



# 전기화재 원인과 발생 ⑤

글/ 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

1. 발화원의 종류
2. 전기화재의 특징
3. 정전기 및 정전기 예방대책
4. 통전 입중

### 제3장 전기화재의 발화형태

#### (7) 자연발화

자연발화란 어떤 물질이 공기 중에 노출되어 외부의 화염, 불티, 고온체와의 접촉 등에 의한 출화가 아닌 그 물질 고유의 성질로 스스로 발열 반응을 일으키고 온도상승을 일으켜 마침내 발화하는 현상을 말하며 다음과 같은 것이 있다.

- 분해에 의한 것(열 분해)
- 산화열에 의한 것(유지류, 함유절삭 쓰레기, 기름걸레)
- 흡착열에 의한 것(환원 니켈, 활성탄)
- 발효열의 축적에 의한 것(건초, 벧짚, 소맥피)
- 중합에 의한 발열(아크릴로니트릴)

또한 자연발화를 분류하는 방법은 여러가지가 있으나 위험성이 나타나는 속도에 따라 급진적 자연발화와 점진적 자연발화로 크게 나눌 수 있다.

#### (가) 급진적인 자연발화성 물질

- ① 건조한 공기중에서 황린의 발화점은 약 60 이나 공기 중에 습기가 많으면 상온(보통 15)에서도 산화열의 발열 축적에 의하여 발화에 이른다. 양이 많거나 분말상태로 저장될 때는 공기와 접촉면적이 넓어서 쉽게 자연 발

화하게 된다.

- ② 환원 철 또는 환원 니켈과 같은 물질도 공기 중에 노출되면 발화하므로 특수한 용도 이외에는 가능한 빈번하게 사용하지 말아야 한다.
- ③ 금속 나트륨 칼륨, 과산화칼륨, 가성소다 등도 물과 접촉하여 많은 반응열 또는 용해열을 발생시키고 그 열량은 나무, 종이 등의 가연물을 착화시킬 수 있다.

(나) 점진적인 자연발화성 물질

- ① 기름걸레, 기름종이류는 공기와의 접촉면적의 증대 및 산화 발생열의 축적이라는 두가지 조건을 동시에 충족시키면 발화하는 가장 대표적인 물질임
- ② 고무, 금속분말
- ③ 자기분해에 의해 발화하는 물질(질산 에스테르, 셀룰로이드 등)

(8) 기타

산업체의 열 발생설비, 사우나실의 화재 등의 다소 특수한 경우외에 여러가지 즉, 열의 축적과 방열에서 방열상태보다 열의 축적으로 인한 출화현상으로서 주위의 설비를 발화원으로 고려하여야 한다.

2. 전기화재의 특징

전기는 우리 일상생활에서 없어서는 안될 중요한 에너지원인 동시에 국가 산업수준을 평가하는 중요한 지표가 되고 있고, 전기화재는 화재분류상 C급화재로서 전류가 흐를 때 발열현상, 정전계(靜電界)의 정전기 방전현상 및 전기를 사용하는 기기의 단락, 과부하, 누전현상과 전기설비의 접촉불량 등에 의한 전기화재가 발생된다.

그래서, 발화원으로서 전기는 어떤 특징을 가지고 있는가에 대하여 알아봐야 할 필요성을 가진다.

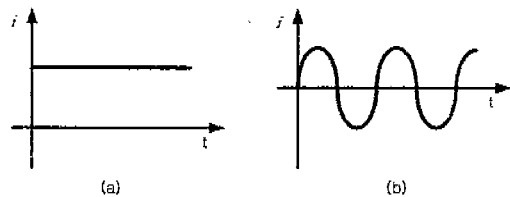
(1) 전하와 전류

전기회로를 해석하는 데에 가장 기본이 되는 양은 電荷이다. 물질은 원자들로 구성되어 있으며 원자는 여러개의 기본입자들로 구성되어 있다. 원자의 핵안에는 양자, 중성자와 핵 주위의 궤도(orbit)를 따라 움직이는 전자들로 구성되어 있다. 보통 원자는 음전하를 갖는 전자들과 양전하를 갖는 양자들이 균형을 이루게 되어 전기적으로는 중성이다. 입자는 전자를 잃음으로써 양으로 대전될 수 있고, 다른 입자로부터 전자를 얻음으로써 음으로 대전될 수 있다.

전기회로의 특정한 선로를 따라 전하가 이동하는 것을 電流라 하고  $i$  또는  $I$ 로 표시한다. 즉 전류는 시간에 대한 전하의 변화율이라 할 수 있다.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

일반적으로 사용되는 전류의 형태로는 직류와 교류가 있다. 그림 (a)와 같이 전류의 크기가 일정하면 直流(direct current) 또는 dc라 하며 보통 전자회로, 전력전원과 손전등 등에서 사용된다. 그림 (b)와 같이 정현적으로 변동하는 전류를 交流(alternative current) 또는 ac라 하며 보통 가정에서 사용하는 전류를 예로 들 수 있다.



〈그림〉 직류와 교류

(2) 전압, 전력과 에너지

기전력(electromotive force) 또는 전위차(potential difference)라고도 하는 전압(voltage)은 두 점 사이에 양전하를 이동시키는데 필요한 에너지로 정의한다. 또한 전압의 정의에 의해 1 volt는 1쿨롱의 전하를 이동시키는데

필요한 일의 줄(Joule)수가 되므로  $1V = 1J/C$ 으로 쓸 수도 있다. 전하와 에너지의 미소량으로 전압을 나타내면

$$v = \frac{dw}{dq}$$

이고, 소자에 흐르는 전류와 곱함으로써 시간에 대한 에너지의 변화율, 즉 전력(power)을 얻을 수 있다. 전력은  $p$  또는  $P$ 로 표시하고 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$vi = \frac{dw}{dq} \times \frac{dq}{dt} = \frac{dw}{dt} = p$$

그리고 전력의 단위는 J/s 또는 와트(watt; W)이다. 예를 들어 두 점 사이에 1C의 전하를 이동시키는데 1J의 에너지를 소비했다면, 1초동안에 1C의 전하를 전송하는데 소비되는 전력은 1 W이다.

다음으로 전력의 부호가 의미하는 것에 대해 살펴보자. 그림에서는 양단자로 양전류가 유입하므로 소자는 전력을 흡수한다고 하며, 이때  $p = vi$  인 양의 값을 갖는다. 또한  $v$ 의 극성 또는  $i$ 의 방향이 반대로 될 경우 소자는 외부에 전력을 공급하게 되고  $p = -vi$ 인 음의 값을 갖게 된다.

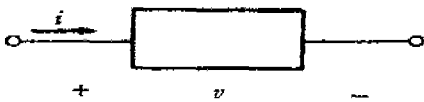


그림 전력의 유출

(3) 쿨롱의 법칙

두 개의 대전체 사이에 작용하는 힘의 방향은 그들을 연결하는 직선상에 있고 전하가 같은 종류인 경우에는 반발력이, 다른 종류일 경우에는 흡인력이 작용하며 힘의 크기는 양자의 전하량의 곱에 비례하고 두 전하사이의 거리의 제곱에 반비례한다. 이러한 관계를 Coulomb의 법칙이라 하며 그 관계식은 다음과 같다. 두 개의 전하를 각각  $q_1, q_2$ , 두 전하 사이의 거리를, 전하사

이에 작용하는 힘을 라 하면

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{a}_r$$

로 표시되며 이 힘을 쿨롱력(coulomb force)이라 한다.

(4) 가우스 정리(Gauss' Theorem)

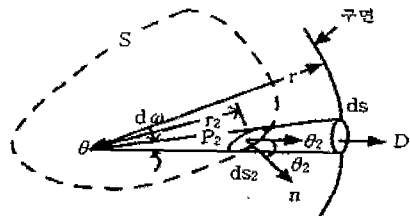
가우스 정리는 정전계에 설정된 폐곡면으로부터 바깥쪽으로 방사되는 전속의 총량에 대한 정리로서, "전계를 둘러싼 임의의 폐곡면을 관통하여 외부로 나가는 전속의 총합은 이 곡면의 내부에 있는 전하의 합과 같다." 이를 수식으로 나타내면, 아래 그림1.8에서 폐곡면 S상의 1점의 전속밀도가 외부로 나가려는 법선방향의 성분(normal component)  $D_n$ 에 그 부분의 미소면적  $ds$ 를 곱한 것을 전 폐곡면에 걸쳐 적분한 것은 이 폐곡면내에 있는 전하 Q의 총합과 같다.

$$\int \int_s D_n ds = \sum Q [C]$$

또는  $D_n$  대신 전계의 세기가 외부로 향하려는 성분을  $E_n$ 이라 하면,

$$\int \int_s D_n ds = \sum Q [C]$$

라는 정리를 얻는데, 이것을 Gauss의 정리라 한다.



(5) 교류기전력(Alternating Electromotive Force)

전하는 전위가 높은 점으로부터 낮은 점으로 이동하는데 전하를 이동시키는 원인이 되는 힘을 기전력이라 한다. 1'쿨롱'의 전하를 1'주울'의

에너지로써 이동시킬 수 있는 전위차를 단위로 하여 '볼트'라 한다. 이러한 기전력 중에서 일정한 주기를 가지고 시간에 따라 변화하는 기전력을 교번기전력 또는 교류기전력이라 한다. 시간에 따라 정현적으로 변화하지 않는 기전력일지라도 '푸리에'급수로 전개하면 정현파인 여러 성분파로 분석할 수 있다. 교류기전력은 일정한 자속밀도 B[Wb/m<sup>2</sup>]를 가지는 자계 내에는 권선수가 n인 '코일'을 일정한 각속도 [rad/sec]로 회전시키거나 혹은 회전자계를 이용하여 발생시킬 수 있다. 이때 기전력 e는 다음과 같이 표시된다.

$$e = -\frac{d(n\phi)}{dt} = nsB\omega \sin(\omega t - \theta)$$

$$= E_m \sin(\omega t - \theta)$$

여기서 s는 코일의 단면적이다. 상기 식에서 e는 시간에 따라서 변하는 기전력의 값이므로 기전력의 순시치, E<sub>m</sub>을 최대치라 하고 이와 같은 정현파 기전력의 주기를 T[초]라고 하면 1초 동안에 몇 번이나 같은 모양의 진동을 하는가를 주파수(f)라 하는데 f=1/T[cycle/sec]이 된다. 한편 t-를 기전력의 위상각이라 한다.

(6) 패러데이의 법칙

코일에 발생하는 단위 면적당 기전력은 그 코일과 쇠교하는 flux의 감소율과 같다. 즉 시간에 따라 변화하는 자계가 전계를 발생시킨다.

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\oint E \cdot dL = -\frac{d}{dt} \int_s B \cdot dS$$

$$\int_s (\nabla \times E) \cdot dS = \int_s -\frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS$$

$$\therefore \nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

(7) 렌즈의 법칙

자계를 시간적으로 변화시키면 폐회로에 전류

를 흐르게 하는 기전력을 일으킨다. 이것을 식으로 표현하면

$$emf = -\frac{d\phi}{dt}$$

여기서 식의 負의 부호는 이 기전력에 의해서 흐르는 전류가 일으키는 자속이 원자속에 합쳐질 때 기전력의 크기를 감소시키도록 기전력의 방향이 정해진다는 것을 표시한다. 다시 말하면 유도기전력은 원자속과 반대방향의 자속을 일으키게 되며 이것을 Lenz의 법칙이라 한다.

(8) 비오-사바르 법칙

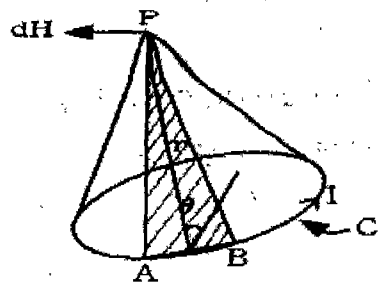
아래 그림과같이 전류 I가 흐르는 폐회로 C중 미소부분 AB(=d)에 의한 임의의 점 P의 자계는

$$dH = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \theta}{r^2} dL \quad [AT/m]$$

로 주어지며 그 방향은 점 P와 d로 결정되는 면에 수직으로 오른손법칙에 맞게 되는데 이를 Biot-Savart의 법칙이라 한다. 따라서 임의의 전류 도선 전체에 의한 임의의 점 P의 자계는

$$H = \int_l dH = \frac{I}{4\pi} \int_l \frac{\sin \theta}{r^2} dL \quad [AT/m]$$

로 주어진다. 여기서 r[m]는 선소 d [m]과 점 P 사이의 거리이며, 는 전류방향과 r이 이루는 각도, l[m]은 도선 전체의 길이이다.



다음호에 계속됩니다