

초고압 전력기기의 Dry Air Gas를 적용한 DS/ES부 절연특성 연구

정동훈, 정영환, 서경보, 김태한, 김정배, 이학성
(주) 효성 중공업연구소

A Study on Dielectric Strength and Insulation Property of DS/ES Part applied Dry Air gas of Advanced Power Apparatus

D.H. Jeong, Y.H. Chung, .K.B Seo, T.H.Kim
Hyosung Corporation

Abstract - 현재 초고압 송변전기에 적용되고 있는 SF₆가스는 절연 및 소화성능이 우수하며 회복특성이 뛰어나기 때문에 초고압 기기의 절연매체로서 일반적으로 사용하고 있다. 그렇지만 SF₆ 가스의 온난화 계수는 CO₂의 약 23,900배로 매우 높고, 대기 중으로 방출될 경우에는 온실효과와 가스로 문제가 되고 있다. 따라서, SF₆ 가스의 대기 중에서의 방출을 최대한으로 피하기 위해 단계별 연구가 필요하다. 본 논문에서는 초고압 전력기기의 DS/ES부에 Dry Air Gas와 절연코팅소재를 적용하여 절연특성에 대한 연구를 하였다.

목 받고 있는 것은 질소(N₂), 건조공기(Dry Air) 이다. 통상적으로 N₂가스와 Dry-Air의 절연 성능은 SF₆ 가스의 1/3 정도로 알려져 있다. 3가지 절연가스에 대해서 절연내력을 비교하면 SF₆ 가스를 100이라 했을 때, 대략 N₂ 가스가 39, Dry-Air가 37정도로 요약할 수 있다. Dry Air의 구성 물질은 N₂/O₂ 로 되어 있으며 O₂ 배합을 변화시키는 것으로 공기보다도 절연성이 우수한 가스를 만들 수 있는 가능성이 있으며 실제 절연물에 대한 연면전계는 SF₆ 가스보다 높다. 본 연구에 적용된 Dry Air 가스 성분은 표 1과 같다.

1. 서 론

세계적으로 전력기 산업은 1940년대부터 미국과 유럽을 중심으로 발전하기 시작하여 현재 유럽의 ABB, Siemens, Alstom, VA Tech 등 거대기업들과 일본의 Japan AE Power Systems Corp. 및 TM T&D 등이 기술개발을 선도하고 있다.

해의 선진업체들은 초고압 및 대용량화, Low Cost화, 고신뢰도화 등의 기술개발 정책을 도입하여 새로운 제품들을 개발하여 시장선점 및 기술경쟁력을 강화할 뿐만 아니라, 후발국의 시장잠식 견제를 위해 안전성 및 신뢰성에 관한 국제적 기술규격 및 시험기준을 강화하고, 첨단제품 및 핵심부품의 기술이전을 회피하며, 기술체류의 대가로 고가의 기술료를 요구하고, 국제규제기구를 장설하여 활동을 강화하며, 선진국간 상호인정 추진 등 선진국간의 결속을 강화하고, 에너지 및 환경 라운드에 대비하여 필요한 전력기 기술과 실용화 기기 개발에 집중투자하고 있다.

고도 의정서에 따르면 온실가스로 포함되어 있는 이산화탄소(CO₂), 아산화질소(N₂O), 메탄(CH₄), 불화탄소(PFCs), 수소불화탄소(HFCs), 불화유황(SF₆) 등 6종류에 대해서 38개국 선진국은 2008년부터 2012년까지 온실가스 배출을 1990년보다 평균5.2% 줄이고 우리나라가 포함되어 있는 개발도상국은 2013년 2017년까지 감축해야 한다.

이러한 국제 규제 강화에 대응하여 Toshiba, Japan AE 등의 선진사에서는 SF₆ 가스를 대신하는 새로운 가스, SF₆가스와의 혼합가스의 기기에 대한 적용 가능성에 관한 연구 개발을 활발히 진행하고 있으며, N₂ 가스와의 혼합, CO₂가스의 적용 등에 대하여도 연구하고 있다. 또한 CO₂가스를 사용한 차단기의 시작연구도 발표되고 있으며, 혼합가스를 사용한 경우에는 재활용 할 때 혼합한 개개의 가스를 분리해 회수하는 기술에 대한 것도 연구하고 있다.

일본의 NISSIN 사에서는 Dry Air와 고체절연을 혼합 적용하여 복합 절연타입으로, JAEPS사는 Dry Air 혹은 N₂를 적용, TOSHIBA사는 고체절연을 적용하여 개발을 하였다. 국내업체에도 고체절연과 Dry Air를 적용하여 개발 중이다. 이와 같이 Medium Voltage급에서는 여러 가지 적용이 시도되고 있으나 High Voltage급에서는 SF₆가스를 대체할 수 있는 차단 및 소화능력을 가진 절연매질 연구가 활발히 이루어지고 있으나 아직까지 기초연구만 진행되고 있는 실정이다.[1]

본 논문에서는 SF₆가스를 대체하기 위한 Dry Air Insulated Switchgear(DAIS) 기술에 대한 해석과 특성시험을 실시하여 170kV DAIS E/DS Test Model의 절연설계기준을 수립하고 High Voltage급에 Dry Air가스 및 절연특성 향상을 위한 기술을 보유하고자 한다.

2. 본 론

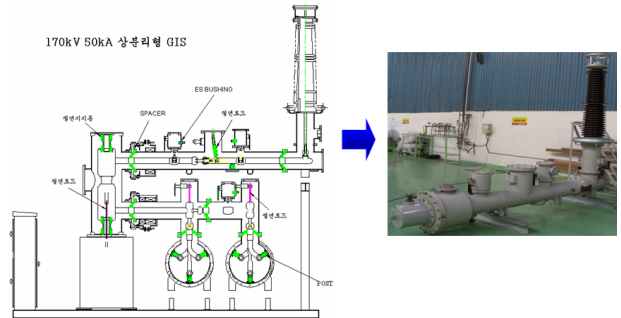
2.1 Dry Air 절연 특성

SF₆ 가스를 전혀 사용하지 않은 GIS 개발은 SF₆가스 대체기술의 핵심이라 할 수 있다. 현재까지의 개발동향으로써 가장 대체절연가스로 주

<표 1> Dry Air 가스 성분

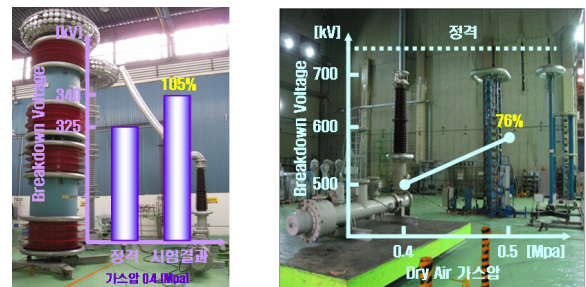
성분	구성
O ₂	19.5%이상
N ₂	BALANCE
DEW POINT	-65℃이하
수분함유량	1 ppm이하

2.2 DAIS Test Model



<그림 1> 170kV DAIS E/DS Test Model

그림 1은 Dry Air 가스를 적용하여 1차 PT설계 및 제작한 170kV DAIS E/DS Test model이다. Bushing 부분은 SF₆ 가스를 주입하고 E/DS 부분에는 진공 후에 Dry Air 가스를 주입하고 가스압력은 가설정된 최소 보증압력을 기준으로 하여 설정 하였다.



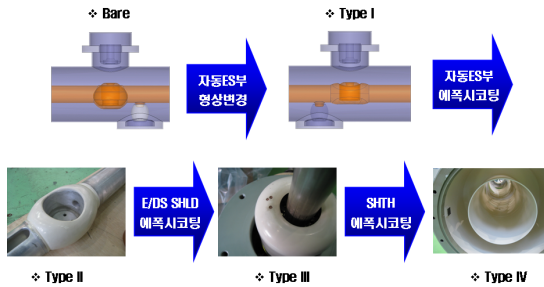
<그림 2> AC내전압 및 충격시험 결과

그림 2는 AC내전압 및 충격시험 결과를 나타낸 것이다. AC내전압시험결과 정격의 105% Breakdown Voltage 성능이었으며 충격시험결과 0.4[Mpa]와 0.5[Mpa]의 가스압을 비교한 결과 76% Breakdown Voltage 향상을 알 수 있었다. 하지만 정격에 비해 여전히 부족한 절연내력을 가지고 있었다.

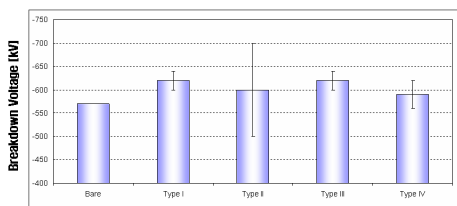
절연성능 확보를 위하여 각 Type별, 절연 코팅제, Dry Air 가스압력 등에 관해서 절연특성 연구를 하였다.

2.3 각 Type 별 절연 특성

2차PT 타입을 결정하기 전에 절연성능을 확보 하고자 그림 3의 과정으로 각 부분의 형상을 전계해석을 통해 변경을 하고 Epoxy 코팅 절연을 통한 ProtoType을 제작하고 시험을 하였다.



〈그림 3〉 각Type별 제작 Model

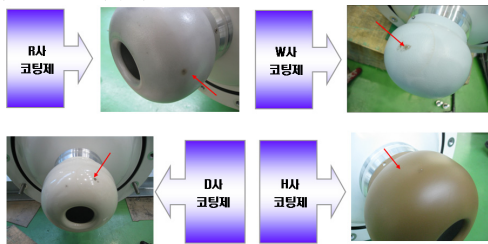


〈그림 4〉 각Type별 절연특성

전계해석을 통하여 형상을 변경(Type I)하였을 때 12[%] 절연성능이 향상되었고, Epoxy 코팅을 적용하였을 경우 3[%] BDV값이 상승하였다. 하지만 100% 정격에 대한 절연성능을 가지기 위해서 절연코팅 소재별 연구가 필요하다. 이에 절연코팅 소재별 연구를 진행하였다.

2.4 절연코팅 소재별 절연 특성

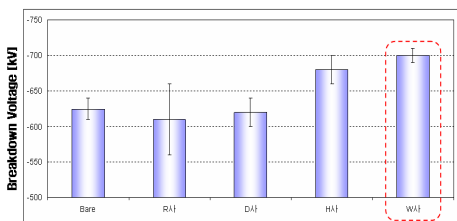
현재 절연 코팅 소재를 공급하고 있는 업체에게 의뢰하여 그 중에서 절연성능이 뛰어난 것으로 되어 있는 4개사 제품에 대한 절연 성능에 대한 시험을 진행 하였다.



〈그림 5〉 각 사별 절연코팅 Model

〈표 2〉 코팅소재별 전기절연강도

소재별	전기절연강도[kV/mm]
R사 코팅제	80
W사 코팅제	28
D사 코팅제	20
H사 코팅제	25

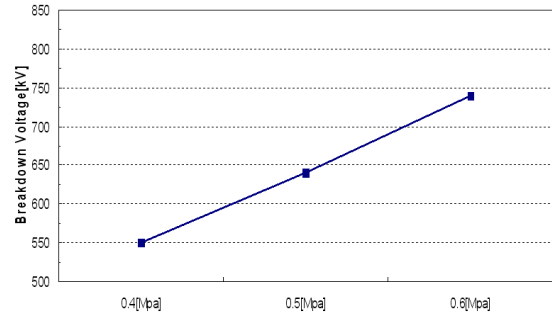


〈그림 6〉 절연 코팅제별 절연 특성

절연 코팅제의 두께는 150 μ m 이상으로 시험모델을 제작하였으며 R사의 전기절연강도가 높음에도 불구하고 BDV값이 낮은 이유는 액상도료로 제작 후 표면접착이 되지 못하고 흘러내리기 때문에 표면 고르기가 거칠게 제작되었기 때문이라 사료되며 절연 코팅제로 절연시험을 한 결과 W사의 코팅제가 가장 높은 절연성능을 가짐을 알 수 있었다.

2.5 Dry Air 가스압력에 대한 절연 특성

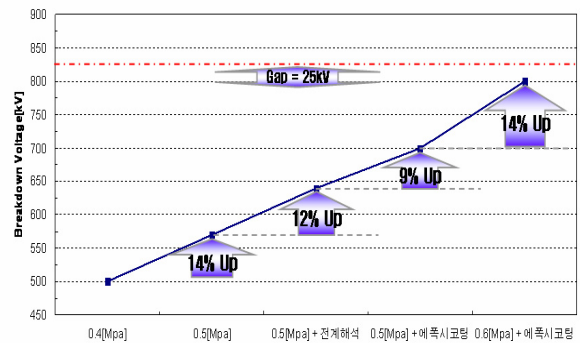
2.1에서 기존 Dry Air에 대한 구성성분비는 N₂/O₂ 비율이 80:20 구성 되어 있다. 시험에 직접 사용한 제조공기의 성분비는 N₂/O₂ 비율이 60:40으로 제조 되었다. Dry Air 가스와 제조공기의 유전특성은 부극성 일 때는 거의 동일하지만 정극성 일 경우 제조공기의 특성이 좋다.[2]



〈그림 7〉 가스압력에 따른 Breakdown 전압

그림 7는 제조공기를 가스압력에 따른 Breakdown 전압을 나타낸 그래프이다. 시험은 부극성일 경우에만 실시하였으며 15%~16%정도 가스 압력당 BDV값이 상승을 하였다..

3. 결 론



〈그림 8〉 절연 특성 연구 결과

그림 8는 1차 PT를 이용하여 절연시험을 한 결과이다. 170kV DAIS 뇌입펄스 정격에 비해 106% 수준이며 제품화에 필요한 정격의 110% 전압과는 25kV Gap이 존재함을 확인 하였다. 25kV Gap에 대한 성능확보를 위하여 2차 Prototype을 제작 중에 있다.

본 연구에서는 High Voltage급에서 Dry Air 가스를 적용한 170kV DAIS 1차 Prototype을 설계하고 시험을 진행하였다. 시험에 앞서 model의 전계 취약부분에 대한 시뮬레이션을 수행하고 Dry Air에 대한 가설 정된 보증압를 챔버에 주입하여 F.O발생 지점을 미리 예상하여 시험 진행을 원활히 하였다. 절연성능을 확보하기 위하여 각 Type별, 코팅 소재별, 가스 압력에 대한 시험을 진행하였으며 2차 PT에 적용을 위한 절연성능에 대해서 검증을 하고 BDV값을 예상하여 시험을 진행하였다.

2차 Prototype을 제작하여 지속적인 실험과 시뮬레이션으로 Data를 비교분석하여 Dry Air 절연설계기준를 정립하고 해석과의 신뢰도를 확인 할 것이며, 제품화를 위해 정격의 110% 절연성능을 확보할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 정동훈의 3명, “초고압 전력기기의 SF₆ Gas 대체를 위한 Dry Air Insulated Switchgear(DAIS)에 관한 연구”, 2007년 중전기 미래컨퍼런스, 122-123, 2007
- [2] Toshiaki Rokunohe,외 4명, “Development of SF₆-Free 72.5kV GIS”, IEEE, Vol22, NO.3, 2007