

전기화재의 발생요인 분석과 경감대책*

장정태

우리나라의 최근 10년(2000-2009)동안 발생한 화재를 살펴보면, 연평균 37,704건, 재산피해액 196,897백만 원이고, 2009년의 경우, 총 화재발생 47,318건, 재산피해액 251,853백만 원이었다. 전기화재의 경우는 2005년까지 총 화재 발생건수에 대해 30%를 상회하는 1만여 건을 나타내다가 2006년에 29.6%, 2007-2009년은 22%대로 낮아졌으며, 최근 10년간 전기화재의 연평균 재산피해액 60,211백만 원으로 전체 재산피해액의 30%를 상회하였고, 2009년은 전체 화재발생건수의 22.8%인 10,786건, 재산피해액은 24.8%인 62,281백만 원이었으며 계속 전기화재는 화재 발생원인의 1순위를 점하고 있는 실정이다. 그러나 미국 17.6%, 영국 4.5%, 일본 10.9%, 대만 17.9%와 비교하면 높은 편이어서 보다 향상된 안전한 생활환경을 위해서는 전기화재의 적극적인 감소 대책을 펴야 함으로 그동안의 전기화재 발생추이 분석, 발생메커니즘, 발생요인 분류의 문제점, 주요 발생요인과 이에 대한 대책을 각각 고찰하였다.

주제어: 화재, 전기화재, 전기 화재 메카니즘

1. 서론

그동안 전기화재는 전체 화재발생 건수에 대한 점유율이 30%를 상회해 오다가 2006년부터 20%대로 진입하여 2007년부터는 크게 경감한 것으로 나타나지만, 세부내용을 살펴보면 2007. 1. 1부로 새롭게 개편한 화재원인 분류법에 의하면(소방방재청, 2009), 가장 큰 화재원인 1순위는 여러 원인을 망라하는 ‘부주의’로 이후 계속 부동적으로 1순위로 부각되고 있다. 그러나, 단일 원인으로서는 계속 전기화재가 1순위인데도 전체적으로 2순위가 되어 그 심각성이 둔화되게 느껴지지만 해외 전기화재 현황을 보면(전기안전공사, 2011), 미국 17.6%, 영국 4.5%, 뉴질랜드 5.6%, 스코틀랜드 9.5%, 일본 10.9%, 대만 17.9%로 우리나라의 경우 높은 편이어서 765 kV 국산화 및 해외 수출의 전력기술의 선진화에 걸맞게 전기화재의 경감을 위한 구체적이고 체계적인 노력이 절실히 요청되는 현실이다.

전기화재의 원인조사 및 분석방법에 대한 연구로 김종훈(2002)에 의하면; 서울방재본부와 전기안전공사의 분류방법이 상이하여 통일된 분류법의 필요성과 합선, 과부하, 정전기, 낙뢰, 트래킹, 그래파이

* 이 논문은 대불대학교 2011년도 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음.

트 현상, 전기스파크, 접촉불량, 아산화동 증식, 기타(원인불명)의 10종류의 분류법을 주장 하였고 2007. 1. 1부로 새로 분류하여 적용(소방방재청, 국가화재분류체계 매뉴얼, 2006)하는 소방방재청의 화재발생원인 분석에 대하여 이종호(2009)에 의하면; 전기화재 원인 분류와 통계의 문제점 분석 및 개선안 제시에서 전기화재 원인분류 개선안과 전기화재 통계 개선안을 발표 하였는데, 이를 포함한 보다 근본적인 전기화재 감소 노력이 강조되는 현실에서, 본 논문에서는 그동안 규명한 전기화재에 대한 교재(임재운 외, 2006, 현성호 외, 2003, 광주소방학교, 2009, 한국전기안전공사, 전기재해통계 2010)내용과 관련 논문(원종수, 1987-1988, 이상호 외, 2004, 최충석, 2010)의 내용과, 다년간 현장 경험으로 습득한 기술지식을 토대로 전기화재의 발생추이의 분석에서부터 전기화재의 발생 메카니즘의 재 고찰, 현재 적용하고 있는 전기화재 발생요인 분석의 문제점과 구체적인 대안을 각각 제시하고 전기화재 경감을 위한 노력이 특정한 어느 한 기관에서 이루어 질 수 없는 안정된 전력공급은 다자간의 역할(전력연구원, 1988)에 의하며 상호 유기적인 협력 하에 추진되어야 전기화재의 감소가 쉽게 실현될 수 있음을 제시하였다.

II. 전기화재의 고찰

과거 15년 동안 발생한 전기화재에 대하여 발생추이를 분석하고 전기화재의 발생 메카니즘, 주된 발생요인의 파악, 현행 전기화재 발생요인 분류의 모순점과 대안 및 전기화재 감소를 위한 대책을 각각 분석하였다.

1. 전기화재의 발생추이

우리나라의 화재발생 추이를 살펴보면 해방이후 완만한 증가 추세로 1만 건 미만이었다가, 1986년부터 1만 건을 상회하기 시작하여 1987년부터는 급속한 경제성장에 따른 양적성장에 질적성장이 뒷받침되지 못하여, 안전의식의 절대적 결여와 소방대상물의 현저한 증가, 생활환경의 변화, 에너지 사용의 급증 등으로 화재발생 요인이 크게 다양화 되어 급격한 증가추세를 보였다(소방방재청, 2009). 따라서 1994년에는 2만 건을 상회하였고, 불과 4년 후인 1998년에 3만 건을 초과하였으며, 2007년부터는 4만 건을 넘어 현재 5만 건을 목전에 두고 있다.

아래 <표 1>은 1995년부터 2009년까지 우리나라 전역에서 발생한 전체 화재건수와 재산피해액과 이 가운데 전기화재로 인한 발생건수 및 점유율, 재산피해액을 분석한 내용이다. 최근 10년간(2000-2009)의 총 화재 발생건수를 살펴보면 매년 평균 37,704건이 발생하였고, 이에 대한 재산피해액은 연간 1,968억 9,700만원에 이르고 있으며, 2008년의 천여억 원 이상의 월등히 추가된 재산피해액은 너무나 충격적인 승례문의 화재에 의한 완전소실의 재산피해액이 포함된 원인이다.

전기화재의 경우는 전체 화재발생 건수에 대한 점유율이 1985년 34%에서 1994년 39%로 증가하였으나 2006년부터 30%대를 탈피하여 2007년부터 2009년까지는 계속해서 22%대를 유지하고 있으며 2009년의 경우는 총 47,318건의 화재 발생에 대하여 22.8%인 10,786건을 나타냈으며, 2009년도의 전기화재의 재산피해액은, 전체 화재발생 재산피해액 251,853백만 원에 대하여 62,281백만 원으로 31.6%를 점유하여 높은 비중을 나타내고 있다. 2006년도까지는 계속 전기로 인한 화재원인이 1순위를 점유 하였지만 2007. 1. 1부터 새롭게 적용한 화재발생요인 분류한 발화요인 분류법에서는 ‘부주의’에 의한 화재발생 요인이 제일 높고, 2순위로 ‘전기적 요인’으로 분류 되었는데 새 분류법에 의하면 계속 ‘부주의’가 1순위의 요인으로 되어 2009년의 경우도 부주의가 22,763건의 48.1%로 1순위이다.

<표 1> 전체 화재건수 및 재산피해액과 전기화재의 점유율 및 재산피해액(1995-2009)

연도/구분	전체 화재건수 (건)	재산피해액 (백만원)	전기화재		
			발생건수	점유율 (%)	재산피해액 (백만원)
2009	47,318	251,853	10,786	22.8	62,281
2008	49,631	383,141	11,308	22.8	107,459
2007	47,882	248,417	10,569	22.1	63,460
2006	31,778	150,792	9,392	29.6	41,794
2005	32,340	171,374	9,991	30.9	44,577
2004	32,737	146,634	10,450	31.9	47,841
2003	31,372	151,590	10,670	34.0	49,898
2002	32,966	143,447	11,202	34.0	57,958
2001	36,169	169,750	12,300	34.0	67,856
2000	34,844	151,972	11,796	33.9	58,985
1999	33,856	166,426	11,204	33.1	54,673
1998	32,664	159,721	10,897	33.4	57,647
1997	29,472	121,712	10,075	34.2	52,628
1996	28,665	113,148	10,007	34.9	51,321
1995	26,071	100,745	9,307	35.7	39,209

※ 자료: 소방방재청(2009)를 기초로 연구자가 작성.

새로운 분류법의 ‘부주의’는 화재발생 요인 1순위가 되기 충분하게 광범위한 요인을 포괄하고 있는데 소방방재청, 2009년 전국 화재발생 현황 분석(2010)에 의하면; 부주의에 의한 발생화재의 주된 요인을 구체적으로 살펴보면,

- 1) 담배꽂초 방치; 6,901건 (14.6%)
- 2) 음식물조리; 3,255건 (6.9%)
- 3) 쓰레기 소각; 3,183건 (6.7%)
- 4) 불씨, 불꽃, 화원방치; 2,439건 (5.2%)
- 5) 불장난 1,790건 (3.8%)
- 6) 용접·절단·연마 1,351건 (2.9%)

- 7) 논·임야 태우기 1,190건 (2.5%)
- 8) 가연물 근접방치 743건 (1.6%)
- 9) 빨래삼기 190건 (0.4%)
- 10) 유류취급 중 120건 (0.3%)
- 11) 폭죽놀이 39건 (0.08%)

으로 나타나 단일 요인만의 비교시는 실질적으로 <표 2>와 같이 전기적 요인이 가장 높은 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다.

<표 2> 화재발생 주요 원인(1997-2009)

구분	1위		2위		3위		4위		5위	
	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수
2009	부주의	22,763	전기적	10,786	미상	4,694	기계적	3,651	방화의심	2,605
2008	부주의	24,052	전기적	11,308	미상	4,301	기계적	3,550	방화의심	3,441
2007	부주의	22,567	전기적	10,569	미상	5,155	기계적	3,391	방화의심	2,654
2006	전기	9,392	방화	3,413	담배	3,311	불티	2,416	불장난	1,165
2005	전기	9,991	방화	3,326	담뱃불	3,291	불티	2,460	불장난	1,120
2004	전기	10,450	담뱃불	3,585	방화	3,291	불티	2,464	불장난	1,385
2003	전기	10,670	담뱃불	3,316	방화	3,219	불티	2,061	불장난	1,274
2002	전기	11,202	담뱃불	3,847	방화	2,778	불티	2,251	불장난	1,187
2001	전기	12,300	담뱃불	4,445	방화	2,709	불티	2,464	가스	1,479
2000	전기	11,796	담뱃불	4,303	방화	2,559	불티	2,179	불장난	1,696
1999	전기	11,204	담뱃불	4,256	방화	2,434	불티	1,910	불장난	1,835
1998	전기	10,897	담뱃불	3,856	방화	3,056	불장난	1,938	가스	1,827
1997	전기	10,075	담뱃불	3,626	방화	2,655	불티	1,757	불장난	1,566

※ 자료: 소방방재청(2009), 현황 분석을 토대로 본 연구자가 작성.

전기화재의 건수에는 일부 사람들이 퇴근하고 없는 곳에서 발생하는 원인미상의 화재를 전기 누전으로 단정하거나 불분명한 화재 발생도 일부 함산시킬 수 있지만 단일요인으로 소방방재청, 2009년 전국 화재발생 현황 분석(2010)에서; <표 3>에서 알 수 있는 것처럼 2008, 2009년 전기적 발화 요인은 만여 건을 상회하는 부동의 1위임을 간과할 수가 없다.

<표 3> 전체 화재건수의 주요 발생원인(2008-2009)

구분(건)	계	전기적 요인	기계적 요인	가스 누출	화학적 요인	교통 사고	부주의	기타 실화	자연적 요인	방화	방화 의심	미상	
2009년	47,318	10,786	3,651	212	285	622	22,763	727	217	756	2,605	4,694	
2008년	49,631	11,311	3,554	236	254	647	24,048	819	220	800	3,441	4,301	
전년 대비	건 수 증 감	-2,313	-525	97	-24	31	-25	-1,285	-92	-3	-44	-836	393
		-4.7%	-4.6%	2.7%	-10.2%	12.2%	-3.9%	-5.3%	-11.2%	-1.4%	-5.5%	-24.3%	9.1%

※ 자료: 소방방재청(2009)에서 발췌, 작성한 것임.

2. 전기화재의 발생 메커니즘

전기화재란 연소가 형성되는 3대 요건(현성호 외, 2003)의 하나인 점화원의 열원 공급이 전기에 의한 발열체가 발화원이 되어 화재가 발생하는 모든 화재(광주소방학교, 2008)를 말하는데, 일반적으로 전기화재는 전류에 의한 발열작용인 주열(joule)열원과 아크에 의한 아크(Arc)열원이 점화원으로 작용하여 발생하게 된다. 전기회로를 구성하는 전선 자체에도 각각 저항이 존재하며, 여기에 전류가 흐르면 전자의 이동에 따른 원자들의 충돌로 열, 진동 에너지에 의한 열이 다음 식으로 발생한다.

$$\text{열 량} = \text{전류}^2 * \text{저항} * \text{시간} \quad [\text{Joule}] \quad Q = I^2RT \quad [\text{Joule}]$$

$$\text{발열량} = 0.24 * \text{전류}^2 * \text{저항} * \text{시간} \quad [\text{cal}] \quad W = 0.24 I^2RT \quad [\text{cal}]$$

저항이 감소하면 전류가 증가하고 주열열은 이 전류의 공급에 비례하게 됨으로 많은 열이 발생하게 되고 저항이 감소하면 전체 전류가 감소하여 주열열도 작게 발생 하지만 국부적으로 저항이 큰 개소는 주열열이 상대적으로 많이 발생하여 전기화재의 발열원이 될 수 있으며 전기에너지의 열원으로 그동안 분석된 내용(이춘하 외, 2008; 김시국 외, 2007; 이상호 외, 2004; 전기안전공사, 1994)의 저항열원, 유도열원, 유전열원, 아크열원, 낙뢰열원, 정전기열원은 화재가 발생할 수 있는 개연성의 요인일 뿐 화재 발생 뒤 현장에서 규명하기에는 정확성을 기하기 어려운 불합리성의 모순을 안고 있으므로 이의 발생요인 분류는 바람직하지 못하다.

3. 전기화재 발생원인 분석과 대책

C급으로 분류되는 전기화재는 전기시설이 파괴 내지 불량 되어 화재가 발생하는 것으로 우리가 사용하는 전기는 전선로에서 잘 절연된 케이블전선으로 먼저 적산전력량계(Kilo watt hour meter)의 일차 측에 연결되고 2차 측에서 시작되는 전선로는 누전시 신속하게 차단하는 기능을 가진 누전차단기(Earth leakage breaker; ELB)와 단락이나 과부하시 퓨즈(fuse)가 녹아 선로를 차단할 수 있는 나이프 스위치(Knife switch; KS), 또는 지정된 전류 이상이면 선로를 차단하는 배선용차단기(Molded case circuit breaker; MCCB, No fuse breaker; NFB)등 각종 부하에 적절한 용량을 관리할 수 있는 설비들로 구성되어 있지만 이들이 제대로 동작하지 않아 전기화재가 발생하게 된다. 그동안 발생한 전기화재의 주된 원인은 소방방재청, 화재통계연감(2010)과 전기안전공사, 전기화재통계(2010)에 의하면; <표 4>와 같이 1순위; 단락, 2순위; 과부하와 기기과열, 3순위; 기타 또는 누전, 4순위; 접촉불량으로 나타났는데 이 내용을 중심으로 전기화재 발생요인을 정의하는 것이 훨씬 더 감소대책을 수립하기가 용이하며 파레토의 법칙처럼 1, 2순위의 주된 내용에 대하여 중점적으로 대안을 세운다면 대폭적인 감소가 될 것이다. 본 연구에서는 이의 내용을 중심으로 각각 분석하고 대안을 검토하였다.

<표 4> 전기화재의 주요원인(1996-2009)

구분	1위		2위		3위		4위		5위	
	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수	원인	건수
2009	단락	7,945	과부하	1,132	기타요인	983	누전지락	579	반단선	148
2008	단락	8,239	과부하	1,433	기타요인	892	누전지락	606	반단선	141
2007	단락	7,412	과부하	1,282	기타요인	1,162	누전	550	반단선	158
2006	단락	5,029	기기과열	1,183	과부하	573	누전	434	접촉불량	431
2005	단락	4,985	기기과열	1,304	과부하	755	누전	391	접촉불량	378
2004	단락	5,443	기기과열	1,280	과부하	715	누전	415	접촉불량	348
2003	단락	4,537	기기과열	1,135	과부하	757	누전	428	접촉불량	393
2002	단락	6,312	기기과열	879	과부하	870	누전	511	접촉불량	178
2001	단락	8,200	기기과열	854	과부하	798	누전	775	스파크	295
2000	단락	7,222	과부하	834	누전	698	기기과열	642	스파크	257
1999	단락	8,208	과부하	814	누전	748	기기과열	626	접촉불량	397
1998	단락	7,974	과부하	727	누전	713	기기과열	478	스파크	247
1997	단락	7,327	누전	696	과부하	596	기기과열	465	접촉불량	264
1996	단락	5,695	누전	782	과부하	605	기기과열	518	스파크	318

※자료: 소방방재청(2009), 현황 분석을 토대로 본 연구자가 작성.

1) 단락

단락이란 큰 과전류가 형성되는 것으로 전기회로에서 부하없이 전선 간에 서로 접촉하는 현상을 말하는데, 이같은 단락은 2선에 의한 단락, 3선 동시 단락을 생각할 수 있는데 형성되는 큰 전류로 주열은 대단히 커지만 그동안 분석된 결과는 광주소방학교, 화재실무 하(2008)에 의하면 이로 인해 바로 화재로 이어지는 확률은 적은 것으로 조사 되었고, 발생하는 아크가 주위의 연소물질에 점화하여 화재를 발생시키거나 서서히 진전되는 과정에서 주위의 물질들을 건조시키거나 탄화시켜 착화되는 것으로 하고 있다. 그러나 최초의 원인 제공이 단락에 의한 것이며 전기회로의 특성상 단락이 되는 지점까지의 전선로는 큰 주열열이 형성됨으로 단락 자체가 곧 화재라는 인식으로 이를 방지 또는 신속한 차단설비를 사용하여야 하고 지금까지 단락이 발생할 수 있는 주요 요인인 무의식적인 과실, 실수, 착오, 중량물에 눌리거나 눌릴 전선 상호간, 진동에 의한 접속부의 이완, 탈락, 시공시 스테이플(Staple), 못 등의 부적절 사용, 급격한 꺾임전선이나 굽혀진 전선을 펼 때의 부주의, 노후화된 전선의 피복의 절연불량, 동물, 특히 쥐의 박피현상, 고온, 다습 등 변화가 심한 외부 환경에서의 전기 시설의 노출에 대한 분석을 철저히 강화하여 각각의 저촉 여부를 고려하며 여타의 원인에 대한 보완책을 강구해야 한다.

소방방재청, 국가화재분류체계 매뉴얼(2006)에 의하면; 화재의 분류를 발화열원, 발화요인, 최초착화물, 발화관련기기, 동력원, 연소확대물 등 총 18개 부문으로 구분하여 대분류, 소분류에 의해 조사하고 있는데 전기적 요인과 관련된 내용은 <표 5>와 같다.

<표 5> 국가 전기화재의 분류

구 분	대분류수	대분류	소 분 류
발화열원	9	작동기기	① 전기적 아크(단락) ② 불꽃, 스파크, 정전기 ③ 기기전도·복사열 ④ 역화 ⑤ 기타
발화요인	9	전기적 요인	① 누전/지락 ② 접촉 불량에 의한 단락 ③ 절연열화에 의한 단락 ④ 과부하, 과전류 ⑤ 압착손상에 의한 단락 ⑥ 층간단락 ⑦ 트래킹에 의한 단락 ⑧ 반단선 ⑨ 미확인 단락, ⑩ 기타
최 초 착화물	13	전기, 전자	① 전선피복 ② 전기전자기기 절연유 ③ 전기, 전자기기 케이스 ④ 전기, 전자기기 기관 ⑤ 전자기기 부품품 ⑥ 콘센트, 스위치류 ⑦ 기타
발 화 관련기기	15	15종의 우 측의 기기 별로 소분류	① 계절용기기 ② 생활기기 ③ 주방기기 ④ 영상음향기기 ⑤ 사무기기 ⑥ 조명, 간판 ⑦ 배선/배선기구 ⑧ 전기설비 ⑨ 산업장비 ⑩ 농업용장비 ⑪ 의료장비 ⑫ 상업장비 ⑬ 차량, 선박부품 ⑭ 기타 ⑮ 미상
동력원	5	전기	① 22.9kV이상 전원 ② 3,300V이상 상용전원 ③ 440V이상 상용전원 ④ 380/220V ⑤ 110V이하 상용전원 ⑥ 직류24V이상(배터리)전원 ⑦ 직류12V이하(배터리)전원 ⑧ 기타 전원
연소확대물	13	전기, 전자	① 전선피복 ② 전기전자기기 절연유 ③ 전기, 전자기기 케이스 ④ 전기, 전자기기 기관 ⑤ 전자기기 부품품 ⑥ 콘센트, 스위치류 ⑦ 기타

※ 자료: 소방방재청(2009), 자료를 토대로 본 연구자가 작성.

위의 내용에서 단락에 대한 분류가 필요 이상으로 세분되어 각각의 현상에 대한 구분이 애매하게 되는 문제점이 있다. 예컨대, 층간단락이나 트래킹은 절연열화가 주 원인이 되어 진전되는 현상인데 이를 세분한 것은 전문가들도 분류하기가 어렵기 때문에 각 용어별로 공통적 함의를 도출할 수 있는 요인으로 구분하는 것이 바람직하다. 발생요인에 대한 정확한 분석은 곧 예방을 위한 구체적인 대책을 세울 수 있는 지름길인 만큼 보다 뚜렷하고 구체적인 발생요인의 정의가 요구되어 단락구분을 판이하게 다른 내용인 ②③⑤⑨ 향으로 국한할 필요가 있다.

미국 NFPA(National Fire Protection Association, 2009)에 의하면; 가정에서의 전기화재의 경우, 발생된 기기 중심으로 대분류를 한 뒤, 기기에 대해 어느 부위의 문제인지를 소분류하여 구체적으로 세분하고 있는데 이와 같은 방법으로 접근하여 이 결과에서 대책을 찾는 노력을 기기결함이면 제조사, 시공불량이면 공사업체, 제도 보완이면 행정관서, 사용 미숙이면 사용자에게 대한 안전교육 등으로 되먹임(Feedback)을 할 수 있는 체제를 구축한다면 전기화재 감소의 실질적 활용이 될 것이다.

2) 과부하, 과전류

전선이나 기기사용의 허용전류는 온도상승에 의한 기계적인 강도나 절연저항 등에 대해 안전하게 흘릴 수 있는 최대전류를 말하는 데 이를 초과하는 전류를 과전류라고 한다. 과부하, 과전류, 기기과열은 과부하가 되면 과전류가 흐르는 것이고, 과전류가 흐르면 기기과열이 되는 상호 인과적인 관계이어서 서로 분리하기 보다는 과전류 또는 과부하로 단일화 하는 것이 바람직하므로 과전류로 한정함이 더 적합성이 크다.

발생 요인은 크게 두 가지로 대별할 수 있는데 전선로의 경우는, 전선, 차단기 등 회로 구성설비에 정격전류 이상으로 전류가 흐르게 사용할 때이고, 다른 하나는 전기기기류를 장기간 사용하여 과열되어 과부하가 되는 조건의 운전상태 이거나 절연열화와 노후된 전선의 절연열화 및 허용전류의 감소 현상이다. 과부하상태는 당장 화재로 연결되는 것이 아니지만 지속적으로 주변물질들을 연소충분 조건으로 축진시킴으로 점화원만 있으면 쉽게 화재로 진전될 수 있다. 또, 전기기기를 사용하다 불량되어 수리를 할 경우에, 특히 전동기의 경우 초기의 정격용량보다 증대되는 점에도 유의해야 한다.

전기안전공사(1994)의 정격 허용전류가 27[A]인 600V, 1.6 mm 옥내 비닐절연 전선의 과전류에 대한 온도변화와 전류 감소 특성을 실험한 결과에 의하면 <표 6>과 같이 급격하게 온도가 상승하고 온도가 상승할수록 전류의 감소현상이 커짐을 알 수 있다. 본 실험에서는 온도에 따른 전선 피복의 변질상태가 168℃부터 나타났고 250%의 전류에서는 수분간만 흘러도 쉽게 변형현상이 나타났으며 한번 과열되어 식은 전선은 전류의 감소계수가 커서 더욱 전류를 경감시켰다.

<표 6> 옥내 비닐전선의 과전류에 따른 온도특성과 정격전류 감소특성

구 분	200% (54A)	250% (67.5A)	300% (81A)	350% (94.5A)	400% (108A)	450% (121.5A)
최대 온도(℃)	140	220	530	770	860	930
소요 시간(초)	500	780	190	140	130	150
최종온도(℃)*a	130	220	470	590	690	780
감소 전류[A]	50 (-4A)	60(-7.5A)	70(-11A)	80(-14.5A)	90(-18A)	100(-21.5A)

* 자료: 전기안전공사(2000), 연구 자료를 참고하여 본 연구자가 작성.

* a: 감소된 전류에 의한 최종온도

과전류가 흐르면 온도가 상승하고 온도가 상승하면 저항이 증가하여 전류가 감소하게 되는 데 고온이 될 수록 이 영향은 심해져서 전선의 최고 허용온도를 초과하는 과열현상이 쉽게 나타날 수 있어 과부하의 장기간 지속은 화재발생의 여건을 촉진하게 되므로 허용전류를 관리할 수 있는 전류제한기(current limit switch)나 초과시 알람 경보를 발생하는 과부하 경보기의 개발과 사용이 요구된다. 또 허용전류 이하에서도 과부하를 의심할 수 있는 규격보다 가는 전선의 사용, 비규격품 사용, 연선전선에서 소선 단선 연결, 전선이 감겨진 상태(코드릴)로 허용전류 가깝게 사용하는 경우, 전류의 감소계수를 고려하지 않고 사용하는 경우, 전기담요, 전기장판, 전기방석 등의 장시간 사용 등 일반인도 충분히 알 수 있는 교육 내지 홍보가 필요하다.

3) 누전

전기가 온전한 경로로 흐르지 않고 일부가 새는 경우를 누전(漏電, Leakage current)이라고 하는데, 누전이 지속되면 목재 등에는 깊은 탄화현상을 가져오며 절연물의 열화를 촉진시켜 단락, 과부하

등의 원인이 된다. 우리나라는 220[V]로 승압하면서 필히 누전차단기 설치가 의무화 되었지만 장거리 말단의 누전이나 서서히 진전하는 누전에는 제대로 동작하지 않는 수가 많고 이동용 전선에 의한 말단에서의 누전은 잘 감지되지 않아 현행의 감지전류 30mA급보다 더 작은 전류에서 동작하는 예민한 누전차단기의 개발이 요구된다. 특히 농어촌에서는 처마 끝에 있는 누전차단기가 해풍에 쉽게 불량 되어 누전되어도 자동 동작을 하지 않아 화재 날 위험이 크므로 공사자는 시공시 설치위치를 잘 선정해야 하고 매월 점검시마다 누전차단기의 정상 작동시험을 하도록 하는 관리가 필요하다. 또 장거리 분기선로는 각 분기마다 누전차단기를 다는 것을 의무화 하는 것이 필요하고 장거리 이동용 전선은 누전차단기가 부착된 것을 사용할 수 있도록 강화하는 것이 요구된다.

4) 접촉, 접촉불량

접촉과 접촉이 같은 의미가 아니므로 이 용어의 정의를 명확히 하는 것이 먼저 전제되어야 하는데 전기회로에서는 스위치나 개폐기, 차단기류에서는 완전한 접촉이 중요하고, 전선로의 분리, 연결 등에서는 커넥터, 클램프, 슬리브, 터미널, 나사 등으로 접촉하는 것이다. 따라서 이 두 경우가 모두 접촉이나 접촉에 포함되는 것으로 수용해야 한다. 전기회로에서의 접촉부는 주택, 공장, 빌딩 할 것 없이 필연적으로 존재할 수 밖에 없는 것으로 전선과 전선 상호간, 전기배선과 전기기계 기구간, 배전반과 분전반, 기계기구의 내부 등에서 매우 많이 존재하게 된다. 중전에는 접촉부를 납을 녹여 가열방식으로 사용하였으나 최근에는 기계적 압력방식을 이용하여 간편하게 접촉하는 방식을 선호하여 분리가 가능한 방식과 불가능한 방식이 혼용되고 있다. 분리식의 압력방식에서는 한번 악력이 약화되면 접촉 품질이 저하되어 도체 간에 틈이 생기고 여기에 공기가 표면을 산화시켜 전기저항을 증가시켜, 통전시 주열열에 의한 도체의 온도 상승으로 이어진다. 이 온도 상승에 의한 산화작용은 더욱 가속되어, 전기저항을 증가시켜 주열열이 커져, 온도가 더 상승하기를 되풀이 하여 심하면 연결전선의 열화나 탈락을 가져와 단락, 과부하등으로 이어져 전기화재를 야기 시킨다. 그러므로 전기회로의 접촉개소는 항상 단단히 조이거나 접촉을 충분히 양호하게 하여 사용하여야 하고 최충석(2010)은 생성 열을 측정하였는데 생각이외로 대단히 크므로 정격전류보다 충분히 큰 용량의 개폐기 사용이 중요하다. 한편 동선의 경우는 고온이 되면 동의 일부가 산화되어 아산화동이 되어 더욱 이상 발열하는 현상을 키우는 '아산화동 증식 발열현상'을 일으켜 국부발열이 더 커지고 이것은 더욱 아산화동을 증식시켜 화재로 연결됨에도 유의해야 한다.

접촉부가 헐거워지는 주요 원인을 살피고 접촉부의 과열, 접촉부의 이완 등을 충분히 점검하여 기계적 토크 부족에 기인하는 나사체결시의 부적절한 자세, 부적절한 공구 사용, 연선의 역나사 방향 조임, 삽입식의 충분히 규정깊이, 접촉부의 접촉 면적의 작음, 접촉부품의 불량, 부적절한 접속와사 사용, 열에 의한 크랙유무 등을 관리해야 한다. 또, 가정에서의 옥내배선부에서의 분전을 위해 설치된 보조 차단기와 연결하는 과정에서 차단기부의 나사체결부의 이완, 인입배선과 콘센트의 접촉불량, 나사가

이완된 매입부, 플러그의 접촉불량, 나사가 없는 꽂음형에서 단자의 불충분한 접촉등이 모두 접촉저항이 증가시키고 주열열에 의한 기열로 접촉부의 절연물이 발화하거나 금구류의 용융, 주변 가연물에 발화 등의 충분한 관리가 전기화재를 감소시킬 수 있다.

5) 트래킹

도체의 절연물질이 수분이나 먼지, 자외선, 가스, 재질불량, 자연열화 등으로 절연능력이 약화되어 전기회로가 형성되면서 점점 절연이 열화되고 탄화를 촉진시켜 통전회로를 구축하게 되는 현상으로 절연물로 사용하는 수지류에서 발생하는 현상으로 전기배선이나 전기기구의 장기간 사용에 따른 열화로 시작된다. 공기유통이 잘 안되는 곳이나 외부에 노출된 경우는 절연내력이 급격히 약화되어 더욱 트래킹현상이 활발하므로 육안으로 변색, 과열상태 등을 정기적으로 파악하고 이상한 냄새 등을 맡게 되면 지체없이 양품의 새 규격으로 교체하여야 한다.

6) 관련자 공동관리

현재 전기화재의 관리는 소방방재청에서 다양하게 조사하여 관리하고 있고 전기안전공사에서도 전기화재 이외에 감전, 설비고장 등 전기재해통계 전반을 관리하고 있으며, 한국전력공사에서도 상당부분 관리하고 있어 분류법과 통계가 상이하다. 전력설비가 양호한 상태로 운용되기 위해서는 전력공급자, 전력설비 공사자, 전력 설비 및 전기기기 제작자, 관장하는 행정관서, 연구소, 학계, 전력사용자가 함께 노력하고 관리하는 ‘전기화재 공동관리팀’이 구축되어 기관별 개별관리를 흡수하여 각 기관의 분류목적을 수용, 종합관리하여 전기화재의 발생요인 분석 결과와 문제점에 대한 대책 수립이 실질적인 역할을 수행할 수 있는 기관에서 주도적으로 처리 할 수 있도록 정례적인 시스템의 구축이 이루어진다면 전기화재는 대폭 감소할 수 있다. 나아가 전문적으로 필요 사안을 충분히 실증할 수 있는 ‘화재 실증시험시설’을 갖추는 것도 관련기관이 함께 노력하여 확보하여야 할 과제이다.

III. 결 론

우리나라의 전력기술이 선진수준임에도 불구하고 전기화재의 발생추이가 여전히 높아 보다 안정적인 생활환경을 높이기 위해서는 정확하고 철저한 원인분석이 먼저 이루어져야 함으로 그동안의 발생 추이 분석과 주요 발생요인, 발생메커니즘, 현재 적용하는 전기화재의 분류법의 문제점, 전기화재 감소를 위한 대책을 고찰하여 본 연구에서는 발생요인 분류에 대한 문제점, 모호성과 난해성을 지적 하고 대안을 제시 하였으며, 전기화재 감소를 위해 주요 발화요인에 대한 각각의 대책을 제시 하였다.

또, 새로운 분류법으로 기기중심의 대분류를 한 뒤, 기기부품 중심의 소분류로 세분하고 이를 되먹임시킬 관리가 가능한 연계시스템을 제기 하였으며, 현재 다른 목적으로 몇몇 기관에서 관리하는 전기화재 관리를 개별 목적을 수용한 종합통계관리 체계로 일원화하여 전력회사, 전기기기 제작사, 전기시설 시공업체, 행정관서, 연구소, 학계 등의 공동체인 가칭, '전기화재 공동관리팀'을 구축하여 전기화재의 발생요인 분석 결과와 문제점을 공유케 하면, 이에 대한 대책을 실질적으로 관장하고 주도적으로 처리 할 수 있어 전기화재를 대폭 경감시킬 수 있을 것임의 방향을 제시하였다. 그리고 이 공동체에서 필요한 사안에 대하여 충분히 전문적으로 실증하여 분석할 수 있는 '화재 실증실험연구소'를 확보하여 운영한다면 전기화재결과의 객관성 및 과학성을 높일 수 있어 더욱 전기화재를 경감시킬 수 있음을 고찰하였다.

참고문헌

- 광주광역시소방학교. 2008. 화재조사 실무(하). 3-340. 광주광역시소방학교.
- 김시국 · 이춘하 · 옥경재 · 차하나 · 사공성호 · 지승욱. 2007. 퓨즈를 이용한 전기화재의 원인분석 기법에 관한 연구. 춘계학술논문발표논문집: 294-301.
- 소방방재청. 2006. 국가화재분류체계 매뉴얼.
- 소방방재청. 2009. 2007-2009년 전국 화재발생 현황 분석.
- 소방방재청. 2010. 2007-2009년 화재통계연감.
- 오홍석 · 이상호 · 김풍래. 2002. 전기화재 예방에 관한 연구. 춘계학술논문발표논문집: 133-137.
- 원중수. 1987. 전기화재(I). 한국화재학회지. 1(1): 53-56.
- 원중수. 1988. 전기화재(IV). 한국화재학회지. 2(3): 47-57.
- 이상호 · 김준식 · 오홍석. 2004. 전기화재의 감식에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지. 18(2): 7-11.
- 이종호. 2009. 전기화재 원인 분류와 통계의 문제점 분석 및 개선안 제시. 국가위기관리학회 창립기념 학술회의: 107-115.
- 이춘하 · 김시국 · 옥경재. 2008. 퓨즈를 이용한 전기화재의 원인분석에 관한 연구. 한국화재소방학회 논문지. 22(1): 24-28.
- 임재운 · 강성화 · 지평식. 2006. 전기안전공학. 71-111. 267-295. 한울출판사.
- 전기안전공사. 1994. 전선급속조직분석에 의한 배선화재감정에 관한 연구.
- 전기안전공사. 2000. 전기재해통계분석. 7-160.
- 전력연구원. 1999. 전력수급에 관한 관련자간 책임한계 및 역할분담에 관한 연구. 120-215.
- 최충석. 2010. 옥내용 배선과 스위치클립(지시대)의 접촉불량에 의한 열화산 패턴. 한국화재소방학회 춘계학술논문발표논문집: 63-67.

현성호 · 김영수 · 김정환 · 오규형 · 이창우 · 조경. 2003. 화재원론. 서울: 도서출판 동화기술.

NFPA. 2009. *HOME ELECTRICAL FIRES*.

전기안전포털시스템. 2011. 해외전기화재 현황. <http://esis.or.kr>.

張正泰: 충남대학교에서 공학박사 학위를 취득하고 (논문: 배전선로의 다연계 계통해석 연구.1997), 현재 대불대학교 소방행정학과 부교수로 재직중이다. 주요관심분야는 재난위기(인적재난, 자연재난), 위기관리(생활환경 안전) 등이며, 전문분야 연구로 “전력설비의 염진해 대책 연구”를 통하여 국내의 “내염진해 설계 기준 및 보수기준”을 확립하고 내염기자재 7종의 개발과 전국 염해오손도 Map을 완성하였고, “소방전기학(2008), 흥미있는 생활전기(2010)”의 저서를 발간하였고, 한국화재소방학회에 “전기화재의 특성고찰 연구”를 발표(2009-2010)하였으며, 한국 시단에 현대시인으로 등단(2005)하였다(jjt0710@chol.com).

투 고 일: 2011년 03월 09일

수 정 일: 2011년 03월 23일

게재확정일: 2011년 03월 31일

A Study on the Countermeasure and Analysis Cause of Electrical Fire

Jeong Tae Jang

The total average number of fires in Korea was 37,704 annually based on the statistics of the past 10 years (2000–2009). The resulting damage equates to ₩196,897 million in average lost assets. In the year 2009 alone, there were 47,318 cases of fires, which equates to ₩251,853 million in lost assets. Over 30% of all fires (over 10,000 cases) were electrical fires until 2005, 29.6% in 2006 and reduced to 22% during 2007–2009. In the past 10 years, the lost asset value caused by electrical fire was ₩60,211 million which is over 30% of the total lost asset value. In the year 2009 alone, electrical fire made up of 22.8% of all fires (10,786 cases), with the lost asset value of ₩62,281 million, which is 24.7% of the total lost asset value. Although electrical fire is in decline in terms of the percentage, they still continue to be the biggest cause of all fires than 17.6% of America, 4.5% of England, 10.9% of Japan, 17.9% of Taiwan. So, we try to decrease the electrical fire. On this purpose and aim to live more comfortable life circumstance, this paper researches on the analysis electrical fire per total fires, the mechanism by electrical fire originate and consider the analysis of cause problems and decrease methods.

Keyword: fires, electrical fire, electrical fire mechanism