

접지축 금속구조물의 형상에 따른 AC 전압의 절연 특성 변화에 관한 연구

나진배*, 남석호**, 강형구**
연세대학교*, 충주대학교**

Study on the AC voltage dielectric characteristics according to the shape of metal structures in a grounded electrode

Jin Bae Na*, Seok Ho Nam**, Hyoungku Kang**
Yonsei University*, Chungju National University**

Abstract - 일반적으로 배전반과 변압기와 같은 고전압 전력기기를 운전하는 경우에는 외부 환경에 의한 열화특성뿐만 아니라 전력기기 내부의 구조적 특성에 의한 절연적 특성 변화가 발생하게 된다. 따라서 고신뢰성의 고전압 전력기기를 설계하기 위해서는 이와 같은 점을 고려한 내부 설계가 이루어져야 한다. 본 연구에서는 접지부에 여러 가지 형상을 가지는 볼트와 같은 구조물을 위치시키고 그에 따른 절연과 파괴전압의 변화에 대한 연구를 수행하였다. 동일한 전극 간격에 대한 AC 전압의 특성변화를 실험을 통하여 측정하고 분석하였다. 실험 결과, 절연과 파괴전압은 접지축에 위치한 볼트의 형상에 따라 크게 변화한다는 사실을 알 수 있었으며, 이와 같은 결과는 고전압 전력기기를 설계 및 제작하는데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

<표 1> 모의 전극의 설계사양

전극 재질	Stainless steel (SUS)
전극 구조	구 전극
갭 간격 (mm)	40, 50, 60
전극 직경 (mm)	구 전극 : 50
접지부 볼트의 종류	M 8 육각볼트 M 8 육각렌치볼트 M 8 둥근머리렌치 볼트

1. 서 론

현재 국내의 많은 연구 기관에서 고전압 전력기기의 절연 내력을 강화하여 해당 전력기기의 크기를 줄이면서 절연 내력은 증가시키는 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 송배전급 전력 계통에 적용하기 위한 변압기, 환류기, 차단기와 회전기 등과 같은 고전압 전력기기는 복잡한 내부구조를 가지고 있으므로 작은 변화로 인하여 전기적 절연이 취약해질 수 있다. 특히 고압의 배전반 내에 사용되고 있는 볼트 머리의 형상에 따라 고전압이 인가되는 부분과 볼트로 이루어진 접지부간의 높은 전계가 유지될 수 있다. 이로 인하여 절연 내력이 상이할 수 있다. 따라서 구 전극에 AC 전압을 인가하고 접지부 볼트의 형상을 변화시켜가면서 절연 특성 실험을 진행 하였다. 각 볼트의 형상에 따른 절연 파괴 전압을 확인한 후, 고압 배전반의 절연 내력을 향상시키기 위한 적절한 볼트의 종류를 선정하고자 한다.

상위 연구 결과를 바탕으로 실제 전력 계통에 적용할 배전반을 비롯하여 변압기와 차단기 같은 고전압 전력기기를 설계 및 제작 시 설계요소로 적용할 수 있을 것으로 기대된다 [2].

2. 모의 전극의 설계 및 제작

AC 전압에 대한 절연과 파괴특성을 분석하기 위하여 구 전극과 다양한 볼트를 부착할 수 있는 모의 전극을 설계 및 제작하였다. 본 실험에 사용한 볼트의 형상은 총 3가지이다. 총 3가지의 형상의 볼트를 선정함으로써 일반적으로 고전압 전력기기의 내부에 사용 가능한 볼트에 대해서 AC전압에 대한 절연 특성 실험을 할 수 있다. 그림 1은 본 실험에 사용한 총 3가지 종류의 볼트를 보여주고 있다.

고전압이 인가되는 구 전극과 접지부의 볼트간의 간격은 40, 50과 60 mm 사이로 조절하면서 절연 파괴 실험을 진행 하였다. 따라서 설계된 모의 전극의 사양은 다음의 표 1에 나타내었다. 구 전극의 크기는 30mm로 고정을 하였다. 구 전극은 침 전극에 비해서 고전압이 인가되는 전력기기의 형상을 묘사할 수 있으며, 반복적인 실험에서 비교적 정확한 실험 결과를 도출 할 수 있다.

모의 전극은 AC 절연 파괴 실험으로 인하여 손상이 발생하므로, 손상의 발생의 최소화하기 위하여 일반 금속에 비하여 경도 특성이 우수한 스테인리스 스틸의 재질의 물질로 제작하였다. 또한 실험의 정확도를 증가시키기 위해서 5회 실험 후 구 전극을 교체하였다.

그림 2에는 실제로 제작한 모의 전극 시스템을 보여주고 있다. 구 전극과 각 볼트의 위치를 고정하기 위하여 베이클라이트 거치대를 제작하였고, 거치대의 기둥에는 10mm의 높이는 갖는 스페이서를 넣음으로써 구 전극과 볼트간의 갭 간격을 조절하였다. 구 전극과 볼트간의 간격을 조정하고, 볼트의 종류를 변경함으로써 다양한 고전압 배전반의 내부 형상을 묘사하였고, 모든 실험은 일반 공기인 수분 75%인 조건에서 진행 되었다. 최종적으로 형상별 AC 전압에 대한 절연 내력을 측정하였다.



(a) (b) (c)
<그림 1> 실험에 사용한 볼트, (a) M8 육각볼트, (b) M8 육각렌치볼트, (c) M8 둥근머리렌치볼트



<그림 2> 제작된 구 전극과 접지간 모의 전극 시스템

3. AC 전압 절연과 파괴실험

3.1 AC 전압 실험 장비

AC 전압의 전력계통에 적용되는 고전압 전력기기의 경우 해당 송배전 계통에서 요구하는 전압의 절연 내력을 견디어야 한다. 배전반의 경우도 AC 전력계통에 적용되는 전력기기임으로 AC 전압 절연실험을 통해서 원하는 수준의 절연 내력을 가질 수 있는지 여부에 대하여 점검해야 한다.

본 연구에서는 기중에서의 AC 절연과 파괴특성을 분석하기 위하여 사용한 AC 전원공급원의 주파수는 60Hz이며, 최대 250kV의 AC 전압이 인가 가능한 전원장치이다. AC 절연과 파괴실험을 진행하기 위해서 1초당 0.5kV AC 전압을 일정하게 증가시키면서 각 형상에서 절연과 파괴 전압을

<표 2> M8 육각볼트 AC 절연파괴 전압 측정 결과

갭간격 (mm)	40	50	60
측정 결과 (kV)	23.9	29.2	32.2
	23.5	28.8	30.4
	24.3	29.1	31.2
	23.2	27.9	31
	23.1	28.1	32.1
평균값 (kV)	23.6	28.62	31.38

<표 3> M8 육각렌치볼트 AC 절연파괴 전압 측정 결과

갭간격 (mm)	40	50	60
측정 결과 (kV)	32	47.9	52.7
	31.6	47	52.4
	32.9	45.7	52
	29	46.6	52.2
	30.5	45.9	51.7
평균값 (kV)	31.2	46.62	52.2

<표 4> M8 둥근머리렌치볼트 AC 절연파괴 전압 측정 결과

갭간격 (mm)	40	50	60
측정 결과 (kV)	38.2	50.7	52.3
	38.2	49.5	52.1
	38.5	49.1	50.3
	39.5	51.1	54.4
	39.7	49.2	52.3
평균값 (kV)	38.82	49.92	52.28

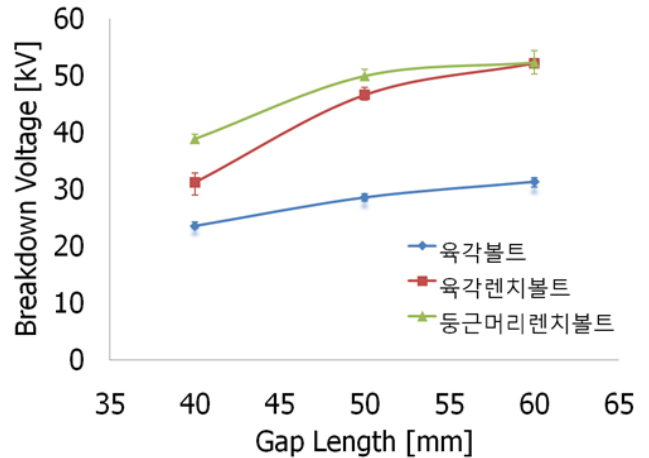
측정하였다. 또한 실험의 정확성을 증가시키기 위해서 1회 실험 후 실험에 사용한 접지용 볼트를 교체하였다.

3.2 AC 전압 절연파괴 실험

본 연구는 실제 복잡한 구조를 가지고 있는 고압 배전반 제작에 사용하고 있는 다양한 형상을 가진 볼트를 이용하여 AC 절연내력 특성 변화 실험을 수행하였다. 구 전극의 AC 전압을 인가하고 총 3가지 종류의 볼트를 접지시킨 상태에서 AC 내전압 절연내력 실험을 진행하였다. 구 전극의 크기는 30 mm로 고정 시킨 상태에서 갭 간격을 40~50 mm 사이로 조절하면서 각 형상별 AC 절연파괴 실험을 진행하였다.

4. AC 전압의 절연특성 실험 결과

본 연구에서 접지용 볼트의 형상에 따른 AC 절연파괴 내력 측정 실험의 경우, 동일 조건 하에서 각 형상별 실험은 5회씩 반복 수행되었으며, 각 결과를 측정하였다. 실험 결과값에 대한 분석은 통계 프로그램인 minitab을 이용하여 계산하였다. 표 2-4는 각 접지 볼트 형상별 AC 전압의 절연 내력을 측정된 결과를 보여주고 있다. 각 접지 볼트 형상별 실험은 1회 실험 후, 접지 볼트를 교체하고 다음 실험을 진행하였다 [3].



<그림 3> 접지용 볼트 형상에 따른 AC 절연파괴 전압

본 연구를 통해서 접지용 볼트의 머리 형상에 따라 절연파괴 전압값이 크게 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 고전압 전력기기에서 흔히 사용되고 있는 육각렌치볼트의 경우에는 갭 간격이 증가할수록 렌치볼트에 비해서 절연 내력이 급격히 저하 되는 것을 확인하였다. 고압의 배전반 내에 사용되는 볼트는 가급적이면 절연 내력이 우수한 렌치볼트를 사용하는 것이 절연 설계에서 조금 더 효율적임을 알 수 있다.]

상위의 AC 절연파괴 실험을 통해서 육각볼트보다는 육각렌치볼트가 절연내력이 우수하며, 총 3가지의 접지용 볼트에서는 둥근머리렌치볼트가 가장 절연 내력이 좋을 것을 알 수 있었다. 하지만 갭 간격이 증가할수록 육각렌치볼트와 둥근머리렌치볼트의 AC 절연파괴 전압값의 차이는 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 특히 갭 간격이 60mm인 경우는 AC 절연파괴 전압값이 거의 동일할 것을 알 수 있다. 따라서 고전압의 배전반 절연 설계 시, 갭 간격이 60mm 이상이라면 육각렌치볼트와 둥근머리렌치볼트 중에서 어느 볼트를 사용하여도 동일한 AC 절연 내력을 갖는 것을 실험을 통해서 검증하였다.

5. 결 론

본 논문에서는 실제로 고전압 배전반에서 사용 가능한 총 3가지의 볼트를 선정하여 AC 전압에 대한 절연 특성 실험을 진행하였다. 실험조건은 일반 전력기기가 설치되는 공기 하에서의 조건에서 구전극에 AC 전압을 인가하고, 각 형상별 볼트를 접지에 연결하였다. 또한 갭 간격을 조절하여 고전압 인가부와 접지부간의 형상 변화에 따른 AC 절연파괴 전압값의 변화를 측정하였다. 본 연구를 통해서 둥근머리렌치볼트의 절연 내력이 가장 우수한 것을 확인했다. 하지만 갭 간격이 60mm 이상인 경우는 육각렌치볼트와 둥근머리렌치볼트와 동일한 절연 내력을 갖는 것을 확인하였다.

향후 동일한 실험 조건에서 임펄스 내전압에 대한 연구가 추가로 수행할 예정이다. 본 연구 결과는 실제 고전압 배전반을 비롯한 변압기, 차단기와 환류기와 같은 고전압 전력기기의 절연 설계 시 큰 도움이 될 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

[1] Hyoungku Kang, Chanjoo Lee, Tae Kuk Ko, Bok-Yeol Seok, "Electrical Breakdown Characteristics of Superconducting Magnet System in Sub-cooled Liquid Nitrogen," *IEEE Trans. on Applied Superconductivity*, vol. 17, No. 2, 2007, pp.1509-1512.
 [2] Bok-Yeol Seok, Hyoungku Kang, Chanjoo Lee, Kwanwoo Nam, Yong-Han Kim, Tae Kuk Ko, "Electrical Breakdown Characteristics of Superconducting Magnet System in Sub-cooled Liquid Nitrogen," *IEEE Trans. on Applied Superconductivity*, vol. 17, No. 2, 2007, pp.1505-1508.
 [3] 林泉, 고전압 플라즈마 공학, 통일출판사, 2003.