

22.9kV 수·변전설비의 감전사고 발생현황 및 감전위험성 연구

한기봉, 이대종*, 한운기
전기안전시험연구원, 감전연구팀

A Study on the statistical analysis and the Electrical Shock hazard for electrical power facilities of 22.9kV substation

Ki-Boong Han, Dae-Jong Lee*, Woon-Ki Han
Electrical Safety Laboratory Research Institute

As the statistical data, the electrical shock accidents by electrical power facilities of 22.9kV substation is about 100 per years which shows very high occupation rate of 11.3%. There is many hazard factors in this place using high voltage because electrical accident can be occurred in near live part as well as contact. Regarding electrical shock accident in 22.9kV substation as there are many cases that have not been exposed industrial disaster, it is very hard to know exact causes of such accidents in many cases, and therefore it is difficult to set up effective preventive measures.

Therefore in this paper, it is intended to prepare the basic data to establish more effective preventive measures of electric shock accidents in 22.9kV substation through understanding the real conditions based on investigation and analysis in various types.

1. 서론

경제성장과 더불어 전력설비의 대용량화가 진행되고 있으며 다양한 전기기기들의 보급으로 인한 전기재해도 매년 증가하고 있는 실정이다. 이러한 전기로 인한 재해에는 전기가 접화원이 되어 발생하는 화재, 폭발이 있고, 정전기 및 전자파에 의한 기기의 오동작 등이 있으며, 또한 아크나 전격에 의한 감전 부상이나 사망 등을 들 수 있다. 이와 같은 감전재해는 타 산업재해보다 발생건수는 높지 않으나 사고 발생시 치명적인 부상 또는 사망으로 이어질 확률이 높아 각별한 주위가 요망된다.

이러한 감전사고의 발생형태를 알아보면, 저압의 경우 전기의 통로에 인체 등이 접촉되어 인체가 전기통로의 일부를 구성하게 되는 경우와 전로 등 충전부에 인체가 접촉되어 인체를 통하여 지락되는 경우, 그리고 누전상태에 있는 전기기계기구, 철구조물 등의 금속제 외함에 인체가 접촉되어 감전되는 경우를 들 수 있겠지만, 특고압의 경우는 충전부에 인체가 직접 접촉되지 않고 접근만 하여도 공기의 절연이 파괴되면서 인체를 통한 지락사고로 이어지는 경우가 많다. 그리고 이러한 감전사고로 인한 위험정도는 인체에 흐른 전류의 크기와 통전시간 및 통전경로에 따라 크게 좌우된다.

최근 3년간(97~99년)의 감전재해 통계에 따르면 22.9kV 수·변전설비에서 발생한 감전사고는 전체 감전사고 중 11.3%를 차지하고 있어 타 설비에 비하여 높은 사고 점유율을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 특고전압을 취급하기 때문에 자칫 부주의한 행동에 의하여 충전부에 접촉하는 경우 바로 사망으로 이어질 수 있다는 등의 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 이와 같은 22.9kV 수·변전설비에 의한 감전사고의 예방대책 강구를 위한 기초자료로 활용하고자 22.9kV 수·변전설비에서 발생한 감전사고 통계로 성별·연령별 사고원인 분석 등 다양한 분석을 통하여 감전사고 발생의 문제점을 알아보려고 한다.

2. 22.9kV 수·변전설비에 의한 감전사고 발생현황

2.1 행위별 감전사고 발생현황

최근 3년간 수·변전설비에서 발생한 감전사고를 발생 당시의 행위별로 구분하여 분석하면 표 1에 나타난 바와 같이 전기공사나 전기설비 보수작업 중 발생한 감전사고가 123명(41.0%)으로 가장 많았고, 전기설비의 운전이나 점검중에 발생한 감전사고도 101명(33.7%)으로 이 두가지 행위에서 대부분의 감전사고가 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 행위에 의한 감전사고자의 직업은 대부분 전기직으로서 순간적인 착각이나 실수 또는 주변의 위험한 전기시설물에 대한 주위부족 등 안전수칙을 제대로 준수하지 않아서 발생한 것으로 나타났다.

주목할 만한 사항은 수·변전설비내에서 청소 또는 건물 도색작업 중에 발생한 감전 사고자가 30명으로 10%를 점유하고 있으며, 또한 어린이들이 장난 및 놀이중 수·변전설비에 무단침입하여 감전된 경우도 10명으로 점유율 3.3%를 차지한다는 것이다. 이러한 감전사고의 경우 사고 대부분은 전기에 대한 상식 부족으로 충전부에 무단 접근하여 발생한 사고로 분석되는 바, 관계자의 예는 수·변전설비에 쉽게 접근할 수 없도록 울타리 및 잠금장치 등 최소한의 안전조치가 선행되어야 하며, 부득이 일반인의 출입이 필요할 경우는 충분한 안전교육 및 감시자를 배치하여 감전사고가 발생하지 않도록 수·변전설비에 대한 안전관리 강화가 필요한 것으로 나타났다.

표 1. 행위별 감전사고 발생현황

연도	97			98			99			합 계		
	행위별	재해자수	재해자수	재해자수	재해자수	재해자수(%)	재해자수	재해자수	재해자수(%)	재해자수	재해자수(%)	
전기공사·보수	46	43	34	123	41.0							
전기운전·점검	44	34	23	101	33.7							
청소·도색작업	12	9	9	30	10.0							
건축공사·보수	8	6		14	4.7							
장난 및 놀이	7	2	1	10	3.3							
기계작업·보수	1	3		4	1.3							
이동기기작업	2	1		3	1.0							
간판·전화작업	2		1	3	1.0							
물건운반·이동	1	1		2	0.7							
기타 및 불명	5	3	2	10	3.3							
계	128	102	70	300	100							

2.2 사고설비별 감전사고 발생현황

표 2에서는 수·변전설비에 의하여 발생한 최근 3년간의 사고설비별 감전사고 발생현황을 보이고 있다. 표 2에서 보는 바와 같이 사고설비별 감전사고는 모선에 의한 감전사고자가 전체 300명중 183명(61%)으로 가장 높은 사고율을 나타냈고, 다음으로 변압기에 의한 사고가 70명(23.4%), COS에 의한 사고가 27(9.0%)명으로

이 세가지 설비에서의 사고가 대다수를 차지하고 있다. 이러한 설비에서 감전사고가 많이 발생하는 것은 전기공사·보수 및 점검 등의 작업시 노출된 충전부에 쉽게 접촉 가능하기 때문이라 분석된다.

표 2. 사고설비별 감전사고 발생현황

연도 사고설비	97	98	99	합 계
	재해자수	재해자수	재해자수	
모 선	68	76	39	183(61.0)
변압기	26	20	24	70(23.40)
COS	20	3	4	27(9.0)
LA	4			4(1.3)
ASS	2			4(1.3)
L/S	3			3(1.0)
차단기	1	1	1	3(1.0)
기타	4		2	6(2.0)
계	128	102	70	300(100)

2.3 월별감전사고 발생현황

22.9kV 수·변전설비에서 발생한 최근 3년간의 월별 감전사고 발생현황을 보면 연중 감전사고가 많이 발생하는 달은 6, 7, 8월로 전체사고의 35%정도의 점유율을 차지하고 있다. 이와 같이 여름철에 감전사고가 많이 발생하는 것은 높은 습도와 무더운 날씨로 인한 집중력의 부족, 간편한 복장으로 인한 신체의 노출이 많게 되고, 땀으로 인해 인체가 젖어있는 등 그만큼 감전사고 발생 가능성이 높은 상태로 있기 때문에 여름철 감전사고가 많이 발생하는 것으로 분석된다.

3. 22.9kV 수변전설비에서의 감전위험성

3.1 수변전설비 현황

22.9kV 수·변전설비에서 발생한 감전사고 통계분석 결과를 바탕으로 조사항목을 구성하였으며, 조사대상은 전기안전공사 안전관리대행 수용가 중 22.9kV 수·변전설비를 갖춘 수용가를 대상으로 하였다. 또한, 현장감 있는 데이터를 확보하기 위하여 경기도와 강원도 소재 수용가 20여호를 임의로 선정하여 현장을 직접 방문하여 감전위험성 조사도 병행하였는데 크게 수·변전설비 구성방식, 설치장소와 설치장소별 큐비클 유·무현황, 설비별 노출 충전부 절연처리 현황 그리고 잠금장치의 상태 및 울타리 높이 등을 조사하였다.

3.1.1 구성방식별 큐비클 유·무

22.9kV 수·변전설비의 구성방식별 큐비클 유·무현황을 분석하면, 표 3에서 보는 바와같이 구성방식은 약식설비가 전체 대상 수용가 15,489호 중 14,185호로 91.6%의 점유율을 나타냈다. 그리고 정식설비의 경우 점유율이 전체의 8.4%에 불과하지만 91.9%가 큐비클화 되어 있고 대부분 옥내에 설치되어 있어 외부인이 쉽게 접근할 수 없다는 것을 알 수 있었다.

3.1.2 설비별 노출 충전부 절연처리 현황

감전재해 분석자료에서 알아본 바와 같이 최근 3년간 수·변전설비에서 발생한 감전사고의 경우 대부분 모선과 변압기에서 발생하였으며, 그 외의 설비 중 COS, LA 등에서도 감전사고가 발생하는 것으로 나타났다. 따라서, 실제 이와 같은 설비의 충전부 노출 정도 및 감전사고 위험요인 등을 파악하고 그에 따른 예방대책을 강구하기 위하여 설비별 절연처리 현황을 조사하게 되었다.

표 3. 구성방식별 큐비클 유·무 현황

구 성 방 식	큐 비 클		계		
	유	무			
약 식	옥내	지하	1,907 (79.4%)	496 (20.6%)	2,403
		구내	389 (62.5%)	233 (37.5%)	622
	옥외	지상	993 (47.9%)	955 (52.1%)	1,948
		옥상	1,048 (30.6%)	2,375 (69.4%)	3,423
	기타	H변대	—	5,789 (100%)	5,789
소 계		4,337 (30.6%)	9,848 (69.4%)	14,185	
정 식	옥내	지하	622 (96.4%)	23 (3.6%)	645
		구내	287 (95.3%)	14 (4.7%)	301
	옥외	지상	239 (81.8%)	53 (18.2%)	292
		옥상	51 (77.3%)	15 (22.7%)	66
	소 계		1,199 (91.9%)	105 (8.1%)	1,304
총 계		5,536 (35.7%)	9,953 (64.3%)	15,489	

표 4에서는 모선, 변압기, COS, LA 그리고 MOF의 노출 충전부에 대한 절연처리 현황을 나타내었다. 표 4에서 알 수 있는 바와 같이 MOF와 변압기의 단자부는 절연캡을 사용하여 절연처리가 타 설비에 비하여 양호한 것으로 나타났으며, 가장 많은 사고를 유발시키는 모선인 경우 약 50% 정도의 수용가에서 전체구간이 절연처리 되어 있는 것으로 나타났다. 또한 부분적으로 절연처리한 수용가도 있었지만 나머지 22.4%는 절연처리가 전혀 되어 있지 않아 충전부가 그대로 방치되어 감전에 무방비 상태임을 알 수 있었다. COS와 LA인 경우에는 70%이상 이 충전부가 노출되어 있는 것으로 나타나 이 설비에 대한 절연보완이 요구됨을 알 수 있었다.

표 4. 설비별 노출 충전부 절연처리 현황

설비별 절연처리	모선			변압기		COS		
	전체	일부	무	유	무	유	무	
수용가(호수)	7,950	4,077	3,462	11,199	4,290	4,614	10,875	
점유율(%)	51.3	26.3	22.4	72.3	27.7	29.8	70.2	
조사대상 : 15,489 수용가	LA		MOF					
	유	무	유	무				
	4,389	11,100	13,876	1,613				
	28.3	71.7	89.6	10.4				

3.1.3 잠금장치 및 울타리

가. 잠금장치 상태

22.9kV 수·변전설비의 잠금장치 상태에 대한 분석결과 잠금장치를 필요로 하는 수용가 11,171호 중 잠금장치가 양호한 수용가는 9,556호(85.5%)로 나타났으며, 자물쇠 잠금장치의 교체 및 보수가 필요한 수용가는 1,605호(14.5%)로 나타났다. 잠금장치가 허술하거나 불량한 경우 어린이, 일반인들 등이 출입할 수 있어 감전사고 발생 가능성이 있으며 실제 감전사고가 발생한 사례도 종종 있는 바 시급한 개·보수가 요망된다.

나. 울타리 높이

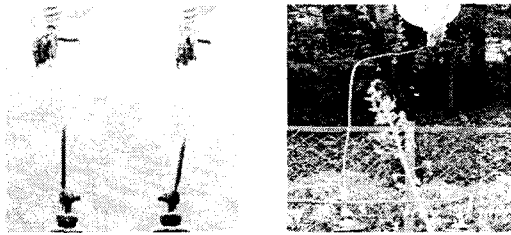
22.9kV 수·변전설비의 울타리·담 등의 높이에 대한 분석결과 울타리를 한 수용가 8,564호 중 울타리높이가 2m 이상인 수용가는 5,489호(64.1%)였고, 2m 이하인 수용가는 3,075호(35.9%)인 것으로 나타났지만 옥내설비를 제외할 경우 대부분 규정에 적합하게 설치되어 있는 것으로 분석되었다.

3.2 감전위험성

22.9kV 수·변전설비에서의 감전사고 위험요인을 확인하기 위하여 감전사고가 많이 발생하는 모선과 변압기를 중심으로 수용가를 직접방문하여 사용실태를 조사한 결과 다음과 같다.

3.2.1 모선부분

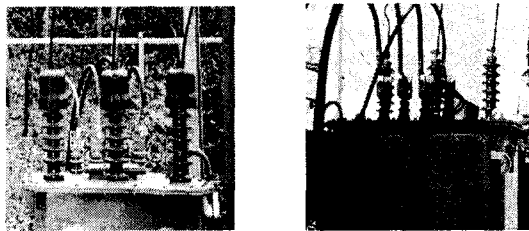
그림 1에서는 22.9kV 수·변전실에서 감전사고가 가장 많이 발생하는 부분인 COS 2차측과 특고압 변압기 1차측 사이의 모선을 나타냈다. 옥외에 설치된 모선인 경우 그림1-(a)와 같이 대부분 절연전선을 사용하고 있었으나 그림1-(b)와 같이 노출된 동선을 어떠한 보호장치 없이 그대로 사용하고 있는 수용가도 있었다. 이러한 장소에서 작업중, 점검중에 안전의식 결여, 착각 등의 휴먼에러에 의하여 노출된 동선에 접근 또는 접촉시 치명적인 결과를 초래할 수 있으므로 이에 대한 보완이 시급한 실정이다.



(a) 절연전선 사용 (b) 노출선사용
그림 1.모선의 절연처리 현황

3.2.2 변압기

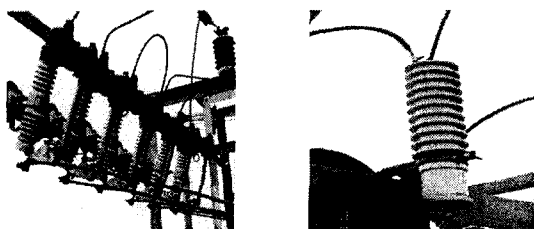
변압기인 경우 타 설비에 비해 활선상태에서의 점검 또는 작업이 빈번히 이루어지기 때문에 그 만큼 전기안전에 각별한 주의를 요구하고 있다. 실태조사 결과 대부분의 수용가에서는 그림 2-(a)에서 보는 바와 같이 변압기 1차측에 절연캡을 사용하고 있지만, 그림2-(b)와 같이 절연캡을 사용하지 않고 접속부를 노출시킨 수용가도 있었다.



(a) 절연캡 사용 (b) 절연캡 사용안함
그림 2. 변압기의 절연캡 사용현황

3.2.3 COS, LA, MOF

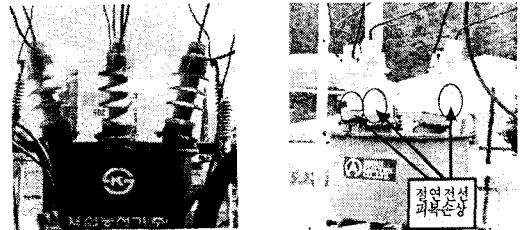
그림 3에서는 COS의 충전부위를 절연캡을 사용하여 보호한 경우와 LA의 노출충전부 보호없이 그대로 사용하고 있는 상태를 나타냈다. 실태조사 결과, COS와 LA인 경우 대부분의 수용가에서 접속부를 노출시킨 상태로 사용하고 있었다.



(a) C O S (b) L A
그림 3. COS 및 LA의 충전부 절연처리 현황

그러나, COS인 경우 절연캡을 사용하였더라도 전원측에만 한정되어 있을 뿐 부하측(2차측)에는 구조상 절연처리를 하지 않고 충전부가 그대로 노출된 상태로 사용하고 있어 감전위험성이 타 기기보다 높다고 할 수 있다.

MOF의 경우 대부분의 수용가에서 그림 4-(a)와 같이 절연캡을 사용하고 있지만, 그림 4-(b)에서 보는 바와 같이 절연캡을 사용하였다 하더라도 절연캡 밖으로 노출충전부가 나와 있어 감전위험성이 있다는 것을 볼 수 있다.



(a) 절연캡 사용 (b) 절연전선 피복손상
그림 4. MOF의 절연처리 현황

4. 결론

22.9kV 수·변전설비에서 감전사고가 다수 발생하는 근본 원인을 알아보기 위하여 감전사고 통계를 분석하고, 한국전기안전공사 안전관리대행 수용가 중 22.9kV 수·변전설비를 갖춘 수용가를 대상으로 분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 감전사고를 사고설비별로 구분하면 모선에 의한 감전사고가 전체 300명중 183명(61%)으로 가장 높은 사고율을 나타냈고, 다음으로 변압기에 의한 사고가 70명(23.4%), COS에 의한 사고가 27명(9.0%)으로 이 세가지 설비에서의 사고가 대다수를 차지한다는 것을 알 수 있었다.
- 2) 수·변전설비의 구성방식을 보면 약식설비가 전체 대상 수용가 15,489호 중 14,185호로 91.6%이고 이중 30.6%가 큐비클에 내장되어 있었으며, 정식설비의 경우 8.4%에 불과하지만 그 중 91.9%가 큐비클화 되어 있었다.
- 3) 노출 충전부 절연처리 현황은 MOF와 변압기의 단자부는 89.9%, 가장 많은 사고를 유발시키는 모선인 경우 약 50%가 전체구간에 절연처리 되어 있는 것으로 나타났고, COS와 LA는 30%정도 절연처리되어 있는 것으로 나타났다.
- 4) 잠금장치의 개보수가 필요한 수용가는 1605호(14.5%)로 나타났고, 울타리 높이는 대부분의 수용가가 규정에 적합하게 시설되어 있는 것으로 분석되었다.

본 연구는 산업자원부 전력산업기반기금에 의해 수행되었습니다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국전기안전공사, "전기해체통계분석", 1997,1998,1999.
- [2] 대한전기협회, 전기관계법령집, 1997.
- [3] 대한전기협회, 내선규정, 1994.
- [4] 김두현 외 5, 전기안전공학, 도서출판 동화기술, 1998, pp.175~200.
- [5] Giuseppe, "A summary of the IEC. protection against electric shock", Industry Applications, IEEE. Transaction on, Vol. 34 5, 1998.
- [6] Theodore Bernstein, "Electrical shock hazards and safety standards", Education, IEEE. Transaction on, Vol., 34 3 1991
- [7] Joseph J. Anderews, "A detailed investigation of an electrical shock and burn injury", Industrial and commercial power system Technical Conference, IEEE., pp. 143 154, 1998.