

과부하에 의한 전기화재

황 명 환 <인천대학 교수>

이 덕 출 <인하대학 교수>

1. 머리말

1960년대부터 공업근대화의 정책 수립으로 우리나라 산업구조는 이제 선진국형으로 변모하였다. 또한 첨단기술의 도입 및 연구로 인하여 기술혁명과 생산시설의 확장이 이루어지고 있으며 경제구조는 고도로 성장하고 있다. 더불어 국민생활수준이 향상되고 이에따른 전력수요는 매년 급증하는 추세에 있다.

전기에너지의 소모는 그 나라 국민경제의 "바로미터"라 할 수 있을 만큼 전기에너지는 고도산업 사회의 발전과 인류의 생활수준향상에 기여하는 바가 실로 매우 크다.

전기가 가지고 있는 가장 큰 특징으로는 신속하고 공해를 유발치 않는다는 점을 지적할 수 있다. 그렇기 때문에 자연에 존재하는 모든 에너지 즉 태양에너지, 화력, 수력, 풍력, 지열, 조력 및 원자력 등을 전기에너지로 일단 변환시킨 다음 이를 기계, 음광, 및 열에너지로 다시 바꾸어 사용하는 것이다.

이중 전기에너지를 열에너지로 바꾸어 사용하는 전열은 다른 형태의 열원에 비하여 열효율이 높고, 매우 높은 온도를 얻을 수 있고, 내부가열이 가능하며, 爐氣制御가 용이함과 아울러 온도제어와 조작이 간단한 점 등 매우 많은 특징을 가지고 있기 때문에 기계, 화학, 야금공업 및 농업분야에 이르기까지 전 산업에 이용되고 있다.

이와 같이 전기에너지는 가장 적절하고 편리하게 사용함으로써 생산의 합리화 및 효율화를 기할 수 있는 중요한 요소이다. 이러한 전열작용이 전기화재를 일으켜서 산업재해와 국민생활을 위협하고 막대한 재산피해와 인명피해를 내는 요인이 된다는 사실은 아무리 좋은 약이라도 잘못 사용하면 극악이 될 수 있다는 사정과 같은 맥락이라 할 수 있다.

2. 전기의 양면성

1987년중 전국에서 발생한 화재는 총 1만1백44건으로 1986년도보다 1천6백91건(20%)이 증가하였고

월평균 8백45건, 1일평균 27건의 발생빈도를 나타내고 있으며 이로 인한 인명피해는 1천4백74명, 재산피해는 1백47억8천만원에 이르고 있다.

이중 전기로 인한 화재가 전체의 30.9%를 점유하고 있으며 담배, 불장난의 순으로 화재가 발생하였다.

전기화재는 전기사용량 증가에 비례하여 매년 늘어나고 있으며 최근 몇년 동안은 오히려 전기사용량 증가를 초과하고 있다고 보고되고 있다.

이와 같이 전기로 인한 화재발생 빈도가 매년 증가되고 있는 실정이라는 보고문을 접할 때 전기분야교육에 종사하는 사람으로 놀라지 않을 수 없다. 산업사회의 발달과 각종 건축물의 대형 고층화 및 밀집화, 건물의 기능과 용도의 다양화로 인하여 전기설비가 복잡화되고 국민생활수준의 향상으로 전기기구 및 각종 가전제품의 사용이 많아지는 등 전기에너지 사용이 증가되고 있는 것이 전기화재의

잠재적 발생원인이 되고 있는 것 같다. 전기를 사용하지 않으면 최소한 전기로 인한 재산피해와 인명피해를 유발하는 전기화재는 발생하지 않을 것이다. 그러나 전기를 사용하지 않으면 밤은 암흑가가 될 것이고 낮에는 생활을 할 수 없을 정도로 불편하게 될 것이니 실로 전기가 담당하는 역할이 얼마나 중요한가를 알 수 있다.

전기자체가 화재발생의 직접적 원인이 되기 보다는 전기에너지 이용시 각종 기계류의 설계부적합, 구조적인 결함과 시설의 취급소홀, 사용자의 사용부주의는 물론 안전수칙을 준수하지 않는에서 발생되고 있음을 알 수 있다.

이러한 점을 감안하여 전기화재 발화요인인 과부하의 형태, 발열의 기구(주열열) 및 과부하에 의한 전선의 연소단계를 간단히 소개하고자 한다.

3. 과부하에 의한 발화

전류는 전선을 통하여 흐르는데 전선의 굵기에 따라 허용전류가 있다. 한개의 전선에 전기기기등(전열기, 선풍기, 전동기, 가전제품, 전기소모저항체)을 파다설치 또는 사용하게 되면 전선에 흐르는 전류가 허용전류치를 초과하게 되므로 주열열이 발생하여 전선의 피복에 발화하게 되고 주변의 물질에 인화되어 화재가 발생하게 된다.

공장과 같은 대형건물에서는 변압기나 개폐기를 고장케하는 원인이 되고 또한 이들 전기공작물이 과열하므로 주위에 있는 물질이 온도상승현상을 일으켜 화재를 일으킬 수 있음을 주지해야 한다.

4. 쥬-하는 소리를 내니까 쥬열열일까?

전항에서 다른 쥬열열에 대해 고찰해 보기로 하자. 잘 포장된 하이웨이를 자동차로 달리면 흔들림도 적고 타고있는 사람도 기분 좋게 여행할 수 있다. 그러나 포장도 되어 있지 않은 울퉁불퉁한 길을 달리면 자동차에 흔들려 맘을 홀리게 될 것이다. 전기에 있어서도 마찬가지로 전기가 통하기 쉬운 동선속을 흐를때는 거의 열이 발생치 않지만, 전기저항이 많은 니크롬선등을 흐르면 열이 발생한다. 저항이 있는 도체속을 흐르는 전류는 모래를 채운 대롱을 세워 위에서 부터 물을 부을 때의 흐름과 비슷하다. 모래에 부어진 물은 중력을 받아 떨어지지만, 모래에 부딪쳐 진로에 방해를 받기도 하고 마찰을 입기도 한다.

물은 높은 곳에 있을 때는 위치 에너지를 갖고 있지만, 그것이 모래와의 마찰로 인해서 열에너지로 변하게 된다.

도체속을 이동하는 전자도 도체를 구성하고 있는 금속원자와 충돌함으로써 금속원자에 불규칙적

인 진동(열진동)을 일으킨다.

사실 열의 정체라고 하는 것은 물건의 원자나 분자의 불규칙적인 운동에 지나지 않는다.

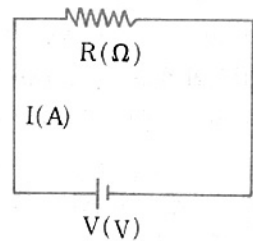
이와 같이 도체에 전류가 흐름으로 인해서 발생하는 열을 쥬열열이라 한다. 전열기, 전기다리미, 백열전등 등은 이것을 이용한 것이다.

영국의 쥬열은 1840년 이 발열량에 대해서 하나의 법칙을 알아냈다. 도체에 전류를 흘렸을 때에 발생하는 열량은 전류의 2제곱과 도체의 저항의 곱에 비례한다는 것이다.

그림과 같이 저항 $R(\Omega)$ 의 도체에 전압 $V(V)$ 를 가해 흐르는 전류를 $I(A)$ 라 하면 t (초)간에 발생하는 열량 Q 는

$$Q=0.24I^2Rt(\text{칼로리}) \text{ 또는 } Q=0.24IVt=0.24\frac{V^2}{R}t(\text{칼로리})$$

로 나타낼 수 있다.



또한 전열기에 전류를 흘리면, 니크롬선이 뜨거워지는데 도중의 코드가 뜨거워지지 않는 것은 니크롬선이 코드보다 저항이 훨씬 더 크기 때문이다.

5. 과부하(과전류)에 의한 전선의 연소

허용전류 이상의 전류가 흐르면 주열에 의해 온도가 상승하고 이로 인하여 전선은 연소하게 된다.

이 연소의 단계를 대별해 보면 다음과 같다.

(1) 인화단계 : 전선에 허용전류 2배정도의 전류를 흘리면 전선표면의 선사편조에 함침된 콤파운드가 녹아 약간의 흰 연기가 나지만 이 상태에서는 불씨를 가까이 해도 인화하지 않는다. 전류를 더욱 증가해서 3배 정도로 하면 내부의 고무 피복이 녹아 선사편조의 틈새로 새어나고 불씨를 가까이 하면 인화한다. 이 단계를 인화단계라 한다.

(2) 착화단계 : 인화단계보다도 전류를 더욱 증가시키면 심하게 고무가 분출하여 액체상태의 고무가 흘러 떨어진다. 이 상태가 조금 지나면 피복전체에 착화하여 피복이 탈락하고 적열상태의 심선이 노출해서 외기에 닿아 암적색으로 변한다. 이 단계를 착화단계라 한다.

(3) 발화단계 : 착화단계보다 더욱 큰 전류를 흘리면 심선이 용단하기 전에 피복이 발화한다. 이 단계를 발화단계라 한다.

(4) 순시용단 : 대전류를 순간적으로 흘리면 심선이 용단하여, 피복을 뚫고 구리가 비산한다. 이 경우에는 구리가 분출된 곳을 제외하면 외관

구분	인화단계	착화단계	발 화 단 계		순시용단 단계
			발화후 용단	용단과 동시 발화	
전류밀도	40~43A	43~60A	60~70A	75~120A	120A 이상

상으로 하등의 변화를 볼 수 없으며, 착화나 발화는 일어나지 않는다.

이 현상들을 문헌에서는 전류 밀도로 위 표와 같이 나타내고 있다.

6. 맺는 말

산업의 원동력인 전기에너지로 인하여 발생할 수 있는 여러가지 현상중 발열현상과 발전현상은 용접, 용단, 열처리, 전기로 및 조명 관계 등 여러 기술분야에 없어서는 안되는 중요한 현상이다.

그럼에도 불구하고 이러한 현상이 바로 전기화재를 일으킬 수 있는 작용을 하고 있으니 실로 미묘한 관계라 아니 할 수 없다.

그러나「전기」자체가 화재발생의 직접적인 원인이 아니고 사용자의 취급부주의와 관리소홀 및 안전수칙의 준수소홀 그리고 각종 전기공작물의 설계부적합, 구조결함 및 설계위치 부적합성 등 간접적인 원인으로 말미암아 일어난다고 지적할 수 있다.

누전, 합선, 단락, 과부하 및 절연 불량 등은 전선에 흐르는 전류를 허용범위 이상 흐르게 하므로 주열 법칙에 기초로 한 발열로 전선 피복자체, 연료 혹은 인근 가연성

물질을 가열시키므로 화재가 발생하는 것과 개폐기 등 도체접촉 부분에서 대기오염으로 인하여 접촉저항의 증가에 기초를 둔 발열 또한 무시할 수 없다.

그리고 개폐기나 단로기, 프러그 등 전기회로의 개폐시 혹은 미소간격에서의 전압인가 상태시, 정전기가 발생된 물체들이 분리 및 이동시 불꽃 방전이 발생하게 되며, 이로 인하여 발생한 불꽃(착화하기에 충분한 에너지)이 가연성 가스 또는 폭발한계농도 이상(액체의 증기가 공기와 같은 지연성가스와 혼합해서 그 혼합농도가 폭발범위 일때)의 증기에 착화하면, 착화폭발이 발생하는 것 등 전기화재를 위와 같이 크게 두 가지 형태로 분석할 수 있으며 이들 분석결과를 토대로 전기화재방지대책을 검토하면 좋은 방안이 추정될 수 있을 것이다. ☉