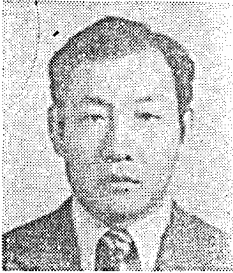


電氣事故의 原因과 防止對策



朴 昌 煥
〈延世大 教授·工博〉

目 次

- I. 감전현상과 그 예방
- II. 전기화재의 원인과 예방
 - 1. 과전류에 의한 발화
 - 2. 단락에 의한 발화
 - 3. 지락에 의한 발화
 - 4. 누전에 의한 발화
 - 5. 접속불량에 의한 발화
 - 6. 스파이크에 의한 발화
 - 7. 정전기에 의한 발화
 - 8. 낙뢰에 의한 발화

최근 급속한 경제성장에 따라 산업용 전기 시설의 증가 및 대형전물의 전기 시설의 복잡화와 생활 향상에 따라 가전기 기구의 급증으로 전력수요가 급증하는 한편, 손실을 줄여 효율적인 송배전을 위하여 지금까지의 배전 전압이 1차측 3상 3.3KV, 2차측 100V, 단상 2선 및 3상 220V이던 것을 1차 22.9KV, Y결선으로 2차 220V/380V인 3상 4선식 쌍중접지 방식을 채택 하므로써 안전 대책이 크게 문제되었고, 전기 사고 발생 빈도가 급증하게 되었다. 따라서 이에 대한 사고 원인과 그 대책을 세우는 것이 필요하다고 생각된다.

전기에 의한 사고라 하면 전기로 인한 화재와 감전 사고로 크게 분류할 수 있으므로 이에 관하여 생각하자.

I. 감전현상과 그 예방

감전은 전격이라고도 하며 인체를 통과하는 전류의 크기로서 감전도를 결정한다. 전기 회로에서 일정한 부하가 걸린 회로에는 전압의 크기에 따라 전류가 결정되는 것과 같이, 전압에 따라 인체에 흐르는 전류가 결정되므로 인체의 조건이 같을 때 전압이 높을 수록 큰 전류가 흐르게 된다. 따라서 높은 전압을 두려워 하는 것은 당연하다. 그러나 전압이 높더라도 회로의 부하 저항이 큰 경우 전류가 감소되는 것과 같이 인체의 저항이 높으면 전류는 적게 흘러 인체에

미치는 위험은 그 만큼 감소될 것이다. 따라서 인체의 저항을 무한히 크게 하면 전압이 높더라도 감전 사고는 생기지 않을 것이다. 참새가 고압선에 앉아도 감전되지 않는 것이 이런 이유가 될 것이다.

예로서 100V 또는 200V용인 가전제품 즉 세탁기, 전열기, 냉장고 또는 소켓등에서 감전되는 것은 저전압에 의한 감전으로 인체의 저항이 작은 경우 즉 손에 습기가 많거나 손에 물이 묻어 있는 경우이다.

전압이 높으면 높을 수록 인체에 미치는 충격도 커지지만 전압 그 자체가 위험한 것이 아니고 인체의 조건이 문제일 것이다.

전류가 인체로 흘러 인체의 신경을 자극하는 것을 감전이라 정의한다.

감전이 되는 경우는 통전 부분을 부주의로 접촉한 경우, 불완전한 공사로 인하여 누전되거나 전기 기기의 고장으로 누전되고 있는 금속 부분에 접촉된 경우, 고전압일 때 통전부에 직접 접촉되지 않더라도 안전 거리 이내로 접근할 때 감전될 수 있다.

감전될 때 인체에 미치는 영향은 인체의 신경을 자극하는 것이므로 전류의 종류, 전류의 통로, 통전 시간등에 따라 큰 차이가 있다. 전류가 인체로 흐를 때 자극을 느끼기 시작하는 전류를 최소 감지 전류라 하고, 남자 여자에 따라 이 값이 다를 뿐만 아니라 종사하는 직업에 따라서도 다르지만 대략 남자는 직류 5.2mA, 교류 1.1mA이고, 여자는 직류 3.5mA, 교류 0.9mA로 여자가 남자보다 더욱 민감한 반응을 나타내고 충격도 쉽게 받는다.

이 최소 감지 전류를 초과하면 근육에 충격을 주어 근육이 강직되고 호흡이 어렵게 되는데 이 정도가 되려면 전류는 남자인 경우 직류 90mA, 교류 23mA이고 여자인 경우는 직류 60mA, 교류 15mA이다.

전류가 더욱 증가하여 교류 30mA가 되면 심장의 근육 운동을 좌우하는 신경을 자극하여 심

장 운동이 불규칙하게 되고 혈액순환이 정지하여 위험 상태가 된다. 그러면 전압이 인체에 가해질 때 인체에 흐르는 전류는 어떻게 결정되는가를 살펴 보자.

손바닥의 저항 = R_H

체내저항 = R_B

발과 신발사이의 저항 = R_E 라 할 때

인체에 흐르는 전류 I는

$$I = \frac{V}{R_H + R_B + R_E}$$

가 된다. 이때 $R_H = 2,500\Omega$, $R_B = 300\Omega$, $R_E = 1,500\Omega$ 이고 가해진 전압이 100V면

$$I = \frac{100}{2,500 + 300 + 1,500} = 23mA$$

이고 200V가 가해졌다면 46mA가 되어 위험 상태가 된다. 이는 인체가 정상적인 상태인 경우이고 손에 물기가 있거나 발에 물이 묻은 경우는 더더욱 위험하다. 이때 100V이라도 전류는 35mA 정도가 흐르므로 0.3초 이내에 사망하게 된다.

그러면 이와 같은 감전 사고는 어떤 경우에 생기는지 알아 보면 다음과 같다.

1. 전기에 관한 전문적인 지식을 갖지 않은 사람이 부주의로 통전부를 접촉하는 경우
2. 공작물이 경년에 따라 절연물이 불량하게 되는 경우
3. 접지를 하지 않은 경우
4. 퓨우즈를 사용하지 않거나 과대 용량인 퓨우즈를 사용하여 전기공작물 시설이 보호되지 않는 경우
5. 충전부가 노출되는 경우
6. 방습치 않은 경우
7. 시공 불량인 경우
8. 불량 전기용품, 불량 재료를 사용한 경우 등을 들 수 있다.

따라서 감전 사고를 방지 하기 위해서는 인체의 저항, 대지와 접지저항등이 최대인 상태를 유지해야 되며 일반적인 방지 대책을 들면 다음

과 같다.

1. 민간인에 대해 전기의 위험성에 관한 계몽이 필요하다.
2. 전기설비, 전기기기의 점검을 철저히 해야 함.
3. 모든 가전기기와 전기기기의 외함은 접지를 시켜야 한다.
4. 적당한 퓨어즈를 사용하여 과전류에 작동되게 한다.
5. 고압인 경우 접근 금지 구역을 설치하여 통전부에 접근못하게 한다.
6. 허가된 기술자외는 취급 금지시켜야 하고 수시로 교육을 실시해야 한다.

참고로 지난 5년간의 감전 사고중 한국전력 선로만의 사고를 나타내면 <표-1>과 같다. 이 표에 의하면 해가 거듭될수록 사고 발생 건수가 감소하나 주택, 공장등에서 발생하는 건수를 합하면 이보다 큰 수가 될 것이다.

<표-1> 감전 사고 현황
(한전 선로 사고만임)

연도	구분 발생건수	사 고 인 원	
		사 망	부 상
78년	311	163	210
79년	267	142	181
80년	250	110	195
81년	221	98	155
82년	213	79	192

II. 전기 화재의 원인과 예방

여러 가지 보호대책을 강구 함에도 불구하고 많은 전기 사고가 발생하고 있으며 이 사고로 인하여 공장 가동이 중단되거나 인명의 피해를 가져 오거나 전기 화재로 인해 '재산상의 피해를 입는 경우가 허다하다. 따라서 전기 안전이란 측면에서 볼 때 농어촌이나 도시에서 공장은 설비의 현대화, 확장, 복잡화 등으로 작업 조건이 크게 변화를 이루고 있으며, 가정에서도 보다

많은 가전기기를 사용하게 되므로 안전에 관한 조치를 취해야 한다.

화재 사고중 비중이 큰 전기 화재는 그 발생원이 과전류, 단락전류, 누설전류, 지락전류, 접속부의 과열, 스파아크, 정전기, 낙뢰 등 그 발생원은 허다하다.

전기 화재라면 전류에 의해 발열체가 발화원이 되는 화재의 총칭으로 전기 화재의 발화과정은 발화원, 출화의 경과, 착화물 등으로 구성된다고 볼 수 있으며 세목별로 보면 다음과 같다.

1. 과전류에 의한 발화

권선에 전류가 흐르면 전선의 저항 R 때문에 $0.24i^2Rt[cal]$ 에 해당되는 주열이 발생한다. 정상적인 부하가 걸릴 때 발열과 방열이 평형되어 정상 상태를 유지할 수 있으나, 과부하가 되거나 회로 상태가 비정상이 되거나, 규격 미달인 전선을 사용하였다면 과전류로 인하여 전선 절연물의 최고 허용온도를 초과하게 되고 과열이 되어 직접 또는 피복이 탈락, 발열, 발화하므로 주위착화물의 발화원이 될 수 있다.

즉 전선, 코오드, 각종 전기 기구의 코일, 저항기 등에서 열발산 조건이 나쁜 곳 또는 인화점이 낮은 가연성 물질이 발화하게 된다.

비닐 전선인 경우 전류가 200%~300%가 되면 비닐 피복이 변질하여 원래의 형태를 잃게 되고 500% 이상이 되면 탄화되면서 발화가 되므로 인화물질이 주위에 있을 때 화재로 확대된다.

2. 단락에 의한 발화

전선, 가전기기, 전기기기, 전기설비 등에서 기계적 또는 전기적인 원인에 의해 절연체가 변질(노화) 또는 파괴되어 전선이 접촉되면 단락전류가 흐르게 된다. 단락되었을 때 흐르는 전류는 배선의 굵기, 길이에 따라 다르지만 대략 정격 전류의 10배 정도가 된다. 단락이 되는 순간 큰 소리와 동시 스파아크를 발생하며 이 스파아크에 의해 주위에 있는 인화물질에 인화되

거나 피복이 연소되어 발화원이 되기도 한다.

3. 지락에 의한 발화

지락은 전류가 대지를 통하여 흐르기 때문에 접지 저항치가 문제된다. 이 접지 저항치는 전선의 저항에 비하여 대단히 크므로 단락이 생길 때의 전류보다는 작다. 고압에 의해 지락이 되는 경우 대지와외의 간에 금속체가 없어도 목재와 같은 절연물을 통하여 발화되는 경우가 있다.

4. 누전에 의한 발화

전선 또는 전기기기의 절연이 열화, 노화, 기계적 손상등에 의해 파괴되었을 때 전선이나 코일이 전기적으로 접촉된 금속재료를 통해 대지와 접촉되면 전류가 흐른다. 이를 누설 전류라 하며 이 전류에 의하여 발화되는 화재를 누전 화재라 한다. 누전 전류가 밀폐된 누전 경로를 장시간 흐르게 되면 이로 인한 발열이 주위에 있는 인화물에 착화될 수 있다. 누전 경로가 형성되면 국부적인 파괴가 누진되어 누전 전류가 증가하여 300mA정도가 되면 발화된다.

5. 접속 불량에 의한 발화

도체가 서로 접촉되고 있는 곳에 전류가 흐르면 접촉경계면에서 전기 저항이 생긴다. 이 저항을 접촉저항이라 하고 이 접촉저항은 도체 자체의 저항율에 비하여 클뿐만 아니라 접촉면의 형상, 접촉압력등에 의해 지배된다.

따라서 전선과 전선의 접속부, 전선과 단자와의 접속부 등에서 접촉 상태가 불완전하면 접촉 저항이 크게 되어 이 부분에서 발열이 된다. 이 발열은 국부적인 것으로 이에 의해 그 부분은 팽창, 수축, 산화현상이 생겨 접촉면이 더욱 거칠어져 접촉저항이 증가하여 열의 축적이 가속되어 발화원이 된다.

6. 스파아크에 의한 발화

스위치를 개폐할 때 스파아크가 발생하는 것

으로 특히 전동기 등 유도성 회로를 끊을 때 스파아크가 심하게 생긴다. 스파아크가 생기면 공기중에 오존 가스가 생성되어 도전성이 나타나므로 아아크로 확대되거나 이웃에 가연성 가스가 있다면 폭발될 우려가 있다. 특히 가소린, 면직, 전직물을 다루는 곳에서는 신경을 써야 한다.

7. 정전기에 의한 발화

정전기는 이 물질이 마찰될 때와 정전유도에 의해 발생하는 것으로 발생 전계는 물질의 유전율, 습도, 온도 등에 따라 결정되는 것으로 모

〈表-2〉 年度別 電氣 및 其他 火災現象

연도	구분 원인	발생건수	피해액(천원)	비율	
				전 수	피 해
'82	전기	1,770	2,688,586	25.9	20.4
	기타	5,052	10,464,772	74.1	79.6
'81	전기	1,574	3,085,049	26.9	23.3
	기타	4,277	1,162,829	73.1	76.7
'80	전기	1,402	1,945,540	25.7	23.4
	기타	4,036	6,356,687	74.3	76.6
'79	전기	1,356	4,583,871	23.7	51.8
	기타	4,355	4,265,919	76.3	48.2
'78	전기	1,306	1,249,188	23.1	14.8
	기타	4,342	7,204,842	76.9	85.2
'77	전기	1,159	1,396,271	21.6	31.3
	기타	4,204	3,060,314	78.4	68.7
'76	전기	1,038	1,254,781	22	15
	기타	3,674	7,121,016	78	85
'75	전기	879	831,179	21	14
	기타	3,380	5,232,454	79	86
'74	전기	810	15,542,236	21	92
	기타	3,091	1,323,167	79	8
'73	전기	767	439,023	18	29
	기타	3,392	1,099,708	82	71
'72	전기	605	586,129	16	36
	기타	3,144	1,035,131	84	64
'71	전기	638	249,745	14	11
	기타	3,774	1,935,975	86	89

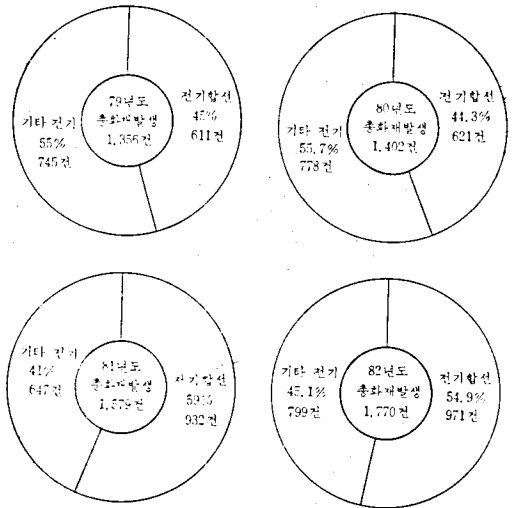
피, 유리, 운모, 명주, 면포, 목재, 수지, 금속, 유황, 셀룰로이드등에 의하여 대전량이 결정된다. 대전량이 크면 그때 발생하는 스파이크도 커지므로 이에 의해 발화된다. 따라서 정전기의 발생을 방지하기 위해서는 마찰을 가급적 적게해야 하고, 상호 대전되지 않는 재료를 선택하거나 대전량을 그때 그때 방전시켜 전하의 축적을 막아야 한다. 전하의 축적을 방지하기 위해서는 접지를 하거나 작업장의 온도를 높이거나 공기를 이온화시켜 중화시켜야 한다.

8. 낙뢰에 의한 발화

낙뢰는 정전기를 대전한 구름과 대지간의 방전 현상으로 낙뢰가 발생하면 전기회로에 이상 전압이 유기되어 절연물이 파괴될 뿐만 아니라 이때 흐르는 전류가 화재의 원인이 되기도 한다.

송전선이 낙뢰를 받게 되면 변전소의 피뢰기, 고전압, 애자, 주상변압기를 소손시키거나 전선을 절단하는 경우가 생겨 화재로 진전되는 경우가 있다.

위와 같은 원인에 의해 발생한 전기 화재를 10여년간의 통계로 나타낸 것이 <표-2>와 같다, 이 표에서 보면 1971년 전체 화재의 건수는 4,412건으로 이중 전기에 의한 화재는 638건으로 1982년도의 발생건수는 1,770건으로 무려 277% 증가하였으며 피해 액수를 보면 1971년도는 249,745,000원이고 1982년도에는 2,688,586,000



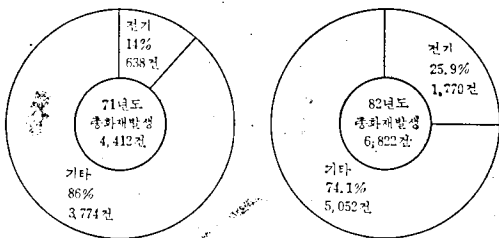
[그림-2] 발화원인별 전기사고

원으로 피해액은 1,076% 증가한 것을 알 수 있다. 이를 대조하기 위하여 [그림-1]과 같이 나타낸다.

이는 최근 화재 중에는 대형 화재가 많다는 것을 나타내고 있다.

전기 화재중 원인별로 분류하면 [그림-2]와 같다. 발화 원인이 많이 있으나 [그림-2]에서 보면 합선에 의한 발화가 1979년도에 45%로서 다른 전기에 의한 화재보다 높으며 1982년도에는 54.9%로 증가 추세임을 알 수 있다. 이는 시공할 때 규격전선을 사용할 것과 사용중 전선을 수시 점검해야 하고 과부하시키지 않고 전기를 사용해야만 사고를 줄일 수 있겠다.

결론으로 화재와 감전 사고를 예방하기 위해서는 사용자가 수시로 전기 시설물을 철저히 점검하고 과부하시키지 않으며 정격치 이내로 사용하고 절연 검사, 누전 검사도 정기적으로 실시하고 전기기기, 가전기구등이 습하지 않게 한다면 그만큼 전기 사고는 줄어들 것으로 본다. *



[그림-1] 1971년과 1982년의 화재 비교