

배전반 및 분전반의 화재위험요소에 관한 연구

Fire Risk Factors of Switch Boards and Panel Boards

이병열*

Lee, Byung Yul*

Abstract

In this study, fire risk factors were analyzed by conducting a survey on switch and panel boards with the highest fire frequency. According to the fire statistics in the past 5 years (2014-2018), the major causes of electrical fire are insulation deterioration, unidentified short circuit, contact failure, overload (overcurrent), and tracking. In electrical installations, switch and panel boards are the most common, followed by meters, other electrical equipment, transformers, and low-voltage breakers. To analyze the fire risk factors based on ignition factors associated with electrical equipment, the target electrical equipment was selected, and the statuses of the switch boards and panel boards were investigated using infrared thermal imaging cameras. The fire risk factors of fire control were found to have been caused by the ignition of electric fire, insulation reduction, and poor contact. Therefore, research and technology are required, to improve the performance base of switch and panel boards through fire detection, fire extinguishment, turbulence in cable wires, and age-of-use institutionalization to prevent fire on switch and panel boards.

Key words : Switch Board/Panel Board, Electric Fire, Fire Risk Factor, Performance-base

요 지

본 연구에서는 화재 발생 빈도가 높은 자가용 전기설비 중 배전반 및 분전반에 대한 실태조사를 실시하여 화재위험요소를 분석하였다. 최근 5년간(2014~2018년) 화재통계에 의하면 전기화재의 발화요인은 절연열화가 가장 많았으며, 다음으로 미확인 단락, 접촉불량, 과부하 및 과전류, 트래킹 순으로 많이 발생하는 것으로 조사되었다. 전기설비 중 발화설비는 배전반 및 분전반이 가장 많이 발생하고 있으며, 전력량계, 기타(전기설비), 변압기, 저압차단기 순으로 발생하고 있다. 이러한 전기화재 발화요인별 및 전기설비별 화재위험요소의 조사를 위하여 자가용 전기설비 조사대상 건축물을 선정하고, 적외선 열화상카메라를 이용하여 배전·분전반의 화재위험성 실태를 조사한 결과 화재통계의 전기화재 발화요인별 통계 값과 같이 절연열화, 접촉불량 순으로 화재위험성이 큰 것으로 조사되었다. 따라서 배전·분전반의 화재예방을 위하여 화재감지, 화재진압대책, 전선의 난연화, 사용연한의 제도화를 통해 배전·분전반의 화재저항에 대한 화재저항에 대한 화재성능기반을 향상 시킬 수 있는 연구와 기술개발이 요구된다.

핵심용어 : 배전반 및 분전반, 전기화재, 화재위험요소, 화재저항에 대한 성능기반

1. 서 론

오늘날 급속한 경제성장과 함께 주거환경의 변화 및 산업의 지속적인 발전, 이상기후 등으로 전기의 수요가 급격히 증가함에 따라 매년 전기화재도 증가하고 있는 추세이다. 국가화재정보센터에서 발표한 화재 통계자료에 따르면 Table 1과 같이 최근 5년간(2014~2018년) 발생한 전체 화재

건수는 216,499건이며, 그중 전기화재는 47,121건(전체화재의 21.8%)으로 부주의 111,424건(51.5%) 다음으로 많이 발생하였다. 전기화재에 의한 인명피해는 전체 화재 사망자 1,598명 중 233명이고, 부상자는 전체 9,491명 중 1,540명이다. 전체화재에 의한 재산피해는 2조 3천억이고, 그중 전기화재 재산피해는 4천 5백억이다.

*교신저자, 정회원, 경기대학교 일반대학원 도시방재학과 박사과정(Tel: +82-2-2691-8871, Fax: +82-2-2691-8813, E-mail: lby513@daum.net)
Corresponding Author, Member, Ph.D Candidate, Department of Urban Disaster Prevention, Graduate School, kyonggi University

Table 1. Electro Fire Statistics

Term	All Fire	Electro-fire	Percentage
Number of Fires.	216,499	47,121	21.8
Death Toll	1,598	233	14.6
Injured Number	9,491	1,540	16.2
Property Damage	2.3 trillion won	450 billion won	19.6

또한 Tables 2 and 3은 전기화재의 발화요인 및 발생설비의 통계자료이다. 발화요인별 현황은 전기화재 47,121건 중 절연열화에 의한 단락이 12,095건(25.7%)으로 가장 많았으며, 다음으로 미확인 단락 11,663건, 접촉불량에 의한 단락 4,955건, 과부하 및 과전류 4,670건, 트래킹 4,534건으로 발생하였다. 발생 설비별 현황은 전기설비 전체 화재건수 6,814건 중 배전반 및 분전반이 2,685건(39.4%)으로 가장 많았으며, 다음으로 전력량계 1,017건, 기타(전기설비) 893건, 변압기 364건, 저압차단기 315건으로 발생하였다(NFDS, 2018).

Table 2. Electro-Fire Ignition

Term	Total	Insulating deterioration	Unidentified paragraph	Contact Defect
Number of Fires	47,124	12,095	11,663	4,955
Percentage	100	25.7	24.8	10.5
Term	Overload and Overcurrent		Trekking	The Rest
Number of Fires	4,670		4,534	9,207
Percentage	9.9		9.6	19.5

Table 3. Electro Fire Generating Facility

Term	Total	Distribution Board and Distribution Board		Power Meter
Number of Fires	6,814	2,685		1,017
Percentage	100	39.4		14.9
Term	Other Electrical Equipment	Transformer	Low Pressure Breaker	The Rest
Number of Fires	893	364	315	1,540
Percentage	13.1	5.4	4.6	22.6

본 연구에서는 전기설비 중 화재발생 비중이 높은 자가용 전기설비를 조사대상으로 선정하여 배전 및 분전반의 관리 실태를 확인하였다. 또한 적외선 열화상카메라를 이용하여 전기설비의 과열상태 확인을 통해 전기화재 위험성을 조사하여 배전반 및 분전반의 전기화재위험요소를 도출하고 현재 배전반 및 분전반의 화재 예방 및 진압설비의 실효성에 대하여 분석하였다.

2. 배전반 및 분전반의 실태조사 및 화재 위험요소 분석

2.1 실태조사

전기설비는 전기사업법 제2조 제16호에 의거 전기사업용, 일반용, 자가용전기설비로 분류하고 있다(Electric Utility Act, 2018). 그중 고전압 및 용량 75 kW 이상의 자가용전기설비의 배전반 및 분전반의 화재위험요소 실태 조사를 위해 2018년 5월부터 7월까지 3개월간 서울 전역의 전기안전관리자를 선임 또는 대행하는 자가용전기설비 대상 100개소를 선정하여 일반적인 전력 기기에서의 온도차에 따른 판정기준인 적외선 열화상 진단을 위해 적외선 열화상카메라로 온도분포를 실시간으로 측정하여 자가용 전기설비의 배전반 및 분전반의 이상과열 상태를 조사하여 전기화재위험요소를 도출하였다.

2.2 화재위험요소 분석 실험

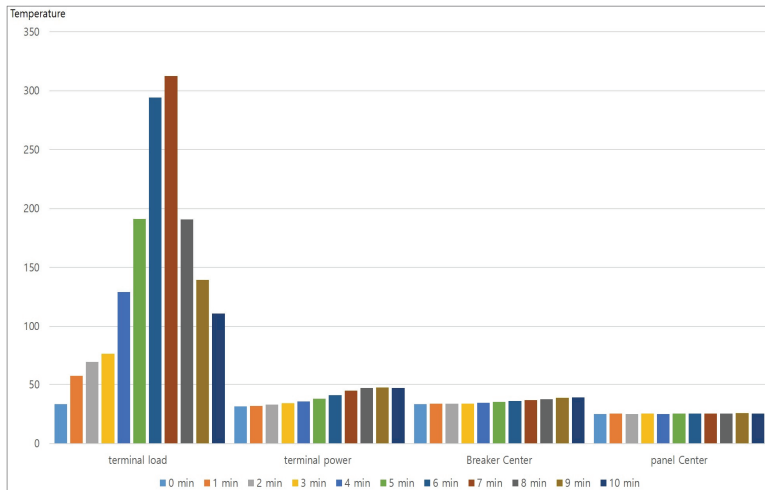
누전차단기 2P20A 삽입형 터미널에 2.5 mm² HIV전선 접속하여 부하를 연결하였을 경우 접촉저항이 증가할 때 제1산화동(CuO) 또는 아산화동(Cu₂O)증식에 따른 발열현상에 의해서 Fig. 1 그래프와 같이 온도 상승이 300 °C 이상 상승하다가 열에 의해 동선이 팽창하여 동선 접촉면적이 커지면 접촉저항이 줄어 열의 발생이 줄어든다. 또다시 냉각되면 접촉저항이 증가하고 온도가 상승하여 그래프와 같은 파형이 연속 적으로 나타난다. 높은 온도가 계속 발생되면 피복이 손상되고 화재의 원인이 된다.

2.3 점검결과

(주)서울전기안전공사의 자가용전기설비의 배전반 및 분전반 점검결과 Table 4와 같이 나타나 관리상태는 대체적으로 양호하다고 할 수 있으나, 일부 배전반 및 분전반에서 이상과열 상태를 확인하였으며, 그중 절연과피 7개소(7%), 접촉불량 5개소(5%), 복수결함 2개소(2%)로 나타났다.

Fig. 2(a)는 정상적인 분전반 내의 전기기기 및 전선의 온도분포이며, Fig. 2(b)는 노후 된 배전반에서 사용 연수에 따라 배선용차단기 및 전선의 노후로 절연상태가 열화되어 과열된 경우로 화재발생이 우려 되었다.

접촉불량은 Fig. 3과 같이 분기회로 단자의 볼트가 헐거워지면서 전선과 단자의 접촉불량으로 인해 이상과열이 발생

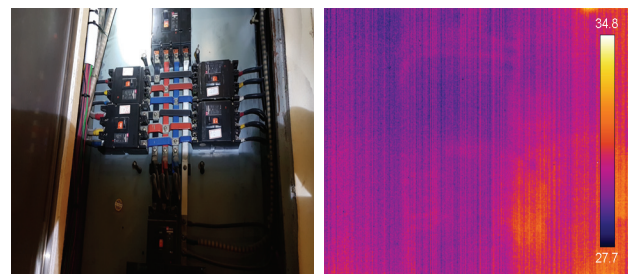


Time (MIN)	Terminal load	Terminal power	Breaker Center	Panel Center
0	33.426	31.4	33.385	25.215
1	57.594	31.941	33.713	25.436
2	69.331	32.933	33.713	25.259
3	76.199	34.161	33.958	25.612
4	129.14	35.577	34.73	25.259
5	191.3	38.043	35.416	25.436
6	294.17	41.225	36.139	25.303
7	312.38	44.772	37.055	25.48
8	190.95	47.055	37.53	25.347
9	139.41	47.565	38.788	25.788
10	110.99	46.982	39.256	25.568

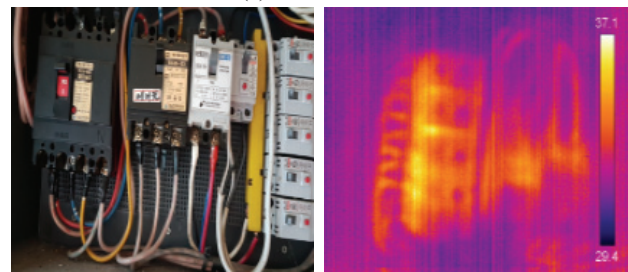
Fig. 1. Heat Phase Temperature Change in Short Circuit Braker

Table 4. Status Survey Result

Term	Inspection target	Normal	Insulation Destruction
Opening	100	86	7
Percentage	13.1	86	7
Term	Contact defect	multiple fault	Note
Opening	5	2	
Percentage	5	2	



(a) Nonal State

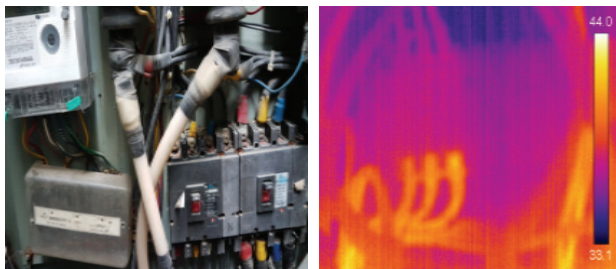


(b) Abnormal overheating

Fig. 3. Overheating Caused by Poor Contact



(a) Nonal State



(b) Abnormal overheating

Fig. 2. Overheating by Insulation Deterioration

되었다. 이 경우 접속부재가 탄화되어 화재로 이어질 수 있다. 이러한 결과를 통해 접속부분이 전기적, 기계적으로화재에 취약함을 확인할 수 있었다.

3. 배전반 및 분전반의 화재저항에 대한 성능기반 개선방안

배전반과 분전반은 절연과괴, 접촉불량, 먼지 등에 의해 화재의 위험이 상시 내재되어 있다. 이러한 화재 위험소를 제거하기 위해서는 배전반·분전반의 이상과열 온도제어 및 화재발생감지, 소화하는 기술과 전선 케이블의 난연화, 사용연한 제도화 등이 개선이 필요하다. 최근 배전반·분전반의 화재 위험성에 대한 기술이 다양하게 연구 개발되고 있으나, 이러한 기술을 적용할 수 있는 법적규정 미비와 설치비용 부담 등으로 인하여 새로운 기술과 자재를 반영하는데 소극적이다.

3.1 배전반·분전반의 화재감지

배전반·분전반의 화재감지에 대한 기술은 지속적으로 연구·개발되고 있으며, 최근 배전·분전반 내부에 설치된 온도센서, 아크센서, 연기센서, 가스센서로 화재를 감지하는 다양한 기술이 접목 되고 있다. 그러나 이러한 기술은 화재가 발생한 후에 감지하고 알려주는 문제점이 있으므로, 배전·분전반의 상황을 실시간으로 예측하여 화재위험요소를 사전에 감지하여 화재를 예방 할 수 있는 연구·개발이 지속적으로 이루어져야 한다.

Fig. 4는 현재 개발되어 사용되고 있는 초음파, CO가스, Arc, 초소형카메라, 열화상카메라 등의 기능을 복합적으로 탑재하여 화재를 사전 감지할 수 있는 시스템이다. 최소한의 설치공간이 필요한 장비로 전산센터 등의 주요시설에 보급되고 있다.

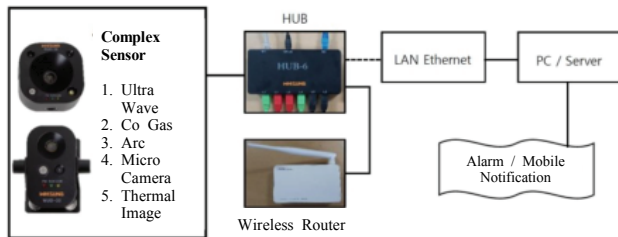


Fig. 4. Composite Sensor Example

3.2 배전반 및 분전반의 화재 소화

최근 배전반 및 분전반의 화재진압대책 기술들은 여러 형태로 연구·개발 되어있다. 현재 연구·개발되어 있는 기술들은 일정 공간의 화재를 소화하는 기술과 배전·분전반 내부에서 발생하는 화재를 소화하는 기술이 있다. 자동식 소화장치의 종류는 용기형 가스 소화장치, 튜브형 가스 소화장치(유리벨브형, 튜브형), 고체에어졸 소화장치 등이 있다. 그러나 자동식 소화장치의 경우에는 EPS 및 UPS실 내부에만 설치하고 있기 때문에 분전반 내부에서 발생한 화재를 초기에 진압할 수 없어 실질적인 연소확산방지 대안이 되지 못하고 있다. 따라서 분전반 내부에서 발생한 화재를 초기에 진압하기 위한 소화장치 설치가 필요하다.



Fig. 5. Small Space Automatic Fire Extinguisher

3.3 전선·케이블의 난연화(내열전선의 내열성능)

화재 시 전선·케이블의 손상을 방지하기 위해 다양한

난연 전선·케이블 및 연소방지도료, 기타 화재피해 저감을 위한 연구가 지속적으로 수행되고 있다(Lee and Cho, 2018). 그러나 일반 전선·케이블은 전기특성, 시공성 등 정상상태에서는 뛰어나지만 전기도체 이외에는 합성고무, 플라스틱으로 구성되어 있기 때문에 화재가 발생하면 짧은 시간에 급격히 연소가 확대된다(Murota, 2014). 또한 화재 시 발생하는 유독가스로 인하여 소화 활동의 장애와 인명피해가 커지며, 전기설비에 막대한 손해를 초래하게 된다.

따라서 화재 시에도 전선·케이블의 기능을 유지하는 새로운 연구·개발이 필요하다. 또한 절연재료로 사용되는 고분자 재료의 경우 전기적인 성능은 우수하지만, 화재 시에 작용을 살펴봐야 하며, 전기적인 특성뿐만 아니라 절연재료의 발화온도, 발열량, 산소지수 등 연소특성에 대한 연구가 필요하다.

3.4 배전반·분전반의 사용연한의 제도화

우리나라의 배전·분전반시설은 사용연수에 대한 권고사항은 있으나 강제규정이 없어 노후 배전·분전반이 교체되지 않고 그대로 사용되는 실정이다. 또한 배전·분전반의 노후화로 고장 빈도가 높아지면서 이를 개선하기 위한 감시·예측하는 기술은 다양하게 연구·개발되고 있으나, 화재를 저감하기 위한 노력은 부족한 실정이다. 따라서 사용연한을 제한하기 위한 제도적인 개선과 기준에 설치된 배전반과 분전반에 대한 성능시험 기준마련이 시급한 실정이다.

4. 결론

본 연구에서는 화재 발생 빈도가 높은 배전반 및 분전반에 대한 실태조사를 적외선 열화상 카메라를 이용하여 수행하고, 화재위험요소를 도출하였다. 화재위험요소는 절연과피, 접촉불량 순으로 나타났다.

배전반 및 분전반의 화재예방을 위한 화재감지, 화재진압, 전선·케이블의 난연화, 사용연한의 제도화 등 배전반 및 분전반의 성능기반 방안을 제시하였다. 배전반과 분전반에서 화재위험을 줄이기 위해서는 첫째 절연과피의 원인을 제거하고, 둘째 접촉불량 원인을 제거하기 위한 주기적인 점검(열화상카메라 및 전력품질분석기)등을 사용하여 위험요소를 사전에 발견하여 예방하고 전선이 접속된 단자의 볼트를 조여주는 등의 유지관리가 필요하며 케이블 난연화등을 통하여 화재의 확산방지를 위하여 분전반 내에 소화장치 설치 등의 개선이 필요하다.

References

Murota, G. (2014). Safety measures for electric wires and cables. *Journal of Electrical World / Monthly Magazine*, Korea Electric Association, Vol. 454, pp.

14-27.

EL 207. (2018). *Electrical cables*. Korea Eco-label Standards, Korea Environmental Industry & Technology Institute (KEITI), Ministry of Environment.

Lee, J.G., and Cho, N.U. (2018). *For explosive fire in tunnel traffic accident protective fire for a long time glaze base protruding type fireproof construction manufacturing technology*. Ministry of Land, Infrastructure and Transportation, pp. 9~10.

Electric Utility Act (2018).

National Fire Data System (NFDS). (2018). *Fire statistics*. Retrieved from <http://www.nfds.go.kr>

<i>Received</i>	September 2, 2019
<i>Revised</i>	September 4, 2019
<i>Accepted</i>	October 7, 2019