

## 침수지역에서 수·변전설비 침수방지시설에 관한 현장실태 조사 및 분석

(The Investigation and Analysis of Field Condition on Flood Protection Equipment of  
Transformer Vault in Flood Area)

김기현\* · 김종민 · 김선구 · 황광수

(Gi-Hyun Kim · Chong-Min Kim · Sun-Gu Kim · Kwang-Su Hwang)

### 요 약

매년 집중 호우 및 태풍·해일 등에 의해 도심 저지대 및 해안가 저지대의 수·변전설비 침수가 많이 발생하고 있다. 수·변전설비가 침수되면 전력 수급에 큰 문제를 발생시키고, 복구 시간이 많이 걸리기에 그에 따른 경제적 손실 발생과 침수된 설비에 의한 감전사고 발생 및 물적 피해가 발생을 한다. 따라서 이를 방지하기 위한 상습 침수지역에서의 수·변전설비 시설에 대한 시설 방안이 제시되어야 할 것이다. 이미 외국의 경우 전기설비의 중요성을 인식하여 침수지역에서의 전기설비 시설에 대하여 규정을 하고 있다. 본 논문은 국내에서 가장 많이 분포되어 있는 22.9[kV] 수·변전설비 시설 현황 및 침수방지 대책에 대한 현장실태조사를 하였고, 미국, 영국 등 국외 전기설비 침수방지 대책에 관한 규정들을 비교·분석하였다. 분석 결과 국내의 침수방지 대책이 현장 및 제도적으로 미비하였다. 따라서 본 논문은 현장실태조사 결과와 국외 침수방지대책에 관한 규정 분석을 토대로 상습침수지역에서의 수·변전설비 침수방지 대책을 제시하였다. 또한 본 연구 내용은 국내 관련 법 개정(안)을 제시하는데 근거 자료로 사용될 것이다.

### Abstract

Inundation of Transformer Vault 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 Transformer Vault, it occurs a great economic loss owing to recovery time and events of electric shock occur by inundation electrical facility. So we need installation plan of Transformer Vault in common flood area for preventing from economic loss and equipment events. Therefore we research distribution of 22.9[kV] Transformer Vault in common flood of the country and analyze field condition about flood protection plan. And we analyze regulation or law relating to the flood protection counterplan of US, England, Australia. This paper will be used to present a reform proposal of electrical related law about flood protection of existing Transformer Vault. Also we present considering facts at the time Transformer Vault installation in common flood area.

Key Words : Common Flood Area, Transformer Vault, Installation, Flood Protection

\* 주저자 : 전기안전연구원 연구원

Tel : 031-580-3078, Fax : 031-580-3111, E-mail : ghkim7151@kesco.or.kr

접수일자 : 2005년 3월 22일, 1차심사 : 2005년 3월 25일, 심사완료 : 2005년 5월 4일

## 1. 서 론

지구 환경변화에 따른 집중 호우, 해일 등에 의한 도심 저지대 및 해안가의 수·변전설비 침수가 많이 발생을 하고 있다. 한번 침수된 수·변전설비는 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 재산 및 인명 피해가 발생하고 있다. 이 침수지역을 조사하기 위해 행정자치부에서 관리하고 있는 상습침수지역의 현황을 조사하였고[1], 그 지정된 지역의 수·변전설비 설치 현황 및 침수 방지 대책에 관한 현황을 조사하였다. 실태조사는 지하수변전설, 건물 옥상, 옥외 지상에 어느 정도의 비율로 분포 되어 있는가와, 각 위치에 따른 침수 방지 대책에 관하여 현장실태 조사를 하여 분석하였다. 또한 외국의 경우에서 침수지역 전기설비 설치에 관한 규정들을 조사 분석하여 외국의 현황을 조사 하였다. 본 논문은 상습침수지역에서의 수·변전설비 침수 피해를 줄이기 위한 기존설비의 대비책과 신설되는 수·변전설비에 대한 침수 방지 대책을 제시하였다. 또한 본 내용을 토대로 관련법 개정(안)을 제시하는데 사용될 것이다.

## 2. 본 론

### 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 [3]. 그로 인한 전기설비 침수 피해와 복구시간 등에 따른 2차 피해가 더욱 커지고 있다[4]. 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. 본 논문은 행자부에서 관리하고 있는 재해위험지구 지정현황(2002.5.30기준)을 기준으로 상습침수지역(도심저지대, 해안가 저지대)을 선정하였다[1].

### 2.2 상습침수지역에서의 수변전설비 시설 현황

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

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

구분	도심저지대	해안가저지대	합계	비율[%]
조사 동/읍 수	41	46	87	-
지하	노출[갯수]	88	141	7.08
	큐비클[갯수]	266	609	30.59
옥상	노출[갯수]	269	364	18.28
	큐비클[갯수]	70	160	8.04
지상	노출[갯수]	70	114	5.73
	큐비클[갯수]	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 수변전설이 지하 공간에 설치되어 있어, 침수에 대한 대책이 없는 국내 현 상황에서는 집중 호우 및 해일 등에 대해 무방비 상태로 수변전설비가 노출되어 있다고 볼 수 있다. 그림 1은 지상 수·변전설비 침수 높이 및 지하 수변전설 입구에 침수되었던 침수 흔적을 나타낸 그림이다.

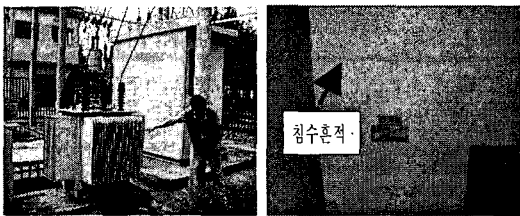


그림 1. 수변전설비 침수 높이 현황  
Fig. 1. Inundation level of Transformer Vault

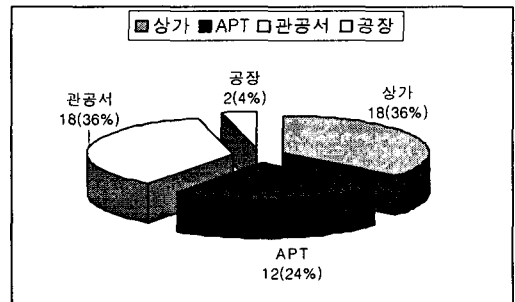
### 2.3. 수·변전설비 현장실태 조사 및 관련 규정 분석

현장실태 조사의 지역 선정은 행자부에서 선정된 상습침수지역의 도심 저지대 67곳, 해안가 저지대 45곳의 지하, 건물옥상·지상의 수·변전설비에 대해 표 3과 같이 조사하였다. 다음 그림 2는 이번에 실시한 현장실태 조사의 지하 수·변전설비 및 옥상

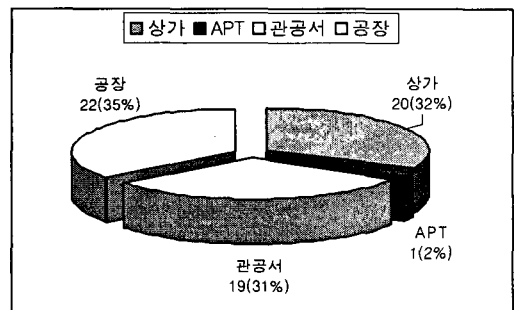
지상 수·변전설비의 건물 용도를 표시한 것이다.

표 3. 시설 위치 별 수·변전설비 구성 방식  
Table 3. Form of Transformer Vault by location

위치	방식			합계
	큐비클 [개수(%)]	노출 [개수(%)]	큐비클+노출 [개수(%)]	
지하 층	36(72[%])	8(16[%])	6(12[%])	50
옥상 및 지상	31(50[%])	24(39[%])	7(11[%])	62
합계	67(59.8[%])	32(28.6[%])	13(11.6[%])	112



(a) 지하 수변전설



(b) 옥상·지상 수변전설

그림 2. 실태 조사한 수·변전설의 건물용도  
Fig. 2. Building use of researched ITR

#### 2.3.1 배수시설 현장 실태조사

상습침수지역의 지하 수변전설 배수시설 50곳에 대하여 조사를 하였다. 조사 결과 지하 수변전설에 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 수변전설의 경우에 배수로가 막혀 있어 배수 역할을 못하는 경우도 있었다.

침수지역에서 수·변전설비 침수방지시설에 관한 연장실태 조사 및 분석

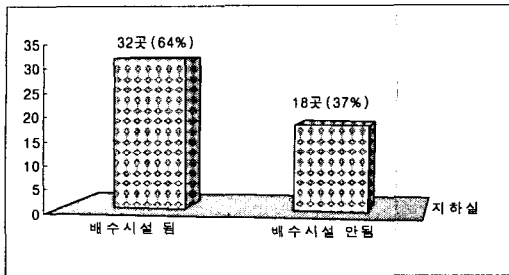


그림 3. 지하 수변전실 배수 시설 현황  
Fig. 3. Situation of drain equipment at cellar Transformer Vault

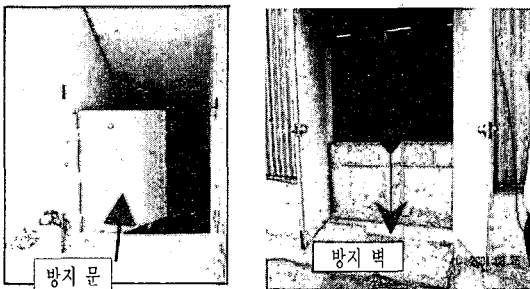


그림 4. 수변전실 침수방지 대책  
Fig. 4. Inundation protection counterplan of Transformer Vault at flood area

2.3.2 침수방지시설에 대한 실태조사

지하실, 건물 옥상 및 옥외 지상에 단독 구획으로 시설된 건물의 수변전실 출입구에 물 침입 방지를 위한 시설이 되어 있는지를 조사 하였다. 조사 결과 침수 방지 턱이 있는 경우는 전체 50곳 중에 30곳 (60%)이 되어 있었고, 나머지는 바닥 면과 동일 높이에 시설되어 있었다. 방지턱의 높이는 보통 15~30[cm] 정도의 범위에서 시설되어 있었다. 영국의 경우 침수에 대비하기 위해 일반 건물에도 지하 침수 방지를 위한 방어벽 또는 방어판 등의 시설을 하여 침수에 대비하도록 하고 있다. 실태 조사 결과 상습침수 지역 및 해일위험 지역에서의 지하 수변전실의 침수에 대한 대비시설이 되어 있는 곳은 조사한 50개소 중에 9곳(18%)으로 조사 되었다. 침수가 여러 번 되었던 포항, 부산, 마산 등 지역에서는 그림 4와 같이 침수 방지벽, 침수 방지 문 등 일부 시설을 한 것으로 조사되었다. 실태 조사한 50개소 중 10(20%)곳에서 침수 경험이 있었고, 건물 옥상 및

옥외 지상 수·변전설비 중에 침수에 의해 지하에서 있다가 옥상 및 지상으로 재시설한 곳이 실태조사 62개소 중에 9곳(15%)으로 조사되었다.

2.3.3 수·변전설비 설치 높이에 관한 국내외 규정 분석

수·변전설비 설치에 관하여는 전기설비시설기준에서는 규정하고 있지 않고, 내선규정 705-4항에서 물에 침입이 없도록 조치한 장소로 규정을 하고 있다. 외국의 경우 수·변전설비 시설장소에서 관해서 NEC450.41, IEC 61936-1, 호주 AS/NZS 3000에서 규정을 하고 있다. 침수 지역에서의 전기설비 시설에 대한 국내 규정은 경상남도(2004년)에서 상습침수지역에서의 전기실(수변전실) 및 기계실에 대한 높이 제한의 내용을 건축조례 개정안에 공고하였다. 미국, 영국, 호주의 경우는 다음 표 4와 같이 설치 높이를 규정하고 있다[9,10,12].

표 4. 침수지역에서의 전기설비 설치 높이에 관한 규정

Table 4. Regulation about installation height of electrical facility in flood area

구분	침수지역에서 전기설비 설치 높이에 관한 규정	관련 기관
국내	전기실은 침수위 이상 시설 또는 침수위가 결정되지 않은 지역은 3[m] 이상으로 시설	경상남도 건축조례
호주	메인 전기 인입, 변전실, 측정설비는 침수 예측수위(FPL : Flood Planning Level)에 1[m] 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 침수예방대책으로는 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)

### 3. 상습침수지역에서 침수방지 대책

#### 3.1 기존 수·변전설

##### 3.1.1 배수시설

침수지역에서 지하 수·변전설비가 시설된 곳은 기본적으로 배수로, 집수정 시설 및 배수펌프 시설을 갖추어 침수 피해를 막아야 한다. 또한 이 시설은 적어도 침수를 막기 위해서 구내로 들어오는 모든 유입량을 신속히 구외지역으로 배출시킬 수 있도록 해야 하고[5], 항상 정상적으로 제 기능을 할 수 있도록 청소 등의 유지관리가 필요하다.

##### 3.1.2 침수 방지 시설

물이 침입할 수 있는 지하 출입구 및 지상 수변전설 출입구는 침수위 이상으로 방수 벽 또는 물 차단막 등을 시설하여 집중 호우 발생 및 범람 등에 의한 침수 발생시에 운영될 수 있도록 해야 할 것이다. 그러기 위해서는 매년 그 지역 및 주변지역에서의 침수에 관련된 침수위 등에 대한 자료를 관련 지자체에서 수집 및 관리를 해야 할 것이다.

##### 3.1.3 환기구 설치

환기구로 통한 침수를 막기 위해서는 환기구를 침수위 이상으로 시설을 해야 하던지, 침수시 물침을 막을 수 있도록 환기구의 밀폐시설 또는 덕트 시설 등을 고려하여 시설을 해야 할 것이다. 또한 케이블 트레이 등 지하공간과 연결되어 있는 부분으로의 물 침입을 막을 수 있도록 케이블 트레이 시설시 벽과의 공간을 밀폐시키도록 해야 할 것이다.

##### 3.1.4 감전사고 예방

지하 수변전설 침수시 감전 사고를 막기 위해서는 침수되기 전에 메인전원을 차단할 수 있도록 위치를 사전에 파악하여 할 것이다[11]. 메인 전원 위치 파악은 감전사고에 대한 근본적인 대책은 아니지만, 침수로 인한 감전 피해를 최소화 할 수는 있을 것이다.

#### 3.2 신설 수·변전설

재해위험지구로 지정된 상습침수지역에 대하여는 건축법에 따라 재해관리구역으로 재지정하여 위험수준에 따라 건축물의 용적률, 건폐율(建蔽率) 등의 건축제한을 받게 되어 있다. 따라서 재해관리구역으로 지정된 곳에서의 수변전설시 경남에서 시행하고 있는 것처럼 침수위 이상 또는 침수위에 관한 데이터가 없는 경우에는 침수위 높이를 지자체에서 정하여(예 : 경남도청 3[m] 이상) 공사계획 신고서 제출시 지자체와 협의하여 시설하도록 해야 할 것이다 [7]. 옥외 지상 수·변전설비가 큐비클식으로 되어 있는 경우 침수위 이상으로, 노출로 시설하는 경우에는 충전부 부분이 침수위 이상으로 시설하도록 높이를 선정해야 할 것이다. 침수지역에서 지상 및 옥상에 수·변전설비를 신설할 경우에는 특고압기기를 철제함에 넣은 큐비클식 및 소용량인 경우에는 Package형 수·변전설비를 설치하면 적은 공간에서 시설할 수 있다.

### 4. 결 론

침수 지역에서의 수·변전설비 시설 환경에 대한 실태 조사 결과 침수에 대한 대비책으로 수·변전설의 배수시설, 침수방지 시설, 침수지역에서의 설치높이 등이 설계 단계부터 적용 되어 있지 않아 상습 침수지역의 수변전설비가 침수에 노출되어 있는 것으로 조사 되었다. 이에 대한 대책으로 일부 지역에서는 기존시설에 침수 방지벽, 방지문 등의 시설을 하고 있었지만, 근본적인 대책으로는 미흡한 실정이다. 따라서 상습침수지역으로 선정된 지역에서는 감전 및 설비사고 등 전기재해를 예방하고, 전력 공급의 원활한 공급을 위해 도심저지대, 해안가 등의 지역별 특성을 고려하여 매년 지자체에서 침수위를 관리하여야 할 것이다. 또한 정해진 침수위 높이에 따라 피해가 예상되는 상습침수지역에서는 침수위 이상으로 수·변전설비를 설치하도록 법적으로 규정하고, 또한 정기적 시설 점검, 건물 면적 산정에서 제외하는 등의 혜택을 주는 방안도 고려되어야 할 것으로 판단된다.

References

- [1] 2003년 재해위험지구 현황(02. 12. 31 기준), 행정자치부 방재기준.
- [2] 22.9(kV) 수배전설비, 대한전기기사협회, 1994.
- [3] 지구온난화에 따른 한반도 주변의 해수면 변화와 그 영향에 관한 연구II, 한국환경 정책평가 연구원, 2002. 12.
- [4] 22.9(kV) 수·변전설비에서의 감전 위험성 연구, 한국전기안전공사 전기안전연구원, 2002. 12.
- [5] 풍수재해예방가이드, 한국화재보험협회, 2004. 7.
- [6] 地下空間의 침수방지대책에 관한 연구 행정자치부, 2004. 3.
- [7] 경상남도 건축조례, 2004.
- [8] National Electrical Code 2002. US.
- [9] Protecting Building Utilities From Flood Damage, 1999, US.
- [10] Electrical Installations(AS/NZS 3000: Wiring Rules), 2000, Australia.
- [11] Flood Risk Management Policy, 2003. 12, Australia.
- [12] Preparation of Floods, England.
- [13] Planning Policy Guidance 25 : Development and flood risk, England.
- [14] IEC 61936-1: Power installations exceeding 1(kV) a.c..

◇ 저자소개 ◇

**김기현 (金基鉉)**

1971년 5월 1일생. 1997년 숭실대학교 전기공학과. 2000년 8월 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사과정. 2000년 6월~2003년 6월 한국전기연구원 제직. 2003년 7월~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 근무.

**김종민 (金鍾旻)**

1972년 7월 18일생. 1998년 전북대학교 전기공학과 졸업. 2001년 동대 전기공학과 졸업(석사). 2001년~현재 전기안전연구원 근무.

**김선구 (金善球)**

1961년 1월 25일생. 1985년 한양대학교 전기공학과 졸업. 1991년 7월 한국전기안전공사 입사. 2002년 10월~현재 전기안전연구원 부장 근무.

**황광수 (黃光秀)**

1969년 9월 10일생. 1995년 강원대학교 전기공학과 졸업. 1996년 3월 한국전기안전공사 입사. 2002년 12월~현재 전기안전연구원 근무.