

전기화재 원인과 대책

박 헌 식
(방재연구부 과장)

내무부 통계에 의하면 83년도 전국 화재발생 건수는 7,725건이며 이중 전기로 인한 화재는 전체의 28.3%인 2,186건으로 화재발생 원인 중 가장 많은 비율을 차지하고 있다. 그 요인은 전기소비량의 증가에도 있겠지만 전기시설의 노후화와 전기설비 기계기구의 유지관리 부실 및 부주의에 많은 원인이 있다고 본다. 따라서 전기사고가 화재의 원인이 될 수 있는 사항을 중심으로 전기원리와 사고대책을 언급함으로써 전기화재에 대한 이해의 도모와 아울러 전기화재 예방에 보탬이 되고자 하였다.

1. 개 론

전기는 발전소에서 화력 또는 수력, 원자력등의 에너지를 전기에너지로 변환시키고, 이 변환된 에너지를 일정전압으로 송압 또는 감압시켜 전선로를 통해 각 수용가에 공급되어지고 있다. 이러한 전기는 근대 첨단산업 및 정보화사회를 유지시키는 기간에너지이고 또한 많은 사람이 유쾌한 문화생활을 영위하는데 없어서는 안될 주요 요소로서 각광을 받고 있다.

그러나 이렇게 중요한 전기도 잘못 사용하게 되면 전기

의 열작용등에 의해 화재를 유발시키게 된다. 따라서 전기 화재를 방지함과 아울러 안전하게 전기를 이용하기 위해서는 제반 안전규칙을 준수하지 않으면 안된다.

2. 전기화재 원인별 대책

가. 합선에 의한 화재

단락(Short Circuit)이라고도 하며 전선이나 전기기기에 있어서 색록체가 전기적 또는 기계적 원인에 의하여 변질 또는 파괴되면 전류가 부하를 거쳐 흘러야 할 것이 통로가 바뀌어 전선간에 직접 흐르는 현상이다. 이 경우 절연체가 충분한 절연역할을 못하고 일부만 절연구실을 할 경우 단락전류가 증가되어 발열 발화로 되기까지 시간이 걸리지만 나선상태에서는 단락되는 순간 폭음과 함께 큰 스파크(Spark)가 발생하며 단락점이 용융되며 분리된다. 이 순간 단락전류는 배선의 길이, 전선의 굵기에 따라 다르지만 가정용인 경우에도 1,000(A)~10,000(A) 정도의 고전류가 흘러 많은 열이 발생되어 화재의 원인이 되고 있다. 그 사례를 보면

○ 단락점에서 발생한 스파크로 주위의 인화물질에 착화되는 경우

○ 단락순간의 전선이 고열이 되어 전선주위에 인화성물질에 접촉되어 착화하는 경우

○ 불완전 단락시 발생하는 열로 전선피복이 연소하여 이것이 발화원이 되는 경우 등으로 들 수 있다.

여기서 특히 참조할 사항은 퓨우즈의 용단특성으로 단시간의 단락(1,000(A))이 발생하였을 경우에는 회로에 삽입된 수십 암페어 정도의 퓨우즈도 동작(용단) 않을 수 있다. 또한 단락시 발열과 방열의 평형관계상 가장 발화하기 쉬운 부분에서 발화되므로 발화부가 단락점과 일치한다고 단정할 수도 없다. 그러면 단락이 이루어질 수 있는 사례를 보면

○ 코오드를 스테이플로 과도하게 죄어 코오드 절연이 파괴되어 스테이플에 의해 합선이 되는 사례

○ 키소켈 내의 나사조임 부실로 전선 끝부분이 합선되는 사례

○ 전동기 코일의 층간이 단락되어 권선이 파열되는 사례

○ 캡타이어 케이블이 기계적 충격(마모, 눌림, 단선)으로 단락되는 사례

○ 동력 인입선에 금속물이 붙어 단락되는 사례 등으로 인한 과열현상 또는 불꽃이 주위 인화물에 대한 발화원이 된

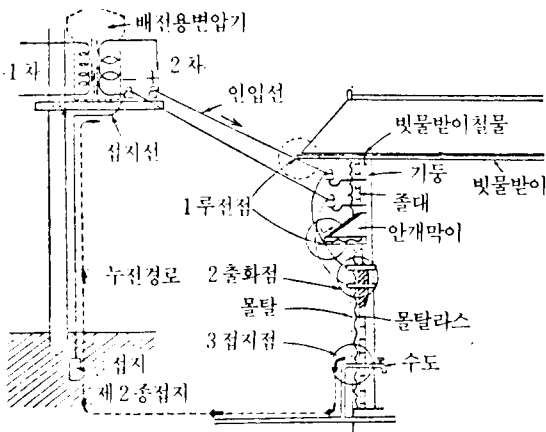
다. 따라서 단락에 의한 화재를 예방하기 위해선 전선로(전기기기포함)중 절연체의 파괴를 막는 것이 단락사고를 예방하는 것이므로 가능한 한 적정부하의 사용으로 전선로의 발열을 피하고 전선로 및 전기기기를 특별한 보호조치가 없는 한 가압식 열, 습기, 가스등에 노출시키지 말아야 하며, 아울러 기계적 손상을 방지하기 위해 난폭한 취급을 삼가해야 한다.

나. 누전에 의한 화재

일반적으로 누전이라 함은 전선 또는 전기기기의 절연이 변질(열화, 노화, 탄화, 기계적 손상등)되어 전류가 선간으로 직접 흐르면 합선이 되고, 전류가 금속체 등 도전성 물질을 통하여 대지로 누설되면 이를 누전이라 하며 이로 인하여 주위 인화물질에 발화되는 경우를 누전화재라 한다. 즉 중선부와 대지 사이에 아래그림과 같이 누전 경로가 형성되면 누설 전류로 인한 열이 절연재를 국부적으로 파괴시키게 되므로 누전 상태가 점차적으로 확대된다.

따라서 누설 전류가 밀폐된 환경하에서 장시간 흐르게 되면 연이로 인한 발열이 누적되어 주위 인화성물체에 발화가 된다. 일반적으로 발화까지 유발될 수 있는 누전전류의 최소치를 300~500(mA)로 보고 있다. 그러면 누설전류에 대해 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

누전화재의 경로



○누설 전류의 회로

배선 선로에 있어서는 고압측(1차측)과 저압측(2차측)의 혼속에 의한 위험을 방지하기 위해 일반적으로 주상변

압기의 저압측면의 일단을 접지하고 있다. 이때 단상 2선식 100(V)의 수용가의 전등배선중 (1)선은 대지 사이에 100(V)의 전압을 갖는다. 때문에 선동선의 전압축선(1)선의 피복된 부분이 벗겨져서 동선이 건조물(建造物)의 금속체에 접촉된 경우 100(V)의 전압이 걸리므로 이 선에서 금속체를 통해 대지로 흘러 변압기의 접지선에 전달되어 누설전류가 유통하는 회로가 구성된다. 이 누설전류는 건조물의 접지 저항과 주상 변압기의 접지선의 접지저항과의 합의저항치에 따라 좌우된다.

○누설전류와 과열발화

누설전류의 유통에 의해 합석판등의 접촉개소의 발열상태는 전류의 양에 의해 변화하는 것만은 아니고 동일전류에도 접촉상태에 따라서 통풍, 열전도등의 냉각작용에 의해서도 상당히 큰 차이가 있다.

- 전선과 합석판(빗물받이 등)이 접촉되는 경우

① 전선이 건물 합석판에 접촉된 경우, 이 접촉부분은 접촉저항이 있으므로 유입된 전류의 양에 비례하여 발열을 일으킨다. 또한 전선이 바람, 기타에 의해 동요되어 접촉개소(漏入點)에 붙었다 떨어지거나 접촉점이 이동할 때는 그때마다 스파크를 일으켜 동선과 같이 합석판·철선등에 스파크에 의한 용흔이 남으며, 전선과 합석판과의 접촉이 밀착상태에 있으면, 접촉저항이 적어져 누입(漏入)전류가 어느정도(5A)이상 되지 않으면 누입점(漏入點)에 있어서 과열현은 나타나지 않는다. 옥외에서 (1) 전선(비접지 전선)과 합석판이 접촉된 경우 그 접촉개소는 고온이 되지만 그 주위의 외기로 인한 냉각작용과 열전도작용에 의해 급히 온도가 저하되므로 그 부분의 전류가 적을 때(5~10A 정도)는 일부 목판은 탄화정도(고온부에 닿는 부분은 탄화적이)상으로 되고 과열부분 사이에 공간이 생김으로 해서 연소가 진전되지 않음에 따라 발화로 전진하는 것이 적지만 일반적으로 10(A)에서 20(A)의 전류에 이르면 과열 부분의 범위가 확대되므로 지붕속등이 타서 발화한다.

- 합석판과 전선 2선과의 접촉

합석판 지붕 또는 측면 합석판에 100(V)전선 2선이 피복이 벗겨져 접촉하면 합석판을 통하여 단락상태로 되고 70~80(A)의 대전류가 흐른다. 이러한 상태가 되면, 전선과 합석판 사이에 전류의 통로가 되는 합석판의 불완전한 중첩부분에서 불꽃이 발생하지만 옥내배선의 경우는 수조안에 브레이커가 작동하거나, 분기개폐기의 퓨우즈가 용단되어 사고가 방지된다. 또한 인입선에 있어서도 같은 모양으로 전주상의 "캐치홀더 퓨우즈"가 동작하는 것이 보통이다.



한편, 양선의 접촉이 지속되는 경우는 단락상태가 계속 되어 전선과 합석판의 접촉점 또는 합석판의 불완전한 곳에 불꽃이 발생하고 고열에 의해 합석판이 용융되고 주위 목판에 연소되어 발화가능성이 생긴다.

- 라스(lath)와 라스의 합친 부분의 과열

수도나 가스관에 있어서는 연돌, 간판등의 가공지선, 고정용 못등이 벽내 라스를 관통시킨 부분 또는 간막이, 빗물받이 등의 합석판 끝이 벽내 라스와 접촉된 부분 또는 건물의 귀퉁이의 라스와 라스의 합친 부분등의 누설전류가 흐르는 경우는 전류의 통로가 좁게되고 접촉부분의 라스말단의 철선을 흐르는 전류밀도가 크게 되고 접촉개소를 중심으로 전열작용에 의해 발열이 생긴다. 이러한 발열 개소의 라스는 벽내에서 목재와 밀착되어 외기의 유통이 되지않아 냉각작용이 거의 안되기 때문에 접촉개소는 흐르는 전류가 5(A)내외로 되고 라스의 철선이 과열되어 목재를 탄화시켜 적열상태에 이르고 완만한 연소를 장시간 단속시킨다음 탄화상태에서 발열되고 급속히 벽내를 태워 발화할 가능성이 생긴다. 누설전류에 의한 발화가 라스벽 건물에 많은 것은 발화점이 발견 불가능한 벽내에 있는 것과 라스는 비교적 소압류로 발화되는 것에 기인하고, 따라서, 분기개폐기는 10(A)퓨우즈를 설치하여도 작동하지 않고 빈번한 발화를 일으킨다.

따라서 누전화재를 예방하려면 정기적으로 절연검사를 하여야 하며, 절연저항 측정기가 없으면 각 부하(전등, 전

기기계, 기구등)를 끄고 적산전력계의 회전여부를 확인하여 누전여부를 검사하여야 한다. 또한 전기공사 시공에는 필히 규정공사를 잊지말아야 한다. 여기서 보다 안전을 확보하기 위해서 전기화재경보기를 설치하는 것이 바람직하다.

다. 스파크(Spark)에 의한 화재

개폐기에 의해 전기회로를 개폐할 때 또는 전기회로가 단락될 때 그 회로에 전동기 등 유도성부하때문에 개폐기 등에 스파크가 발생되어 인화성물질(가스, 증기, 분진, 고체등)에 착화될 수 있다. 실례로는 제면공장, 탄생내등에서 전동기 회로를 끊을 때 발생하는 스파크가 주위 먼, 부유물 또는 가스(가솔린, 프로판, 메탄등)와 공기가 적당히 혼합된 상태에서 착화하는 경우를 들 수 있다. 이때 스파크가 가지는 에너지가 인화성물질의 최소착화 에너지 보다 적으면 인화에까지 이르지 않는다. 따라서 스파크 발생이 예상되는 개폐기등의 주위에는 인화성물질의 반입을 삼가고 부득이 한 경우는 스파크에 의한 불꽃이 가연성물질에 착화하지 않도록 방폭형의 기구를 사용하던가 개폐기등을 불연성함에 수납하고 퓨우즈도 통형퓨우즈를 사용하는등 조치를 취한다.

라. 과부하에 의한 화재

전선에 전류가 흐르면, 전류치의 자승과 전선 저항에 비

래하여 열이 발생하는데 이 발생된 열이 전선에서의 방열과 평형되는 안전전류(허용전류)의 정상상태에서는 이것이 화인이 될 수 없다. 그러나 과부하가 걸리거나 규격미달의 전선 굵기이면 과전류상태가 되어 전선 절연물의 최고 허용온도를 초과하는 과열현상이 일어난다. 이 결과 전선 피복이 탈락, 발화하게 되므로 주위 착화물에 대한 발화원이 될 수 있다.

즉 전선, 코오드, 기기의 권선등에서 열의 방산조건이 불량한 곳 또는 그 부근에 인화점이 낮은 가연성 물질이 있으면 그 곳에서 발화하게 된다. 구체적인 예로 규격미달의 코오드에 과중한 부하를 연결 하였을 때 코오드에서의 과열 현상이 화원일 경우, 3상 전동기 개폐기 불량으로 단상 운전되어 권선에서 발화하는 경우등을 들 수 있다.

과전류에 따른 전선 피복의 변질 상황 및 전선의 허용전류를 예시하면 (표1~3)과 같다. 이들을 절연재로 구성하는 전기기기에서 그 절연재료의 최고허용온도보다 높은 상태로 운전하면(A종은+8℃, B종은+10℃, H종은+12℃에서 반감됨) 절연재료가 노화하여 수명이 단축됨과 동시에 화재의 원인이 된다.

따라서, 과부하로 인한 화재를 예방하려면 전선허용량 이상의 부하를 사용하지 않는 것이 최선의 방법이므로 법규에서 시행된 부하에 따른 전선굵기를 사용하여야 한다. 특히 기존 배선에서 주의할 점은 부하가 증설되는 경우, 그에 따른 적정 용량의 전선으로 교체를 하고 사용하여야 한다.

표 1 옥내전선의 실험예

선	과전류 %와 시간		
	절연 피복이 녹기 시작	발 연	발 화
고부전선	200% 2~3분		
고부전선	300% 1~15분	300% 2~3분	400% 50 1~2분
	400% 10~20초	400% 20~90초	
비전선	300% 2~3분		

허용전류(안전전류) 예시

표 2 코오드의 안전전류

선지름 / 소선지름 mm	30 / 0.18	50 / 0.18	37 / 0.26	45 / 0.32	70 / 0.32
단 면적 mm ²	0.75	1.25	2	3.5	5.5
안전전류 A	7	12	17	23	35

표 3 경질비닐(금속) 배선의 허용전류(A)

등	체		동일내의 전선수		
	mm ²	수/mm	3이하	4	5~6
단선		1.6	A 16(19)	A 14(17)	A 12(15)
		2.0	21(24)	18(22)	16(19)
		3.2	37(43)	33(39)	28(34)
연선	14	7/1.6	53(61)	46(55)	40(49)
	22	7/2.0	69(80)	61(73)	50(64)
	38	7/2.6	97(113)	86(102)	74(90)
	60	19/2.0	130(152)	115(136)	100(121)

마. 과열에 의한 화재

과열이란 전기기기 배선이 설계에 의한 정상 동작상태의 온도 이상으로 온도상승을 일으킬 때와 전기기기와 피과열체를 위험온도 이상으로 가열하는 것을 말하는데 전선에 대해서는 앞에서 설명하였으므로 본란에서는 후자에 대해서 논하고자 한다. 즉 과열에 의한 화재는 전열기 취급부주의로 인한 것이 대부분이다. 그 예를 들면 전기다리미, 난로, 헤어드라이어 등을 사용후 푸러그를 빼지않고 자리를 비운 사이에 누적된 열에 의해 발화원인이 될 수 있으며, 전기장판, 담요등의 온도조절기 고장으로 과열되어 발화될 수도 있고, 백열전구의 열이 장시간 가연물(의류, 종이등)에 가리워져 열이 외부로 발산치 못하여 발화의 원인이 될 수 있다. 따라서 과열에 의한 화재예방은 불량전기제품 사용금지과 아울러 전열기구는 차열판등의 조치가된 일성 장소에서 발열부 주위에 가연물을 방치하지 않아야 하며 특히 전기기로 또는 전기전조장치등은 이상온도 상승시 자동신원 차단 방법을 강구하여야 한다.

바. 접촉불량에 의한 화재

전선과 전선, 전선과 단자 또 접촉편등의 도체에 있어서 접촉상태가 불완전하면 접촉저항이 커져 발열하게 된다.

이 발열은 그 부분에 열팽창과 수축 및 산화(酸化)작용 등이 일어나 접촉면이 더욱 거칠어지므로 접촉저항이 증가되어 적열상태에 이르러 주위 가연물을 발화시킨다.

구체적인 예로 코오드의 접촉불량으로서의 발열과 텀블러 스위치, 개폐기등의 접촉불량 혹은 접촉재료 불량으로 인한 발열등의 주위 가연물에 대한 발화원이 되는 사례를 들 수 있다.

이를 방지하려면, 전기적인 접촉장소(전선이음장소, 스위치, 콘센트, 개폐기 등)에 접촉저항을 가능한한 적도록 설치하고 전선, 기기, 그 부분은 검정에 합격한 검정품을

사용하여야 한다.

사. 정전기에 의한 화재

정전기에 의한 화재는 원인규명에 있어 확인이 어려워 구체적으로 재해건수가 나타나지 않았으나 이로 인한 재해는 예상외로 많을 것이라고 예측된다. 따라서 정전기 재해에 대해 많은 관심을 기울여야 하겠다.

정전기에 의한 재해는 대전된 기계장치등에, 인체등에 접촉되어 전격을 받을 경우 또는 인체 자신이 대전되어 접지체에 접촉되어 전격을 받을 경우, 대전체의 방전불꽃에 의해 부근에 채류되는 가연성가스, 증기, 분진 등이 인화폭

- 벨트(Belt)등에서 슬립(Slip)을 일으키지 않도록 하여 마찰을 적게한다.

- 접촉물질은 대전서열이 가까운 2개의 물질로하여 대전량을 줄인다.

- 고무, 프라스틱에 카본블랙, 금속분말등 도전성물질을 넣어 사용하므로 고유저항을 줄임으로 인체와의 대전을 줄인다.

- 인화성액체에도 도전성물질을 혼입하여 고유저항을 줄인다.

- 물질표면을 친수성으로 하여 전하의 발생을 방지한다.

○ 누설에 의한 전하의 축적 방지

표 4) 가연성혼합기의 최소점화 에너지(화확종론조성)

증기·가스명	최소점화에너지mJ	증기·가스명	최소점화에너지mJ
메탄	0.47	메탈·에틸·케톤	0.68
에탄	0.285	아세톤	1.15
프로판	0.305	초산메틸	0.40
아세틸렌	0.02	초산에틸	1.42
에틸렌	0.096	초산비닐	0.70
프로필렌	0.286	벤젠	0.55
메타놀	0.215	산화에틸렌	0.087
아세트·알데히드	0.375	이유화탄소	0.015
디메틸에탄	0.33	수소	0.02
디에틸에탄	0.49	유화수소	0.068
과산화디부틸	0.41	암모니아	1000로 발화한다.

발하는 경우와 제조공정중의 물품이 대전되어 밀착 또는 이산되어 작업상 장애를 받은 경우등 크게 3가지로 대별할 수 있다. 그 중 대전체의 방전에 의한 인화폭발이 재해에 많은 영향을 주고 있다. 예를 들면 인체가 2,000(V)에 대전되면 접지 금속체에 접촉되어 방전된 경우 정전 스파크의 에너지는 인체의 정전용량을 200PF라 하면,

$$E = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2} \times 200 \times 10^{-12} \times 2,000^2 = 4 \times 10^{-4}$$

로 된다. 즉 0.4mJ이 되어 일반적으로 탄화수소를 점화하는데 충분한 양이 된다. 참고로 각 물질에 따른 최소점화 에너지를(표 4)에 소개한다.

따라서 이에 대한 재해를 방지하려면 정전기 발생량을 억제하는 방법과 발생된 전하를 누설(漏洩)시키거나, 중화시켜서 정전기 에너지를 축적하지 않도록 하는 방법 등이 있다. 이에 대해 보다 구체적으로 알아보면 다음과 같다.

○ 정전기의 발생 방지

발생된 전하를 빨리 누설시켜 방전을 일으켜 축적이 안

되도록 하는 것으로 다음의 방법이 있다.

- 양자의 전위차를 없애기 위해 서로 다른 도체간을 결합하는 본딩(Bonding)과 대지간의 전위차를 없애기 위해 접지를 한다.

- 주위·공기의 상대(相対)습도를 증가시킨다(60~70% 이상).

○ 중화에 의한 전하의 축적 방지법

대전체의 주위 공기를 이온화하여 이에 의해 대전체를 같은 전하로 중화하는 방법으로 고압 코로나 방전에 의한 이온화법이 있다.

○ 정전 스파크를 발생하여도 인화하지 않도록 하는 방법

유연상의 전하의 경우에는 정전 스파크가 발생하여도 인화하지 않도록 하는 방법으로 증기공간을 불활성화하면 되므로 산소를 다른 불활성가스와 치환하든가, 또는 천연가스 같은 것으로 증기공간을 폭발한계이상의 농도에 이르도록 하는 방법 등이 있다.