흡수하기 때문에 물분무를 이용한 복사열의 차단은 매우 효과적인 방법($q = \epsilon \sigma T^4$)

2. 연소개론

(1) 연소

연소란 일반적으로 빛과 열의 발생을 수반하는 화학반응-급격한 산화반응-을 말한다. 다시 말하면, 어떤물질이 다른데서 점화에너지를 받고 산소(혹은 조연성 물질)와 화합하여 산화반응을 일으키고, 점화에너지 이상의 열에너지를 발생하여 다른 물질로 변화하는 현상을 말한다.



참고 : 즉 연소라는 것은 철사를 빨강계 가열하여 산소기류속에 넣으면 온도가 상승하면서 발광하게 되는데, 이는 연소라 할 수 있고, 반면에 쇠가 부식하는 것과 같이 공기 중의 산소와 반응하여 산화되는 것은 극소량의 열은 발생하나 빛을 직접 수반하지 않으므로 연소라 할 수 없다.

- 회가루에 소량의 물을 묻혀 이를 기름이나 천조각과 같은 유기물과 섞어놓을 경우 자연발화의 위험성
- 쇠망치로 못을 칠 경우 불티도 쇠가루가 공중에서 산화 현상
- 연소가 이루어지면 발열반응에 의해 온도가 상승하면서 열 복사선이 방출된다. 온도가 점점 상승하면 열 복사선의 파장이 짧아져서 가시광선의 파장에 이르게 됨

불꽃의 온도	불꽃의 색깔	불꽃의 온도	불꽃의 색깔
500℃	적열	1000℃	황적색
700℃	암적색	1300℃	백적색
850℃	적색	1500℃	휘백색
950℃	휘적색		

(2) 연소형태

연소는 가연성 물질의 상태(기체, 액체, 고체)에 따라서 정상연소와 비정상연소로 구분할 수 있다.

먼저, 정상연소란 열의 발생과 방산하는 열이 균형을 유지하면서 정상적으로 연소하는 것(즉 일반적인 연소)을 말하며, 비정상적인 연소란 가연성 기체와 공기와의 혼합기체가 밀폐된 상태에서 점화되었을 때 연소속도가 급격히 증가하여 폭발적으로 연소하는 것(즉, 폭발)등을 말한다.

(가) 고체의 연소방식

나무등 가연성 고체가 탈 때의 화염은 가연성 고체 자체에서 생기는 것이 아니라 가열분해되어서 나온 분해가스가 타서 생긴다. 그러나 모든 가연성 고체가 그와

같은 현상을 나타내는 것은 아니고 일부의 가연성고체는 표면연소, 즉 가연성 고체의 표면에서 고체가 직접 연소하는 경우가 있다.

이와 같이 고체의 연소는 표면연소, 분해연소, 증발연소, 자기연소로 나눌 수 있다.

① 표면연소

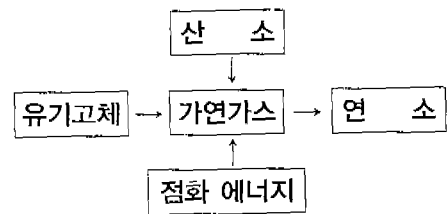
열분해에 의하여 가연성가스를 발생치 않고 그 자체가 연소하는 형태로 고체의 표면에서 산소와 반응하여 연소하는 현상으로서 직접연소라고도 한다.

목탄, 코우크스, 금속분 등의 연소형태를 말한다.

② 분해연소

목재나 석탄과 같이 고체인 유기물질을 가열하면 분해하여 여러 종류의 분해가스가 발생되는데 이것을 열분해라고 하며 이 가연성 가스가 공기중에서 산소와 혼합되어 타는 현상을 말한다.

목재, 석탄, 종이, 플라스틱 등의 연소형태를 말한다.



③ 증발연소

황이나 나프탈렌 같은 고체 위험물을 가열하면 열분해를 일으키지 않고 증발하여 그 증기가 연소하거나 열에 의한 상태변화를 일으켜 액체가 된 후 어떤 일정한 온도에서 발생된 가연성 증기가 연소되는 현상을 말한다. 즉 가연성 고체에 열을 가하면 용해되어 여기서 생긴 액체가 기화되고 이로 인한 연소형태를 말한다.

대부분 액체연료에서 발생하는데 양초, 밀납, 유지, 유허과 같은 것의 연소형태를 말한다.

④ 자기연소

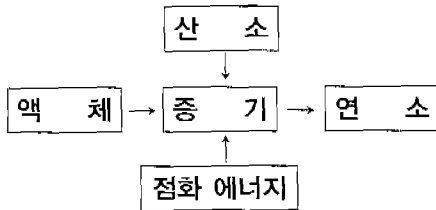
질산에스테르류, 셀룰로이드류, 니트로 화합물류, 히드라진유도체류 등과 같이 물질자체의 분자안에 산소를 함유하고 있는 물질은 연소시 외부의 산소공급을 필요로 하지않고 물질자체가 갖고있는 산소를 소비하여 연소하는 형태를 말한다.

산화반응이 대단히 강력하여 폭발적으로 연소한다. 로켓의 연료에 이러한 연료가 사용된다.

(나) 액체의 연소방식

알코올이 기체로 증발되고 바로 그 기체가 연소하는 연소형태와 같은 형태를 말하며, 액체연료는 휘발성연료와 비휘발성 연료로 구분된다.

다시말하면, 증발연소는 액체 자체가 직접 타는 것이 아니고, 증기가 된 다음 연소하기 때문에 액체자체의 온도는 많이 올라가지 않으면서도 잘 연소하게 되며, 휘발유나 알코올같이 인화점이 낮은 것은 상온에서도 증발이 진행되고 있어서 착화하기 쉬우나 석유, 경유 등은 성냥불로 불을 붙이려 해도 처음에는 잘 붙지않지만 어느정도 계속 불을 붙여 열을 가하면 부분적으로 액체의 온도가 올라 증발이 되어 증발연소가 시작된다.



(다) 기체의 연소방식

가연성 기체는 모두 연소될 때 불꽃-화염(flame)을 나타내게 되는데 이를 불꽃연소 또는 발염연소(撥炎燃燒)라고 한다.

버너에서 연료 및 공기 공급방식에 따라

촛불이나 가스렌지와 같은 확산연소나 버너와 같은 예혼합연소방식 등이 있다.

(3) 연소의 조건

연소가 이뤄지려면 다음 세가지 조건이 각각 충분히 갖추어져야 한다.

- 가연성 물질
- 열(점화원=에너지)
- 산소의 공급원(공기 또는 산화제)

이것을 연소의 3요소라 하고 불꽃연소의 형태에서는 연쇄반응을 추가하여 연소의 4요소라 한다. 그래서 연소를 잘 하기 위하여는

- 산화는 발열반응이어야 하고
- 연소되는 물질과 그 생성물은 열로 인하여 온도가 생성되어야 하며
- 발생하는 열 복사선의 파장과 강도가 가시범위에 달하면 빛을 발생시킬 수 있어야 한다.

(가) 가연성 물질

산화작용이 가능한 불활성원소(원소 주기율표상 0족 원소들)이외의 원소로서 발열반응이 있는 물질을 말한다.

참고 : 수소, 탄소, 유황 등은 산소와 결합 발열현상임

(나) 산소의 공급원

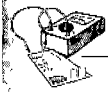
가연성 물질이 열과 빛을 발생하려면 산화작용을 하여야 한다. 즉 가연성 물질(연료)의 연소가 활발하게 이루어지도록 충분한 산소의 공급이 필수적으로 요구된다.

① 공기

연소에 필요한 산소는 공기 중에 체적비 약 21%, 중량비 23%로 존재하고 있다.

② 산화제

공기 중의 산소 이외에도 가연성 물질 자체에 다량의 산소를 함유하고 있는 것이 있어 외부에서의 산소의 공급이 없이 자체 산소를 소비하면서 연소하는 경우와



자기자신은 불연성 물질이지만 자신의 내부에 산소를 포함하고 있어 다른 가연성 물질을 연소하는 경우도 있는데 이를 총칭하여 산화제라 한다.

산화성 고체류(제1류 위험물)

아염소산 염류, 과염소산 염류, 무기과산화물

산화성 액체류(제6류 위험물)

과염소산, 과산화수소, 황산, 질산

③ 자기반응성 물질

질산에틸, 니트로셀룰로오즈 등과 같이 분자자체에 산소를 가지고 있는 가연성 물질로서 일단 분해가 일어 난 후 니트로기(-NO₂) 등 분자 내에 포함된 산소를 유리하여 산화, 발화하기 쉬운데 이들 물질을 자기반응성 물질이라 한다.

자기반응성 물질(제5류 위험물)

유기과산화물류, 질산에스테르류, 니트로화합물류

국내의 경우 소방법상 위험물을 1류부터 6류로 분류하고 있으며, 특히 주의할 점은 공통적으로 산소를 다량 함유하고 있지만, 1류·6류 위험물은 산화제로서 산소 공급원 역할을 하지만 불연성이며, 5류 위험물은 내부연소가 가능한 가연성물질이다.

(다) 열원(source of heat)

모든 연소에 있어서 가연물과 산소 공급원 이외에 모든 가연물에 대한 점화원 또는 착화원은 화기(氣), 전기(電氣), 정전기, 마찰, 충격, 산화열, 화염, 고열물, 용접화염, 가스의 단열압축에 의한 고열 등에 의한 일정한 온도와 일정한 에너지 즉 열을 말한다.

① 화학적 에너지

- 연소열

- 자연발화
- 분해열
- 용해열

② 전기에너지

- 저항열
- 유도열
- 유전열
- 아아크열

③ 정전기에너지

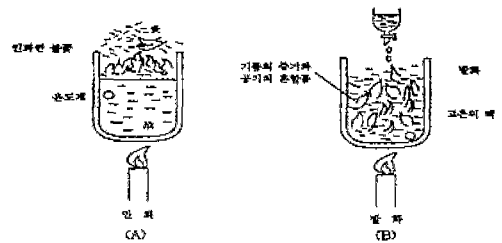
- 낙뢰등
- 기계적에너지
- 마찰열
- 마찰 스파크
- 압축열

④ 원자력 에너지

- 발화와 인화

(4) 발화와 인화

불꽃은 기체가 탈 때 생기는 현상, 다시 말해 기체가 타면서 빛을 발하는 모양을 말하며, 고체인 석탄이 불꽃을 내면서 연소하는 것은 석탄에서 나오는 기체(가스)가 타는 현상이며, 촛불의 불꽃은 추가 증발하여 타고, 석유도 마찬가지이다.



(가) 발화

가연성 물질에 불이 붙는 현상을 화학 관련 학회에서는 발화하고 하고, 기계관련 학회에서는 착화라 한다.

① 발화점

화염이 존재하지 않는 상태에서 가열만으로 연소를 시작하는 최저온도를 발화점 또는 발화온도라 한다.

- 이러한 발화점은 비점이나 증기압과 같이 분자정수가 아니고 조건에 따라 다양한 수치가 나오므로 물리적인 상수값이 아니다.
- 이와 같이 발화점에 미치는 중요한 인자로는 가열하는 시간, 가연물과 산화제의 혼합, 혼합물의 양, 용기의 상태, 압력 등이다.

② 자연발화

산화하기 쉬운 물질이 공기 중에서 산화하여 축적된 열에 의해 자연적으로 발화하는 현상을 말한다. 즉, 가연성 물질 또는 혼합물이 외부에서의 가열없이 내부의 반응열의 축적만으로 발화점에 도달하여 연소를 일으키는 현상으로서 자연연소 또는 자발적 연소라 한다.

- 대형의 폴리에틸렌통에 가온된 튀김찌거기가 1~2 kg정도 쌓이면 때에 따라서 4~5시간 후에 자연발화(튀김기름에 불포화지방산의 고열 → 산화반응 → 발열 → 온도상승 → 발화)
- 알루미늄 얇은 조각을 물과 혼합하여 70℃정도로 가열하여 약 3시간 후에 반응이 급히 일어나 발열 (알루미늄의 얇은 조각면에 생긴 산화피막이 물에 용해됨으로 산화작용이 지속적으로 생김)인화인화화 발화

(4) 인화

① 인화와 발화

발화는 불씨가 없는 데서 불이 발생하는 현상을 말하는 것이고 인화는 불씨가 있는 데서 불이 번져 옮겨붙는 것을 말한다.

- 석유의 인화점 50℃ 란 50℃가 되면 그 증기압에 따라 증발한 증기와 공기의 혼합기체가 연소하는 한계를 말하는 것이며 휘발유는 휘발성이 높아 -36℃의 매우 낮은 인화점을 갖고 있기 때문에 만약 석유난로에 잘못 휘발유를 넣

었다면 그 휘발유는 점점 기화연소되어 화재 또는 폭발의 위험을 갖게 된다.

② 고체의 인화점

인화점은 주로 액체연료에 적용되는데 목재나 석탄에는 증기압이라는 것이 없어서 이들은 인화점 가까이 되면 분해하기 시작하여 가연성 가스가 발생하여 인화한다.

단, 목재의 표면에 목질이 거친 털모양이 솟아나 있을 경우에는 더 낮은 온도에서도 인화한다.

(5) 연소속도

연소속도는 화재에 있어서 연소해 가는 속도를 말하며 통상 단위시간을 분으로 하고 그 단위시간에 연소하는 거리를 m로 나타낸다.

- 연소속도는 일반적으로 대상물의 형태, 기상상태, 화재규모 및 경과시간 등에 따라 매우 다르다.
- 대상물의 형태로는 화약류, 액화석유가스와같이 빠른 경우와 톱밥, 등겨와 같이 느린 경우도 있다.
- 기상상태로는 풍속이 1 m/s 정도에서 최대연소속도를 나타내며 무풍시에 비하여 약 10%정도 빠르게 연소한다. 그 이상일 경우에는 오히려 늦게 된다.
- 일반적으로 실험자료에 의하면 무풍시 화재의 초기에 있어서 연소속도는 매분 평균 0.75m 내지 1.0 m로서 대개 원형으로 전개된다.

(6) 연소 한계거리

연소한계거리란 연소를 방임하였을 때 가연물 상호간에 얼마만한 거리를 두어야 연소를 방지할 수 있는가 하는 최소한의 거리를 말한다.

다음으로 계속됩니다