

# 공기압을 이용한 전기설비 침수 방지 장치 개발에 관한 연구

(The development for flooding prevention apparatus of electrical equipment using air pressure)

김기현\*, 전현재\*, 이상익\*, 배석명\*, 이재용\*\*

(Gi-Hyun Kim · Hyun-Jae Jean · Sang-Ick Lee · 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 ground power equipment breaks out every summer season in low-lying downtown and low-lying shore by localized heavy rain, typhoon and tidal wave. In case inundation excluding the exchanging cost of equipment, it occurs a great economic and social loss owing to recovery time and events of electric shock occur by inundation electrical equipment(Pad-mounted Transformer and Switch). In case of installing the power equipment at flood danger territory, we are necessary to the product development, the product is that water does not come in the inside the power equipment. Product of pressure maintaining are established on the basic frame and sensor operates at the flooding occurrence and is maintained a shutting tightly structure and it is a method. The product which is produced the reliability of the product it confirmed a flooding yes or no from the condition which puts in the water tank and it verified. We estimate that loss cost which is caused by with flooding and the power failure will be diminished if it is addition to advances the reliability evaluation and a security of the flood protection product.

## 1. 서 론

매년 집중 호우 및 태풍, 해일 등에 의해 도심 저지대 및 해안가 지대 수변전실 및 지상 전력기기의 침수 현상이 매년 발생하고 있다[1]. 그로 인한 설비 교체 비용 및 정전으로 인한 사회, 경제적 손실이 더욱 크게 발생을 하고 있다. 또한 국내 환경 변화로 전기설비 침수 발생 빈도는 증가 될 것으로 판단된다[2]. 침수위험지역에서 전력용 변압기 등 전력기기 시설시 침수 방지할 수 있는 제품 개발이 필요하게 되었다. 따라서 기본 전력기기의 외형 틀은 유지하고 그 상부에 공기 압력을 유지할 수 있는 장치를 설치하여 침수 발생시 센서가 작동하여 밀폐구조를 유지하게 되는 방법이다. 제작된 제품을 수조에 넣은 상태에서 전력 설비에 물 침입 여부를 확인해서 제품의 신뢰성을 검증하였다. 따라서 추후 제품의 신뢰성 평가 및 보안을 추가로 진행하여 침수로 인한 설비 교체 및 정전 등으로 인해 발생하는 비용을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 본 론

### 2.1 수변전실 및 지상 전력기기 침수 피해 현장 실태조사

한국전기안전공사 보고서 조사에 따르면 침수위험지구에서 전체 수·변전설비의 37.67%에 해당되는 수변전실이 지하 공간에 설치되어 있는 것으로 조사되었다[3]. 침수 위험지역에서 전기설비 침수에 대한 대비책이 없는 국내 현 상황에서는 집중 호우 및 해일 등에 의한 물 유입에 대해 무방비 상태로 수변전설비가 노출되어 있다고 볼 수 있다. 그림 1은 2007년 8월 4일 천안 구성동 호우와 하천 범람으로 인근 도로 침수 및 지하 수변전실(500kW)의 침수 피해로 인한 MOF, 배전반의 피해 사진이다. 피해 현장은 침수 피해로 인해 설비 수리가 불가능해서 임시 전력을 공급받고 있었고 수변전설비는 옥상으로 재건설이 추진되고 있었다. 당시 침수 피해로 건물 및 인근 장소에 약 30 분 정도 정전이 발생하였다.

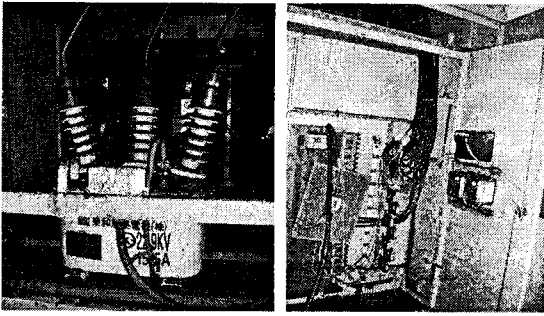


그림 1. 수변전설비 (MOF, 배전반) 침수 피해  
Fig. 1. Flood damage of Substation(MOF, Switchboard)

침수위험지구의 지하 수변전설 배수시설 55곳에 대하여 조사를 하였다. 그림 2의 우측에서 보는 것처럼 지하 수변전설에 배수로 및 배수펌프 시설이 안 되어 있는 경우도 전체의 35%(19곳)를 차지하였고, 그림 2의 좌측처럼 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.

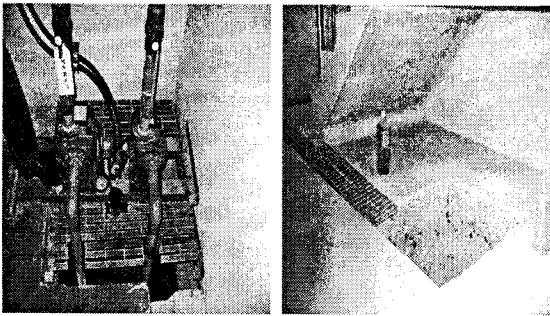


그림 2. 지하 수변전설 배수 시설 현황  
Fig. 2. Situation of drain equipment at cellar Transformer Vault

또한 배수펌프의 역할이 고여 있는 물의 배수 역할 정도로 시설되어 집중 호우 및 하천가 근교 범람으로 인해 물이 지하로 유입이 될 경우에는 배수펌프로 인한 설비안전 보호에는 한계가 있는 것으로 조사 되었다. 지하 공간 침수방지 대책에 관해서 지하 수변전설의 침수에 대한 대비시설(방수문, 방수판 등)이 되어 있는 곳은 조사한 55 개소 중에 9곳(16.3%)으로 조사 되었다. 실태 조사한 55 개소 중 12(21.8%)곳에서 침수 경험이 있었

고, 건물 옥상 및 옥외 지상 수변전설비 중에 침수에 의해 지하에서 있다가 옥상 및 지상으로 재시설한 곳이 실태조사 63 개소 중에 9곳(14.3%)으로 조사되었다.

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 한국전력 공사 시방서에 규정 되어 있다[4]. 지상 개폐기는 개폐기 형태에 따라 다르지만 그림 3의 우측에서 보는 형태는 지면으로부터 상별 50에서 70cm 정도의 이격 거리로 시설되었다.



그림 3. 지상변압기(좌), 개폐기(우)의 지면부터 높이  
Fig. 3. Installation height of Pad Tr and Switches

## 2.2 침수방지용 장치 개발

### 2.2.1 내부장치 개발

능동 방수용 상부 압력 발생 저장장치는 그림 4와 같이 상부에 공기 가압용 장치 및 제어 제작하고 하부에 전자 밸브 및 기계식 내부 압력 유지장치를 제작 하였다. 능동방호 침수 방지 기술인 침수방지 내부장치 개발은 가변 내압 방수 기술 개발과 침수예상 감지 기술 개발, 침수 단계별 능동 보호 장치 기술 개발 등으로 구분되어 개발하였다. 그중 가변 내압 방수 기술 개발은 수변전설비 시스템의 전력기기부를 둘러싼 상부밀폐 하부 개방형 방열구조물과 구조물 내부의 기계식 공기 압력조절을 통한 수위조절 장치와 연결된 공기압축탱크 및 공기공급용 수동밸브를 통하여 내부 압력을 조절하였다. 그리고 하부에 개방된 장소를 통하여 내부 기체 압력이 높아지면 수위가 낮아지고 내부 기체 압력이 낮아지면 수위가 높아지는 현상을 기본으로 내부 수위에 따라 공기밸브를 자동 조절하여 내부 압력을 외부 수위에 의한 압력

보다 높거나 같게 조절함으로써 외부의 물이 내부로 침투하는 것을 방지하는 원리이다. 전력기기부의 침수를 막기 위해 그림 5와 같이 투명 아크릴을 사용한 전면 방수 식으로 구분하여 실물을 제작하였다.

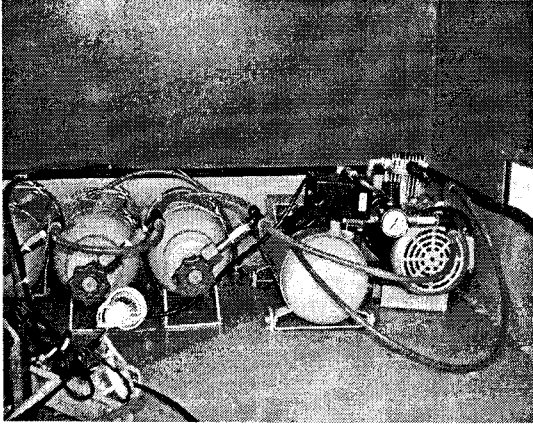


그림 5. 능동 방수용 압력 발생 저장장치  
Fig. 4. Equipment of Storage pressure generate for activity waterproof

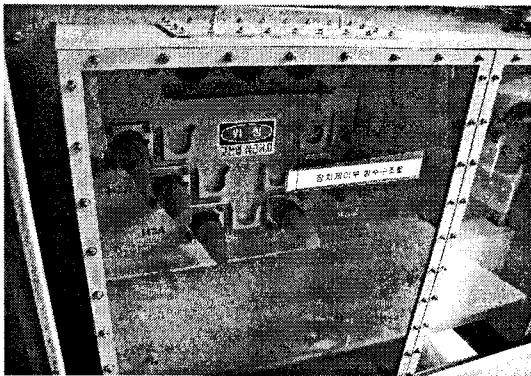


그림 6. 제어부 전면 방수 구조물  
Fig. 5. Structure of front waterproof for control

지중선 배관과 지중선이 간섭하지 않고 인출할 수 있고 홍수 시 지중선에서 분출될 수 있는 수압을 차단하는 구조로 상부밀폐 하부와 측면일부 개방 구조로 설계하였다. 그림 6과 같이 고강도 절연봉을 소재로 하여 지중관에 적합하게 가공하고 헤드 부분은 지중케이블의 인출 가능하고 상부는 수격으로부터 변압기 내부 장치를 보호할 수 있도록 상부는 밀폐하고 측면을 개방하는 구조로 제작하였다.

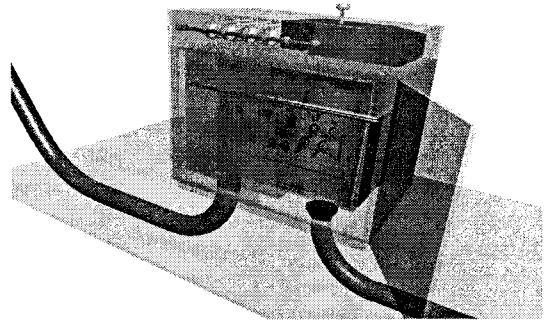


그림 7. 지중선 밀폐기술 3차원설계  
Fig. 6. 3D plan of underground airtight technology

침수에 대한 현장 실험을 위하여 실험용 대형 수조에서 침수방지 변압기를 설치하고, 홍수 상황을 가정하여 수위를 높이고 상부 공기 발생장치와 저장장치를 통하여 능동적으로 장치 내부압력을 외부 압력보다 높여 그림 7과 같이 방수하는 실증 실험을 실시하였다.

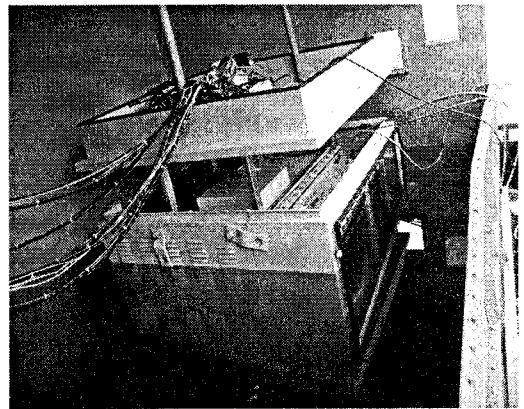


그림 8. 침수 후 능동 방수상태 실증실험  
Fig. 7. Site test for activity wasteproof situation after inundation

## 2.2.2 침수예상 감지 기술 개발

홍수 시 내부 비상 전원마저 차단되었을 경우를 가정하여 내부로 유입되는 물의 수위를 감지하기 위한 수위감지부와 물이 유입된 공간으로 압축공기를 주입하는 압축공기 공급 수단을 구비하는 수변전설비 시스템을 구축하였다. 수변전설비 시스템의 수위 감지부는 일 측으로 압축공기를 유입 받

아 반대쪽을 통해 물이 유입된 공간으로 배출하는 압축공기 배출라인과 내부로 유입되는 물의 부력에 의해 상측으로 뜨는 뜨개와 뜨개가 사전에 설정된 기준 높이보다 낮게 위치하면 압축공기 배출라인을 폐쇄시키고 상기 뜨개가 사전에 설정된 기준 높이보다 높게 위치하면 상기 압축공기 배출라인을 개방시키는 개폐 밸브를 포함하여 구성된다. 홍수위를 감지하고 내부압력을 자동 조절하기 위하여 그림 8과 같이 장치를 설계한 후 침수 상황을 가정하여 수위를 증가시키고 그 값과 비례하여 밸브가 개방되고 저장된 공기가 장치 내부로 유입되어 내부 압력이 상승하여 방수가 유지되는 시뮬레이션 및 각각의 장치가 간섭하는 상황을 방지하고자 부품 파트 간 충돌방지 시뮬레이션을 하여 검토하였다.

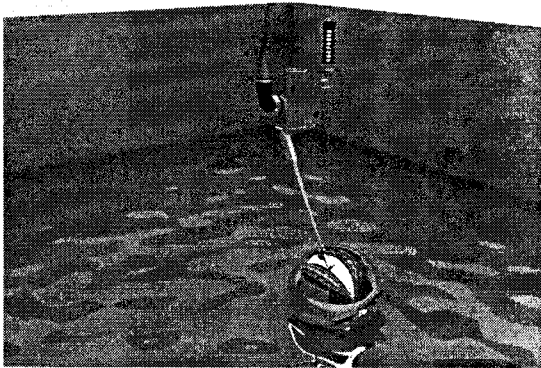


그림 9. 내부압력 조절 장치  
Fig. 8. Control equipment of internal pressure

그림 7과 같이 설치하여 처음 시험을 하였을 때 발생되었던 문제점으로 미세하게 공기가 누수 되는 부분은 비누 거품을 이용하여 누수 되는 부분을 찾아서 밀봉하여 해결하였다. 또한 대기압보다 높은 압력의 공기가 물에 녹는 양은 미미하여 상용하기에 충분한 방수 능력을 유지 하였고, 침수 상황을 가정하여 침수상태에서 외부 전원차단 후 그림 7과 같이 패드 변압기를 침수 상태에서 10일간 침수한 결과 설비에 침수방지 상황이 유지됨을 확인 할 수 있었다. 아크릴 판에 희미한 수증기 응결이 맺히는 부분이 발생을 하였지만 실질적으로 전력 공급에서 10일 간 이상 침수 되는 경우는 없을 것으로 판단되지만, 이부분에 대해서는 검토를 하고 있다. 또한 실제 전원을 공급하고 설비 침수 시 추가적 문제점을 검토하고자 진행을 계획하고 있다.

### 3. 결 론

침수 지역에서의 수변전실 시설 환경 및 지중 배전기기에 대한 침수에 피해 현황에 대해 조사 분석하였다. 또한 전력설비 침수 방지를 위한 방지 제품 설계 및 제작하여 침수 실증 시험을 일차적으로 시행을 하였다. 전력기기에 대한 국내의 편견 의식과 설치 공간 등의 문제로 지하공간에 시설되고 있다. 또한 대도시 집중화 현상으로 지중화 시설이 크게 진행이 되고 있는 것이 현실이다. 또한 국내 이상 기온으로 인한 집중 호우, 태풍 등에 의한 저지대 및 침수 지역에서의 전기설비 침수피해가 많이 발생하고 있다. 따라서 침수 지역에서의 전기설비 설치에 대한 수동적 대체에 대한 한계를 극복할 수 있고 침수 피해로 인한 전기설비 재설치 비용 및 정전 등으로 인한 2차적 피해를 줄일 수 있는 현실적인 대책이 필요하다고 판단된다. 1차적으로 연구 결과 제작된 제품에 대한 침수 상태 실증 시험을 하였고 추후 부하 상태에서 침수 상태의 실증 시험과 보다 많은 조건을 제시하여 실험을 통한 보안과 대책이 진행 예정이다. 전력설비 침수 방지 관련 법 개정 및 침수 방지 시설에 대한 국가 지원이 여러 방면에서 제시되어야 할 것으로 판단된다.

이 논문은 산업자원부 전력산업기반기금의 지원으로 수행된 연구결과입니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 地下空間의 침수방지대책에 관한 연구 행정자치부, 2004. 3
- [2] 풍수재해예방가이드, 한국화재보험협회, 2004. 7
- [3] 수변전설비의 안전실태조사 및 대책 연구, 한국전기안전공사 전기안전연구원, 2004. 12
- [4] 김기현 외 3명, “수변전실 및 지중배전기의 침수 방지 관련 현장 조사 분석”, 한국조명전기설비학회 추계학술대회, 2007. 11
- [5] 전기설비기술기준 및 판단기준, 2006. 8
- [6] Protecting Building Utilities From Flood Damage, 1999, US
- [7] Planning Policy Guidance 25 : Development and flood risk, England
- [8] 이재용 등, “침수지역에서 지상설형 지중전력기와 지하설치형 수변전설비의 침수방지용 장치개발”, 중간보고서, 영남이공대학, 2008. 2