

전력설비에 대한 내오손특성 평가설비 구축

이정기, 김민규, 정주영, 김익수, 문인욱, 강영식, 성문주^o
한국전기연구원, 배명산업(주)^o

Construction of the evaluating facilities against contamination characteristic for power installation

J.G. Lee, M.K. Kim, J.Y. Jeong, I.S. Kim, I.W. Moon, Y.S. Kang, M.J. Sung^o
Korea Electrotechnology Research Institute, Bae Myung Industrial^o

Abstract - The important consideration in laboratory designing and construction of the artificial pollution testing facilities including 300 kV, 1800 kVA AC test system, which enable to test and evaluate the UHV dielectric performance of power insulators up to transmission class, has been dealt in this paper. To evaluate the performance characteristics against contamination for various power installation, especially for the insulators and kinds of bushings, brief investigation and an analysis of test objects and related international codes and standards have been conducted. With the special consideration concerning other matters in designing of these testing facilities have been described with the fixed ratings and references.

- 시험용 전원을 공급하는 교류내전압시험설비
- 시험설비의 운전 및 측정데이터의 수집, 기록을 위한 측정제어설비
- 시험전원 수송용 Wall bushing
- 염무 및 증기무의 발생, 공급을 위한 보일러설비, 노즐 및 기타 배관설비

2.2 주요 설계 고려사항

(1) 평가대상 설비

본 평가설비는 154 kV 현수애자(Full set)에 대한 내오손 환경시험과 345 kV 송전급 애자에 대한 연구개발을 목적으로 구축되는 것이므로, 관련규격에 의한 시험전원을 고려하여 설비의 정격, 절연내력 및 시험공간의 확보, 설비별 절연협조 등의 검토가 수행되었다.

(2) 평가방법 검토

관련 규격(IEC 60507 등)에서 정의하고 있는 내오손 성능 평가방법은 다음과 같이 크게 2가지로 구분되며, 특히 시험방법에 따라 염수 및 증기의 분무장치가 별도로 설계·제작되어야 한다. 따라서, 본 논문에서는 두가지 방법 모두에 의한 시험평가가 가능하도록 설비를 구축하기 위해 각각의 분사노즐 및 배관설비에 대한 설계가 수행되었다.

가. 염수분무법(Salt fog method)

염수분무에 의한 시험법은 규정된 주위조건에 사용하려고 하는 애자가 적절한 것인가를 평가하기 위한 것으로서, 애자주위에 직접적인 오손분위기를 조성하여 오손 영향의 정도를 평가하는 방법이며, 시험용 전원외에 염수분무를 위한 Salt fog nozzle set가 구축되어야 한다.

나. 오손선행법(Solid layer method) 검토

오손선행시험법(또는 예비부착오염법)은 애자의 표면에 전체적으로 균일하게 고체형태로의 오손이 형성되는가를 평가하기 위한 것으로서, 애자표면에 오손물질이 적층되어 고체형태화되고 이것이 안개, 비 등에 의해 습윤상태가 되면 고체형태 적층물질중에 전해질이 습기에 용해되어 오손층에 미치는 영향성을 평가하는 방법이다. 오손선행법으로 애자의 오손특성을 평가하기 위해서는 시험용 전원장치외에 Steam fog nozzle set이 필요하다.

2.3 평가설비별 사양설계

(1) 시험공간(오손시험장)

내오손특성 평가를 위한 시험공간, 즉 오손시험장의 크기는 평가대상 설비의 정격, 크기 및 인공오손시험에

1. 서 론

전기에너지의 발생과 수송 및 안전한 사용을 가능하게 하는 GIS, Tr., 케이블, 애자금구장치 등 각종 전력기기는 안전성과 신뢰성에 대한 성능검증이 국내외 규격 및 규정에 의해 필수적으로 요구되고 있다. 특히, 송전 및 배전계통에서 염분 및 분진으로 인한 전력설비의 염진해 사고가 점차 증가하고 있으며, 염진해 사고는 피해영역이 크고, 복구에 많은 시간과 인력이 소요되므로 각종 전력기기에 대한 내오손 성능평가의 필요성이 점차 높아지고 있다.

전력설비에 대한 내오손 성능을 평가하기 위해서는 인공적으로 오염환경을 조성하고, 오염조건하에서 외부 절연특성을 파악하여야 하므로, 본 논문에서는 송전급 현수애자에 대한 인공오손시험의 수행을 위한 시험설비의 구축을 목적으로 관련 국제규격에 부합하도록 인공오손 시험설비를 설계하여 그 정격과 특성 등 제반사항에 대해 기술하였다.

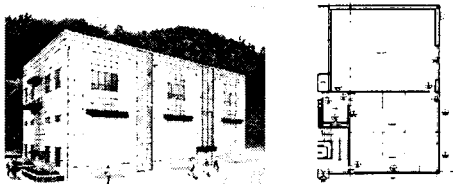
2. 본 론

2.1 내오손특성 평가설비의 구성

전력설비에 대한 내오손특성을 평가하기 위한 설비, 즉 인공오손시험설비는 다음과 같은 세부설비로 구성된다.

- 평가대상 설비의 배치, 실제 사용분위기의 모의조성, 시험설비의 고정 및 시험회로의 결선 등을 위한 시험공간(시험설비실, 시험준비실, 측정제어실)

사용되는 시험전압별 설비배치 등의 절연협조 설계에 의해 결정된다. 애자시험방법 및 관련 규격에 따라 송전급 애자선에 대한 인공오손시험이 가능하도록 15m × 13m × 12m(h)의 크기로 시험장을 설계하였으며, 시험동의 외부 투시도 및 시험장 내부평면 개략도를 그림 1에 나타내었다. 오손시험을 위해 인공적으로 조성된 오손분위 기로부터 시험설비를 보호하고, 시험공간 및 설비의 활용성을 극대화하기 위해서 오손에 노출되는 시험장과 시험설비실이 분리되도록 설계하였다.



(a) 시험동 투시도 (b) 오손시험장 평면도
그림 1. 오손시험장의 설계 개략도

(2) 시험용 전원 공급설비(교류내전압시험설비)

인공오손시험에 사용되는 시험전원은 전압원으로 상대 시간 제동최고전압을 사용하며, 전류원으로 최소 단락전류(6A 이상) 및 I_c/I_{sc} 비(capacitive current/short-circuit current ratio : 0.001 ~ 0.1) 등 전원의 특성에 관련규격에서 특정하고 있다. 따라서, 345kV 송전급 애자에 대한 소요 시험전압을 공급하기 위해 최대 300kV급 시험전원설비의 구축이 필요하며, 누설전류에 대한 정특성이 확보된 전류원을 공급하기 위해서 권선형 변압기로서 최대 6A의 정격출력을 갖도록 사양을 결정하였다. 특히, 본 시험용 전원장치는 전력기기의 절연시험을 위한 상용주파 교류내전압시험설비로 활용될 수 있으므로, 항후 차단기 등에 대한 탈조시험시 기존 설비와 병용하여 사용할 수 있도록 정격사양을 설계하였으며, 이동의 용이성 확보를 설계에 반영하였다.



그림 2. 오손시험용 전원 공급설비의 기본 회로도

시험용 전원 공급설비의 주요 정격에 대한 설계결과 및 주요 구성요소는 다음과 같다.

- 정격출력(최대) : 600 kV, 3 A / 300 kV, 6 A
- 정격주파수 : 60 Hz
- 동작책무 : 1hr ON / 1hr OFF, 8회/일
- 부분방전전하량 : 2pC 이하
- %임피던스 : 10 ~ 20 %
- 입력전원 : 6.6 kV, 60 Hz
- R/X비(resistance/reactance ratio) ≥ 0.1
- I_c/I_{sc} 비 : 0.001 ~ 0.1
- 구성요소 : HV test Tr. 정류기, 분압기, 제어장치, 기록 및 분석장치, 분류기, 보호 및 안전장치

(3) 측정제어설비

평가설비의 운전, 조작, 제어, 점검, 측정 및 시험데이터의 기록 등을 위한 제어, 측정 및 기록장치의 구성 요소 및 사양은 다음과 같다.

가. 기록장치

- 정격전압 : 600 kV / 300 kV
- 입력전압/전류 : 0 ~ 6.6 kV/0 ~ 300 A
- 출력전압/전류 : 0 ~ 600 kV/0 ~ 6 A
- Measurement uncertainty $\leq \pm 1.5 \%$

나. Peak voltmeter

- 입력전압 : ± 150 V
- 주파수 : 60 Hz
- Resolution ≥ 12 Bit
- Measurement uncertainty $\leq \pm 0.5 \%$

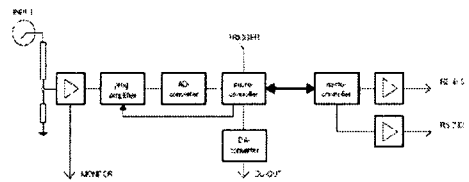


그림 3. Peak voltmeter의 개략도

(4) 시험전원 수송장치

상기에 기술한 바와 같이 오손시험장과 인공오손시험용 전원장치 등이 위치한 설비실이 분리되어 있으므로, 발생된 오손시험전류 및 시험전압을 전기·기계적으로 안전하게 수송하여 피시험품에 인가시키는 설비로서 안전하게 Wall bushing을 사용하였다. Outdoor측 Wall bushing은 염수분무 및 습윤상태 등 오손환경 분위기에 노출되어 있음을 고려하여 내오손특성이 탁월한 내염형 폴리머 재질이 적절하며, 그림 4에 나타난 것처럼 시험실간 분리벽면에 수직으로 설치·고정되므로 오손시험시 발생하는 고전압 및 시험전류로 인한 전기적, 기계적 충격을 견딜 수 있도록 충분한 내력을 가져야 한다.

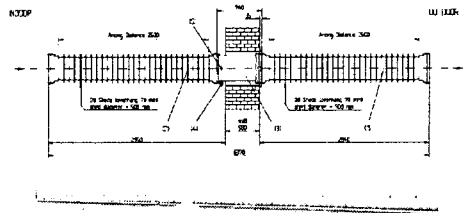


그림 4. 시험전원 수송장치(Wall bushing)

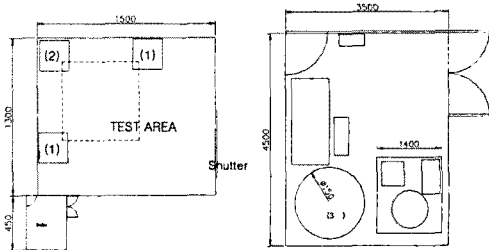
Bushing은 내부의 절연을 위해 사용하는 SF₆ 가스의 주입과 감시를 위한 가스게이지 및 밸브 등으로 구성되었으며, 본 Wall bushing의 정격 및 주요사양은 다음과 같다.

- BIL(Lightning Impulse) : 1175 kV

- SIL(Switching Impulse) : 950 kV
- 정격전압 : 362 kV
- 정격전류 : 1000 A
- Creepage distance(outdoor) : ≥ 11180 mm
- Arcing distance : ≥ 3088 mm
- SF₆ 가스압력 : ≤ 5.0 kg/cm² abs.

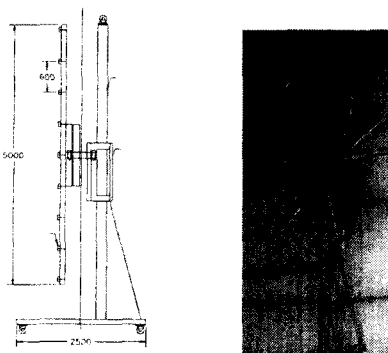
(5) 염무 및 증기무 발생, 공급설비

관련 국제규격에 부합한 인공오손시험을 수행하기 위해서는 규격에 정의된 바와 같이 염무 및 증기무를 발행시켜 피시험품에 균일하게 공급하는 설비가 필요하다. 이러한 설비로는 시험용 노즐 및 배관설비로써 염수분무법을 지지는 시험을 위해 염무를 분무하는 노즐부분과 노즐을 지지하는 salt fog nozzle set 및 오손선행법으로의 시험을 위해 증기를 분무하는 노즐파이프와 증기를 노즐파이프에 배분하는 공급파이프 및 이를 지지하는 이동식 가대로 구성된 Steam fog nozzle set가 각각 필요하다.



(a) 노즐의 배치 (b) 기타 배관설비의 배치
그림 5. 염무 및 증기무 발생·공급설비의 개략도

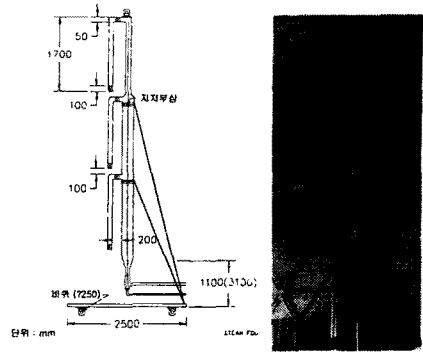
또한, 급수장치와 보일러, 펌프, 정수를 위한 필터 및 공기압축기 등 기타 배관설비를 그림 5~6에 나타낸 것과 같이 구성·배치하여 2가지 노즐설비에 각각 0.5ℓ/분 및 100kg/hour(5kg/cm²)의 염무와 증기를 공급할 수 있도록 사양을 설계하였다.



(a) Salt fog nozzle

가. Salt fog nozzle set의 구성

- Salt fog nozzle : 2 set
- 노즐수 : 총 18개 (9개/set)
- 염수 파이프 : 1식
- 공기압 파이프 : 1식
- 염수공급용 펌프 : 1대
- 염수공급용 탱크 : 2개(2 ton, 3 ton)



(b) Steam fog nozzle

그림 6. 오손시험용 분사노즐의 설계도

나. Steam fog nozzle set의 구성

- Steam fog nozzle : 1 set
- 노즐 파이프 : 3개
- 노즐수 : 총 150개 (50개/pipe)
- 중간연결 파이프(Intermediate pipe) : 1개
- 스팀 파이프(Steam pipe) : 1식
- 공기압 파이프 : 1식

3. 결 론

국가기간시설로써 안정적인 전력공급망의 운영과 유지를 위해서는 배전계통뿐만 아니라 사고비중이 높고, 즉각적인 피해복구가 어려운 송전급 설비의 염진해 사고에 대한 연구가 필수적으로 수행되어야 한다. 본 논문에서는 전력설비에 대한 내오손특성 평가설비의 구축을 위해 소요시험설비의 구성과 설계시의 고려사항에 대해서 기술하였다. 오손시험설비 구축을 위한 사전검토 작업으로써 관련규격 및 연구기술동향을 검토하여 설비구성방안을 제시하였고, 이를 바탕으로 하여 세부 설비별 정격 및 주요사양을 확정하였다. 본 논문을 통해 확정한 시험설비의 설계사양에 따라 한국전기연구원의 인공오손시험설비가 새로이 구축될 것이며, 이를 적극 활용하여 향후 국내외의 관련분야 연구시험활동에 기여하고자 한다.

[참 고 문 헌]

[1] IEC 60060 1(1989) : High voltage test techniques, Part 1 : General definitions and test requirement
 [2] IEC 60507(1991) : Artificial Pollution tests on high voltage insulators to be used on a.c. systems
 [3] IEC 60815(1986) : Guide for the selection of insulators in respect of polluted conditions
 [4] Nils H.C, High voltage laboratory planning, Haefely, 1986
 [5] 전력설비의 염진해대책에 관한 연구 I, II, III(1988), 한국전기연구소
 [6] KSC 3801(1999) : 예사시험방법
 [7] IEC 60076 3(2000) : Power transformers, Part 3 : Insulation levels, dielectric tests and external clearances in air
 [8] ANS/IEEE C.57.12.90(1996) : Standard test code for liquid immersed distribution, power, and regulating transformers
 [9] Haefely AG website, www.haefely.com