2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002.7.10-12

온도변화에 따른 SF_6 가스의 절연특성

박경태*, 박광서*, 이광식*, 최병주**, 도대호***, 윤영대***
*영남대학교, **서라벌대학, ***포항1대학

The insulation characteristic of SF_6 at temperatures

K.T. Park*, K. S. Park*, K. S. Lee*, P. J. Chio**, D. H. Do***, Y. D. Yoon***
*Yeungnam Univ, **Sorabol College, ***Pohang College

Abstract - 경제성장과 더불어 신뢰성이 높은 양질의 전기에너지의 공급이 필요하게 되었다. 최근에는 고압 SF_6가스를 절연매체로 하는 가스절연개폐기(Gas Insulate Switchgear:GIS)설비가 여러 지역에서 건설, 운전 중이다. 본 논문은 GIS내의 SF_6가스의 온도변화에 따른 절연특성 및 SF_6의 액화에 따른 절연특성에 관한 연구이다.

1. 서 론

산업 발달로 송전전압이 격상하고 있는 추세이며, 도시기능의 고도화 등으로 좁은 지역에서 막대한 전력이 사용되고 있다. 그러나 전원 및 전력수송설비의 대도근교로의 입지는 제안되어 발·변전소용 부지의 효율적 사용 및 환경조화를 위해 설비의 축소화, 밀폐화가 불가피하므로 가스절연방식의 compact화 초고압·대용량 전력기기의 사용이 확대되고 있다. 이들 기기는 종래의 대기절연방식을 탈피하여 절연성능이 우수하고 불활성을 갖고 안전한 SF_6가스를 절연매체로하여, 활선부를 밀폐하여 외기 및 환경에 영향을 받지 않도록 함으로서 높은 신뢰성과 compact한 구조로 사용하고 있다. 그 대표적 전력기기인 가스절연개폐장치(GIS)는 40년 전부터 상업화가 시작된 이래 22kV급에서 765kV급까지 광범위하게 사용되고 있다.

그러나 GIS사고가 발생하면 현재 우리나라에서는 단순히 기기 모듈 전체를 교환하고 있는 실정이다. 따라서 초고압용의 설비에 주로 적용되는 GIS설비는 사고발생시 파급효과도 크다. GIS설비는 밀폐형이므로 한번 설치되면 내부의 보수가 어렵고 비용도 많이 든다. 고전압 상태에서 운전되므로 제작과정에서의 미세한 구조적 결함이나 운전 중 발생한 결함 및 이물질의 영향으로 인해 기기의 오동작이나 절연파괴로 확대될 개연성이 높다. GIS의 경우 금속이물질의 자유운동에 의한 사고가 많이 발생하므로 자유운동 하는 금속이물질을 효과적으로 억제하거나 금속이물질을 수집하는 방법이 연구되어지고 있다. 또한, 제작시 최적 절연설계를 통한 부분방전의 발생가능성을 최대한 줄이는 연구가 진행되고 있다. 그러나 혹한지역과 열대지역 등과 같은 극한환경에서 GIS가 사용될 경우 절연매체인 SF_6가스의 온도변화에 따른 절연특성관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 현장에서는 GIS의 경우 SF_6가스 압력 유지만으로 운전의 안전성을 주로 제어하고 있지만 가스 온도변화에 따라 가스 압력은 물론, 특히 GIS장치 내의 가스분자 밀도가 달라지므로 절연특성의 현저한 변화가 발생하리라 판단된다.

본 연구는 모의 GIS장치 내의 온도변화에 따른 SF6 가스의 절연특성에 관한 연구이다. 이 연구는 온도변화에 대한 GIS 전력설비의 고신뢰성과 안정성을 가진 SF6가스 절연 전력설비의 최적 절연설계에 활용 될 것으로 판단된다.

2. 본 론

2.1 실험장치 및 방법

본 연구를 사용된 실험장치를 그림 1에 나타내었다.

실험장치는 가압용 모의 GIS장치를 설계, 제작하였다, 본 연구에서 제작한 모의 GIS장치의 기본 사양은 높이 324[mm], 직경 268[mm]인 원통형으로 몸통은 강철로, 위 덮개는 스트레인레스 스틸로 제작되었다. 모의 GIS장치내로 SF_6가스 주입이 가능한 주입장치를 통해 입출이 가능토록 제작되었다. 또한 이때 가스압력을 관측하기 위한 압력계와 내부 온도를 측정할 수 있는 온도계를 모의 GIS 내부의 중심에 위치토록 설치하였다. 내부 관측을 위하여 관측창을 설치하였다. 모의 GIS내에 설치된 전극부는 임으로 갭간극의 조절이 가능토록 제작되었다.

먼저 사용된 전압원(그림 1의 ①)은 교류 고전압(일본, MATSUNAGA MFG. Co. Ltd., 입력 : AC 200V 50/60Hz, 출력 : 60kV)를 사용하였다.

절연파괴전압의 측정은 High Voltage divider (Pulse Electronic Engineering, EP-300K, 10000:1)와 Digital storage type oscilloscope(Lecroy 9350AL, 그림 1의 ②)를 사용하여 관측하였다.

모의 GIS장치 내부온도를 관측하기 위하여 온도센서(UNICON, -50[℃]~50[℃],그림 1의 ③)를 GIS 내부 중심부에 전극부와 평행하게 설치하였다. 온도센서를 모의 GIS 중심에 설치한 이유는 전극부 사이에서 방전시에 발생될 수 있는 온도 변화를 정확히 알고자 하기 위함이다. 또한 모의 GIS내부압력을 측정하기 위해 압력계(WISE, 0~15기압, 그림 1의 ④)를 설치하였다. 실제 GIS와 같은 환경을 모의하기 위하여 모의 GIS내를 진공펌프(SINKU KIKO Co.Ltd, GUD-050A, pumping speed 60 l/min)로 진공을 만든 다음 SF_6 가스를 가압하였다.

모의 GIS 내부에 설치된 온도센서와 전극부를 관측할 수 있는 관측창(직경 110[mm], 그림 1의 ⑤)을 설치하였다. 이 관측창의 재질은 아크릴이며, 원통형으로 제작 설치하였다.

본 연구에 사용한 전극은 침대평판전극과 평판대평판전극으로 사용하였다. 각 전극부에서 하부전극인 평판전극은 직경 59[mm]로 로고스키타입으로 재질은 스테인레스 스틸로 제작된 것이다. 침전극은 직경 5.9[mm], 침단각도는 23°,길이 100[mm]의 스테인레스 스틸로 제작된 것을 사용하였다.(그림 1의 ⑥)

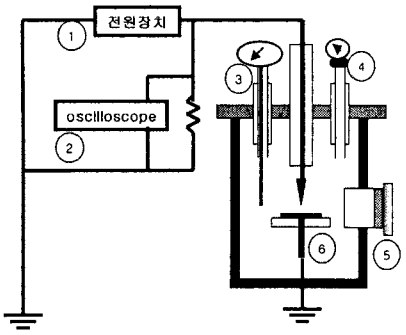

그림 1. 실험 장치도.

2. 2 기압과 온도변화에 따른 절연파괴전압특성

그림 2는 모의 GIS 장치내에 침대평판전극을 설치하여 SF_6가스의 기압변화와 온도변화특성에 따라 발생되는 절연파괴전압을 나타냈다.

본 연구에서는 모의 GIS장치내의 침대평판전극의 간극을 3[mm], 기압은 2~5기압(kgf/cm^2)까지 변화시켰으며, 장치내의 온도는 50[℃]~-30[℃]까지 변화시켰다.

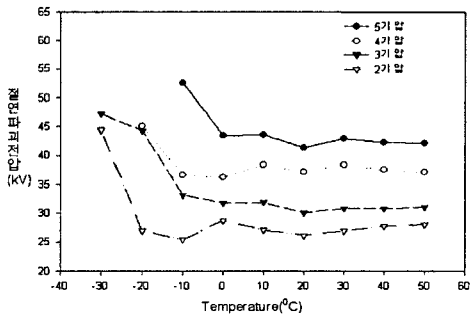

그림 2. 침대평판판일 때 절연파괴전압(간극 3[mm]).

그림 2에서보면 5기압의 경우에서는 50[℃]에서 0[℃]까지는 절연파괴전압에서 41[kV]에서 43[kV]로 약 3[kV]차이로 큰 변화가 없었으나 0[℃]이후 영하로 내려갈 경우 -10[℃]절연파괴전압이 52.8[kV]로 상승하였다.

4기압에서는 50[℃]에서 -10[℃]에까지는 36[kV]에서 39 [kV]로 약 3[kV]정도의 변화가 있다. 이후 -20[℃]에서 41.0[kV]로 절연파괴전압으로 상승하였다.

3기압에서 50[℃]에서 -10[℃]까지 30[kV]에서 33[kV]로 약 3[kV]로 거의 변화가 없었으며 -10[℃] 이후 -20[℃]에서는 45[kV]로 절연파괴전압이 커지는 것을 볼 수 있다.

2기압의 경우에도 50[℃]에서 -20[℃]까지 25[kV]에서 28[kV]까지 약 3[kV]정도의 변화가 있었지만 -30[℃]에서 44.5[kV]로 매우 큰 전연파괴전압으로 측정되었다.

그림 2에서 온도와 기압변화에 따른 절연파괴전압특성을 살펴보면 기압이 변화하더라도 온도가 20[℃] 이상인 영역에서는 거의 직선적으로 평행한 특성을 보였다. 0[℃]이하 저온영역에서의 절연파괴전압특성은 온도가 낮을수록 모의 GIS장치내 SF_6가스의 기압이 증가할수록 절연파괴전압값은 높게 나타났다. 온도가 낮을수록 SF_6기체전자의 자유행정거리가 짧아지고, 온도가 내려감에 따라 일정기압을 유지를 위해 모의 GIS장치내의 기체 밀도가 증가함으로 전자이동이 어려워 절연파괴전압이 증가한다.

표 2은 그림 2의 기압과 온도에 따른 절연파괴전압특성을 간략히 나타냈다.

표 2. 온도와 기압변화에 따른 절연파괴전압특성

	2기압	3기압	4기압	5기압	비고
-20[℃]	26.9	44.0	45	-	
-10[℃]	25.4	33.1	36.6	52.6	
20[℃]	26.2	30.1	37.0	41.3	
50[℃]	28.0	31.1	37.1	42.0	

그러나 기압의 상승과 함께 절연파괴전압은 20[℃]일 때 2기압, 3기압, 4기압, 5기압에서 절연파괴전압은 각각 26.2[kV], 30.1[kV], 37.1[kV], 41.3[kV]로 기압이 1기압씩 증가할수록 4~5[kV]정도 높아지는 경향을 보였다. 기압이 증가하면 SF_6가스 밀도의 증가로 전자의 이동이 어려워 절연파괴전압이 높아진다.

표 2에 대한 그래프를 그림 3에 나타내었다.

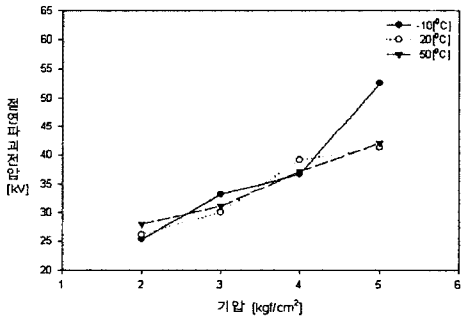

그림 3. 침대평판일 때 기압에 대한 절연파괴전압.

그림 4는 평판대평판전극일 때 간극 1[mm]에서 기압과 온도변화에 따라 측정한 절연파괴전압값을 나타냈다. 기압은 3기압과 4기압에서 측정하였다. 평판대평판전극일 때 간극은 절연파괴전압이 침대평판전극보다 높기 때문에 간극을 1[mm]로 하였다.

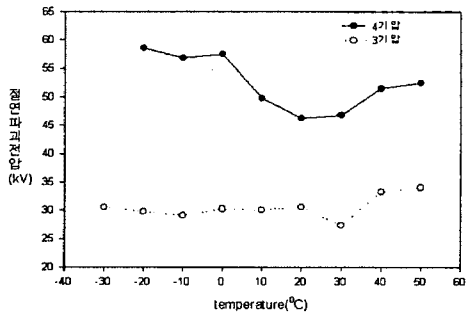

그림 4.평판대평판일때 절연파괴전압(간극 1[mm]).

그림 4에서보면 평판대 평판에서 4기압의 경우 50[℃]에서 0[℃]까지 46[kV]에서 52[kV]까지 변화를

보이고 있다. 이후 0[℃]에서 절연파괴전압이 커지는 경향을 보인다. 이후 -20[℃]이후로는 기체의 액화가 진행되어 기압을 유지하기가 힘들었지만 절연파괴전압을 측정한 결과 매우 높은 절연파괴전압이 측정되었다.

3기압의 경우에서는 4기압의 경우같이 저온에서 확연한 변화는 보이지 않았지만 3기압을 유지하면서 -30[℃]이후에서는 높은 절연파괴전압이 측정되었다.

그림 5는 침대평판전극(간극 3[mm])과 평판대평판전극(간극 1[mm])시 4기압일 때 온도에 따른 절연파괴전압값을 나타낸 것이다. 기압과 온도가 변화하였을 때 전극부의 형상차이가 절연파괴전압값에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

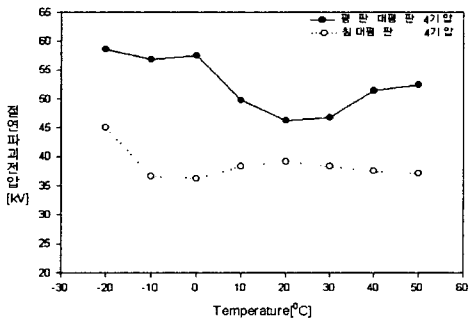

그림 5. 침대평판(3[mm])과
평판대평판(1[mm]) 비교.

그림 5에서 4기압일 때 온도변화에 따른 침대평판전극과 평판대평판전극부에의 절연파괴전압특성은 온도가 -10, 20, 50도 일 때 각각 20,7,15[kV]의 차이를 보이며 침대평판전극보다는 평판대평판전극의 절연파괴전압이 약 11 [kV]정도 높게 나타났다.

침대평판전극은 불평등전계이고 평판대평판전극 평등전계를 형성하므로 파괴전압이 높다.

3. 결 론

모의 GIS챔버내에 침대평판전극과 평판대평판전극을 설치하여 기압과 온도를 변화시켰을 때의 절연파괴전압을 연구한 결과 다음과 결과를 얻었다.

(1) 침대평판전극에서 기압과 온도를 변화시켰을 때 0[℃]이상에서는 거의 일정한 절연파괴전압특성을 나타냈다. 0[℃]이하에서는 절연파괴전압이 증가하는 경향을 나타내었다.

(2) 평판대평판전극에서 기압과 온도를 변화시켰을 때 3기압에서는 측정온도사이에서 절연파괴전압이 거의 변화가 없었으나, 4기압에서 0[℃]이하에서는 거의 평행한 전압특성을 나타냈다. 0[℃]이상에서는 전압특성이 증가하는 경향을 나타내었다.

(3) 동일한 기압하에서 온도변화에 따른 침대평판전극과 평판대평판전극에서 절연파괴전압특성은 평판대평판전극이 침대평판전극보다 절연파괴전압이 높은 것으로 나타냈다.

(4) 동일한 온도하에서는 기압이 높을수록 절연파괴전압이 높은 것을 나타냈다.

상기의 결과에서 온도가 낮아질수록 절연파괴전압이 높게 나타났으며, 기압이 높을수록 높은 절연파괴전압특성 보였다. 침대평판전극보다는 평판대평판전극일 때 절연파괴전압이 높은 경향을 나타냈다.

[참 고 문 헌]

[1] 정상진 외1명, "초고압 GIS의 절연진단 기술", 대한 전기학회 논문지, 제 45호, 1996년

[2] Landry, M. et al. "Dielectric withstand and breaking capacity of SF_6 circuit breakers at low temperatures" Power Delivery, IEEE Transactions on , pp. 1029 -1035 July 1988

[3] Gong Guoli et al."The influence of SF_6 and SF_6/N_2 dissociating products on the electrical performance of several insulating varnishes " Electrical Insulating Materials, pp.495 -497. 1995.

[4] T.Ueda et al, "Discrimination of Partial Discharge Electromagnetic Signal in SF_6 Gas from External Noise Using Phase Gate Control Method", IEEE International Symposium on Electrical Insulation, pp.117~120, 1996

[5] C.Beyer et al. "Influence Reactive SFx Gases on Electrode Surfaces after Electrical Discharge under SF_6 Atmosphere". IEEE Trans. pp. 234~240, 2000