

수변전실 및 지중 배전기기의 침수 방지 관련 현장 조사 분석

(The investigation of field condition on flood protection of substation and underground power equipment (pad-mounted transformers & switches))

김기현*, 최명일*, 배석명*, 이재용**

(Gi-Hyun, Kim · Myeong-Il Choi · Suk-Myong Bae · Jae-Yong, Lee)

한국전기안전공사 전기안전연구원*, 영남이공대학**

(Electrical Safety Research Institute of KESCO*, Yeungnam College of Science & Technology**)

Abstract

Inundation of substation and underground power equipment(pad-mounted transformers & switches) breaks out every summer season in low-lying downtown and low-lying shore by localized heavy rain, typhoon and tidal wave. In case inundation of substation and underground power equipment, it occurs a great economic loss owing to recovery time and events of electric shock occur by inundation electrical facility. So we search the damage situation and installation situations. Therefore we propose the necessity of protection of flood at low-lying downtown and low-lying shore. This paper will be used to present a reform proposal of electrical related law about flood protection of existing power equipment.

1. 서론

지구 환경변화에 따른 집중 호우, 해일 등에 의한 도심 저지대 및 해안가의 수변전설비 침수가 많이 발생을 하고 있다. 한번 침수된 수변전설비는 복구에 많은 시간이 걸리기에 그에 따른 경제 활동의 손실 및 설비 활용에도 큰 문제점을 발생시키고 있다. 또한, 침수된 설비에 의한 감전사고 및 전기재해 발생으로 인한 인명 및 재산 피해가 발생하고 있다. 여름철 집중호우 시 공사장, 신호등·가로등, 저지대 반 지하 주택 등에서 침수에 의한 감전사고가 증가하고 있는데, 최근 3년간(2002~2004)의 감전사고 발생건수를 보면 여름철 우기시(6-8월) 안전사고가 가장 많이 발생하고 있다. 안전사고 발생유형을 보면, 수도권 저지대 등 상습침수지역 밀집지대와 입간판, 가로등·신호등 및 맨홀 등에서 감전사고로 인해 사망에 이르는 경우가 많은데, 특히, 지난 2001년 7월 수도권 집중호우 시 가로등, 신호등 침수로 인한 감전사고로 19명이 사망하였으며, 최근 3년간 감전사고발생은 연평균 780건으로 이 중 장마기간이 포함된 6-7월 중에 발생한 사고는 188건으로 사망 22명, 부상이 166명으로 나타나고 있으며, 지역별로는 공사장과

저지대 반 지하 주택이 밀집되어 있는 서울·경기 등 수도권에서 가장 많이 발생하고 있다.

따라서 본 논문은 침수로 인한 수변전설비, 지중 배전기(지상 변압기, 지상 개폐기)의 침수 피해에 대한 현장 실태 조사를 실시하였다. 침수의 원인 및 침수 피해에 대한 실태 조사를 통해 본 논문에서는 수변전설비 및 지상에 설치되어 있는 지중 배전기기의 침수 방지대책의 필요성을 제시하였다. 또한 외국의 경우에서 침수지역 전기설비 설치에 관한 규정들을 조사 분석하여 외국의 현황을 조사 하였다.

2. 본론

2.1 상습침수지역 선정 및 자연재해

기상재해 현황을 살펴보면, 평균적으로 1년에 인명피해가 122명, 재산피해액이 약 6,000억원, 복구비 등 재산 손실액은 약 1조 7천억 원 정도이며, 이 중 호우로 인한 인명 및 재산피해는 전체 재해의 40~60%로 많은 비중을 차지하고 있다. 특히 우리나라는 연강수량의 70% 정도가 6월에서 9월 사이에 집중적으로 나타나는 특이한 기상조건을 갖고 있다. 따라서 저지대 침수 발생이 계속 커지고 있고, 해수면의 변화로 인한 해일 발생 확률이

높아지고 있다[1,2]. 그로 인한 전기설비 침수 피해와 복구시간 등에 따른 2차 피해가 더욱 커지고 있다. 국가에서는 이런 상습침수지역을 재해위험지구로 구분하여 관리하고 있는데 재해위험지구는 태풍, 홍수, 호우, 폭풍, 해일, 폭설 등 불가항력적인 자연현상으로부터 안전하지 못하여 생명과 재산에 피해를 줄 수 있는 지역과 위험방재시설을 포함한 주변지역을 대상으로 지정하고 있다[3]. 따라서 행자부에서는 재해위험지구를 선정하여 상습침수 지역을 관리하고 있다.

2.2 수변전설비 및 지중 배전기기 설치 현황

수·변전설비 시설현황은 수전전압별로 구분하여 한국전기안전공사에서 실시하고 있는 검사 대상(2004년 4월 기준)인 자료를 분석하였다. 수변전설의 전압별 설치 현황을 확인한 결과는 표 1과 같이 지역별/전압별로 설치된 것을 확인할 수 있다. 표 1에서 알 수 있는 것처럼 수전 전압이 22.9kV가 전체의 76.7% 대부분을 차지하고 있어, 이 부분에 대한 현장 실태 조사를 실시하였다. 표 2는 도심 저지대 및 해안가 저지대의 상습침수지역의 수변전설을 조사한 결과 전체 1,991개소 수·변전설비 중에서 37.67%에 차지하는 750 곳의 시설이 건물 지하에 설치되어 있고, 건물 옥상에는 524곳(26.32%)에서 설치되어 있는 것으로 알 수 있다.

표 1. 수전전압에 따른 수·변전설비 설치현황
Table 1. Distribution situation of Transformer Vault by receiving voltage 단위 [갯수]

지역	저압	3.3 kV	6.6 kV	22 kV	22.9 kV	66 kV	154 kV	345 kV	합계
서울	7,638	18	55	284	15,888	1	12	0	23,896
경기	8,260	14	30	8	39,745	3	64	0	48,124
강원	1,233	2	0	4	4,552	11	14	0	5,816
충남	2,924	4	2	1	9,289	3	34	1	12,258
충북	1,163	5	2	5	5,063	2	21	0	6,261
전남	2,292	6	69	9	8,009	0	106	0	10,491
전북	1,620	10	5	2	4,524	1	18	0	6,180
경남	7,054	35	11	7	21,572	1	82	0	28,762
경북	4,261	39	21	1	15,365	2	112	0	19,801
제주	553	0	26	2	1,396	0	0	0	1,977
합계	36,998	133	221	323	125,403	24	463	1	163,566

지상 변압기는 1979년부터 도입이 되어 1983년 올림픽 유치준비를 위해 이들의 상용이 급속히 확대되었다. 대도시 중심에는 전주가 없어지고 대부분 지중화 현상이 두드러지고 있다. 그림 1은 90년도부터 2006년 12월까지의 지상 변압기(Pad-mounted Transformer) 설치 대수의 증가를 표시한 그림이다.

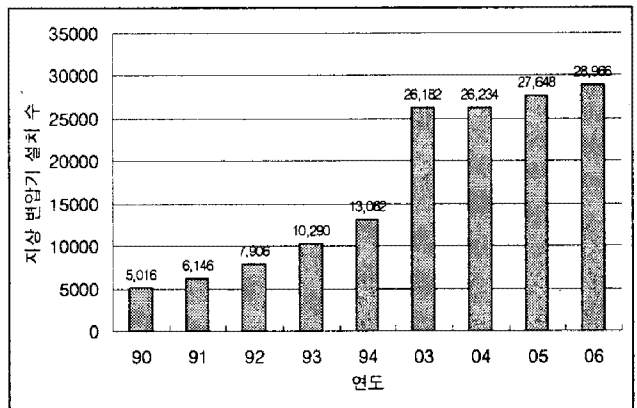


그림 1. 지상 변압기 설치 현황 (90~06년도)

Fig. 1. Installation situation of Pad-mounted Tr

그림 2는 지역별 지상 변압기 2007. 4월 기준 설치 현황이다. 그림에서 확인할 수 있는 것처럼 대도시에 설치되어 있어 특히 서울의 설치가 전체 21%를 넘는 것으로 조사 되었다. 지상 변압기는 대도시에 설치되어 도심의 사업용 건물 부하를 공급, 대단위 아파트 단지에서 전원을 공급하고 있다.

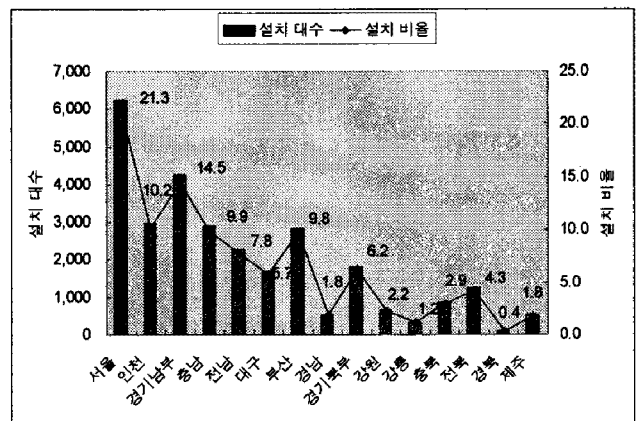


그림 3. 지역 별 지상 변압기 설치 현황 (07.4.30)

Fig. 2. Installation situation of Pad-mounted Tr by area(07.4.30)

지상 변압기 용량은 30kVA에서 1000kVA까지 설

치되어 도심 부하 집중화와 미관을 고려하여 계속적으로 지상용 변압기는 증가 추세에 있다. 따라서 집중 호우 및 저지대의 침수로 인한 지상 변압기 침수 등으로 인한 전력 차단 등 침수 피해에 대한 대책이 필요하다고 판단된다.

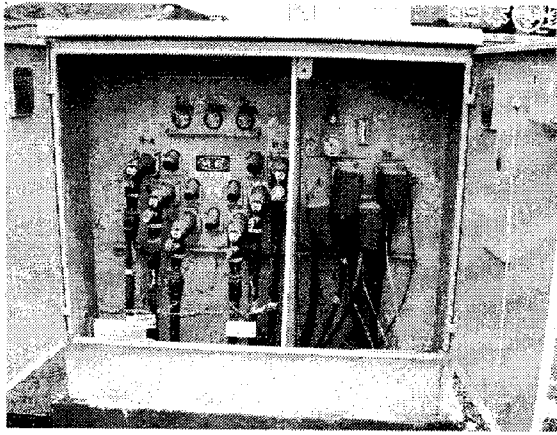


그림 4. 지상 변압기 설치(3상 300kVA)
Fig. 3. Installation of Pad-mounted Tr (3Φ 300kVA)

그림 4는 지역별 지상 개폐기(2007. 3월)의 설치 현황이다. 그림에서 확인 할 수 있는 것처럼 지역별 지상용 변압기 설치 비율이 거의 동일한 수치로 설치된 것을 확인 할 수 있다. 지상 개폐기는 회로 구성수에 따라 4회로 4스위치, 4회로 2스위치, 3회로 3스위치 형태로 나눌 수 있고, 지상 개폐기는 지중설치가 곤란한 장소에서 지상으로 설치하며 외함 내에 개폐기 본체가 내장되어 있다.

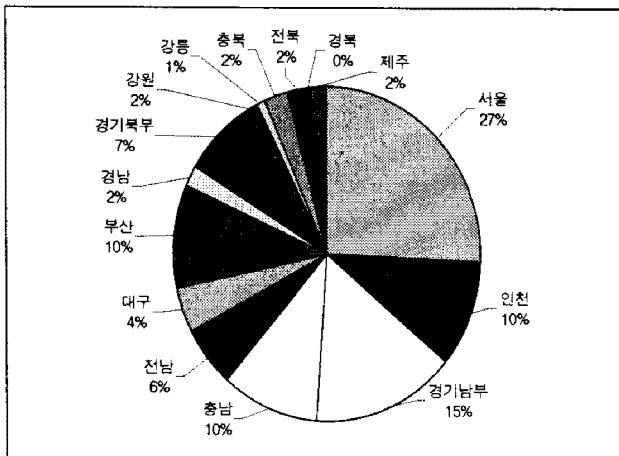


그림 5. 지역별 지상개폐기 설치 현황(07.03)
Fig. 4. Installation situation of Switches by area (07.03)

여기서 지중설치 장소는 맨홀, 전력구, 공동구, 수

용가 지하 수변전실 등에 설치가 된다. 따라서 집중 호우 및 저지대의 침수로 인한 지상 개폐기 침수 등으로 인한 전력 차단 등 침수 피해에 대한 대책이 필요하다고 판단된다.

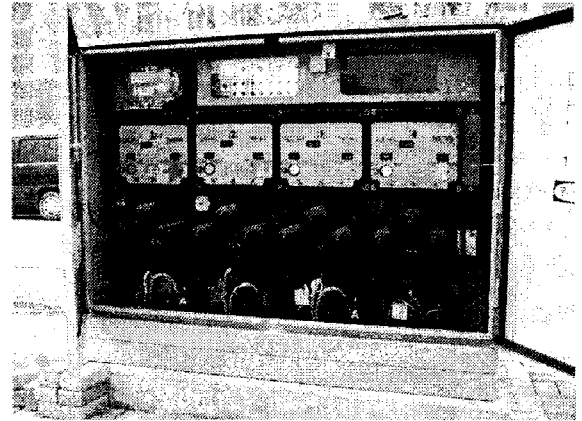


그림 6. 지상 개폐기 (25.8kV 가스개폐기)
Fig. 5. Installation of Switches(25.8kV GIS Switches)

2.3. 수변전실 및 지중 전력기기 침수 피해 및 현장 실태조사

표 2에서처럼 전기안전연구원 보고서[4]의 조사 내용에 따르면 도심 저지대 및 해안가 저지대의 상습침수지역의 수전설비를 조사한 결과 전체 1,991개소 수·변전설비 중에서 37.67%에 차지하는 750 곳의 시설이 건물 지하에 설치되어 있고, 건물 옥상에는 524곳(26.32%)에서 설치되어 있는 것으로 조사 되었다.

표 2. 상습침수지역 수변전실 위치 및 형태 현황
Table 2. Situation of Transformer Vault location and form in common flood area

구분	도심 저지대	해안가 저지대	합계	비율[%]	
조사 동/읍 수	41	46	87	-	
지하	노출[갯수]	53	88	141	7.08
	큐비클[갯수]	343	266	609	30.59
옥상	노출[갯수]	95	269	364	18.28
	큐비클[갯수]	90	70	160	8.04
지상	노출[갯수]	44	70	114	5.73
	큐비클[갯수]	41	83	124	6.23
건물 구내[갯수]	23	77	100	5.02	
H 변대[갯수]	144	235	379	19.04	
합계	833	1158	1991	100	

조사된 자료에서 보는 것처럼 상습침수지역에서 전체 수·변전설비의 37.67%에 해당 되는 수변전실이 지하 공간에 설치되어 있어, 침수에 대한 대비책이 없는 국내 현 상황에서는 집중 호우 및 해일 등에 대해 무방비 상태로 수변전설비가 노출되어 있다고 볼 수 있다. 그림 6은 2007년 8월 4일 천안 구성동 호우와 하천 범람으로 인근 도로 침수 및 지하 수변전실(500kW)의 침수 피해해로 MOF, 변압기, 배전반 등의 피해 사진이다. 피해 현장을 15일이 지난 후에 방문을 했을 때에는 수리가 불가능해서 임시 전력을 공급받고 있었고, 수변전설비는 추후 옥상에 재 건설을 추진하고 있었다. 이 침수 피해로 건물 및 인근 장소에 약 30 여 정도 정전이 발생하였다.

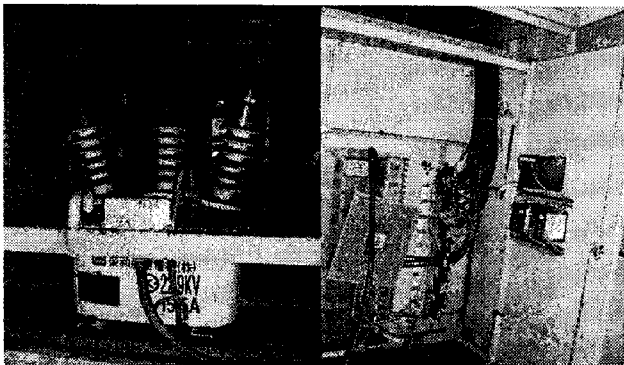


그림 6. 수변전설비(MOF, 배전반) 침수 피해
Fig. 6. Flood damage of Substation(MOF, Swichboard)

그림·7은 지하에 시설된 일체형 수변전설비로서 침수로 인해 전체가 물에 잠겨 사용이 불가능하게 된 시설로 안전관리자가 당시 침수 높이를 표시하고 있다.

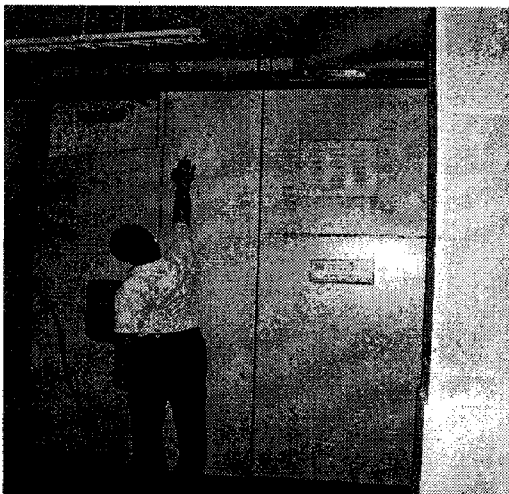


그림 7. 일체형 수변전설비 침수 높이
Fig. 7. Flood hight of Substation

상습침수지역의 지하 수변전실 배수시설 50곳에 대하여 조사를 하였다. 조사 결과 지하 수변전실에 배수로 시설도 안 되어 있는 경우도 전체의 37%를 차지하였고, 시설되어 있는 경우에도 유지관리가 되지 않아 배수펌프 작동 및 배수로 관리가 되지 않은 곳도 많이 있었다. 또한 옥상에 수변전실의 경우에 배수로가 막혀 있어 배수 역할을 못하는 경우도 있었다.

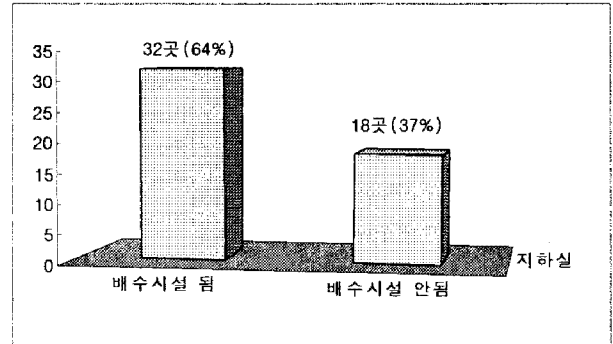


그림 8. 지하 수변전실 배수 시설 현황
Fig. 8. Situation of drain equipment at cellar Transformer Vault

따라서 집중 호우 및 하천가 근교는 범람으로 인해 물이 유입이 될 경우에는 배수로 인한 설비 안전에는 한계가 있을 것으로 판단된다.

지상 변압기, 개폐기는 주로 도로 위에 시설이 되어 지면과의 높이는 보통 15~25cm 정도 높이로 시설이 되어 있는 것으로 조사되었고, 지하에서 지면과의 높이를 120cm 공간을 두고 시설하도록 되어 있다. 지상 개폐기는 개폐기 형태에 따라 다르지만 그림 9에서 보는 형태는 지면으로부터 상별 50에서 70cm 정도의 이격 거리를 두고 시설이 되어 있다.



그림 9. 지상 변압기, 개폐기의 지면으로부터 설치 높이
Fig. 9. Installation hight of Pad Tr and Switches

다음은 2006년 경기도 고양시 주교동 침수 피해를 입은 도로변 지상 변압기 시용 기기 약 50cm 정도 침수가 된 것으로 조사 되었고, 그림 2007년 8월 4일 천안 구성동 호우와 하천 범람으로 인근 도로 침수로 도로변 지상 변압기 침수로 인한 인근 정전 피해를 입은 지역에 사진이다.



그림 10. 고양시, 천안시 인근 지상변압기 침수 높이
Fig. 10. Flood hight of Pad-mounted Tr at Goyang and Cheonan

2.4 수·변전설비 설치 높이에 관한 국내외 규정 분석

수변전설 침수 관련 국내 규정으로는 전기설비시 설기준(2006.7)에서는 규정에서 제 21조에 침수 우려가 없도록 적절한 시설이 갖추도록 규정하였고 [6], 규하고 있지 않고, 내선규정 705-4항에서 물에 침입이 없도록 조치한 장소로 규정을 하고 있다.

표 3 침수지역에서의 전기설비 설치 높이에 관한 규정
Table 3. Regulation about installation hight of electrical facility in flood area

구분	침수지역에서 전기설비 설치 높이에 관한 규정	관련 기관
국내	전기설은 침수위 이상 시설 또는 침수 위가 결정되지 않은 지역은 3m 이상으로 시설, 수변전설 입구 턱 높이 50cm	경상남도 건축조례, 소방방재청
호주	메인 전기 인입, 변전실, 측정설비는 침수예측수위(FPL : Flood Planning Level)에 1m 이상으로 설치	Camden 주정부
영국	전기 측정기(electricity meter)와 수용가 설비(Fuse box 포함)가 주거 건물 안에 낮은 위치에 설치된 경우에는 지역 전기공급 회사의 승인에 의하여 침수 위험 지역에서 예상 침수위 이상으로 설치	Preparing for Flood
미국	침수가능지역(Flood prone)에서는 차단기, 대용량 스위치, 배전반, 변압기, 지중 케이블 등의 중요 전기설비를 설치할 경우 가장 효율적인 침수예방 대책으로는 예측 침수위 이상 또는 그 값으로 시설하는 것이다. 만약 전기 설비 중에 규정에서 정한 최대 수위를 초과하지 못하는 경우에는 건물 안에서 더 높은 층으로 재설치.	국가수해보 험프로그램 (NFIP)

국의 전기설비 수·변전설비 시설장소에서 관해서 NEC450.41, IEC 61936-1, 호주 AS/NZS 3000에서 규정을 하고 있다. 침수 지역에서의 전기설비 설치 높이 등에 관련된 미국, 영국, 호주의 경우는 다음 표4와 같이 설치 높이를 규정하고 있다 [9,10,11].

3. 결론

침수 지역에서의 수변전설 시설 환경 및 지중 배전기기에 대한 침수에 피해 현황에 대한 조사 분석을 하였다. 전력기기에 대한 국내 인식이 피해 시설물로 그렇게 좋지 않게 인식하고 있고, 설치 공간 등의 문제로 지하공간에 시설되고 있다. 또한 대도시 집중화 현상으로 지중화 시설이 크게 진행이 되고 있는 현실이다. 따라서 국내 집중 호우, 태풍 등에 의한 저지대 및 침수 지역에서의 전기설비 침수피해가 많이 발생하고 있는 것이 현실이다. 따라서 구체적이고 현실적인 대책이 강구되고 그에 따른 관련 법 개정 부분이 필요하다고 판단 된다. 또한 침수 대책 설비에 대한 국가 지원 및 여러 방면에서 인센티브를 주는 방안도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

이 논문은 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구 II, 한국환경 정책평가 연구원, 2002. 12
- [2] 풍수재해예방가이드, 한국화재보험협회, 2004. 7
- [3] 地下空間의 침수방지대책에 관한 연구 행정자치부, 2004. 3
- [4] 수변전설비의 안전실태조사 및 대책 연구, 한국전기안전공사 전기안전연구원, 2004. 12
- [5] 22.9kV 수·변전설비에서의 감전 위험성 연구, 한국전기안전공사 전기안전연구원, 2002. 12
- [6] 전기설비기술기준 및 판단기준, 2006.8
- [7] National Electrical Code 2002. US
- [8] Protecting Building Utilities From Flood Damage, 1999, US
- [9] Electrical Installations(AS/NZS 3000: Wiring Rules), 2000, Australia
- [10] Preparation of Floods, England
- [11] Planning Policy Guidance 25 : Development and flood risk, England