

가스 절연 시험용 체임버 개발 연구

조 언 옥, 최 병 주, 김 광 수
한국전기연구소 고전압연구소

A Study on the Development of a 1800KV Testing Chamber
for Gas Insulation

Yun-Ok Cho, Byoung-Joo Choi, Kwang-Soo Kim
Korea Electrotechnology Research Institute, High Voltage Lab.

A 1800KV testing chamber for gas insulation has been developed. To develop the chamber, all parts consisting of the chamber, namely, bushing, main chamber, shield, conductor bus, inspection window, feedthrough, and spacer have been designed based on numerical electric field analysis.

This paper presents the detailed design philosophy and methods of the chamber.

1. 서 론

최근 SF6 가스를 이용한 고전압 전기기기가 급속히 발전하여 고전압 대전력 수송 및 도시의 과밀화 대책으로서 기기를 소형 축소화하고 변전소 기기 전체를 일체화 하는 추세에 있다. 또한 SF6가스는 가스절연 변전소(GIS)의 각종 전력기기 이외에도 가스절연 송전선로(OGIT)등 그 이용 분야가 점차 증가하고 있다. 그러나 가스절연 전력기기의 크기를 축소화 하는 데는 신뢰성을 확보하는 것이 우선조건이어서 가스의 제특성에 영향을 미치는 요인을 구명하고 설계나 제조품질 또는 유지보수에 대한 기준을 설정하는 것이 반드시 필요하다.

한편 가스 절연 방식을 채택한 고전압 계통이나 기기에서 가스만으로 전기적 절연을 시키는 것은 불가능하며 반드시 고전압 도체 부분을 고정시키고 지지하기 위한 고체 절연물이 필요하다. 이것을 스페이서라고 부른다. 이와 같은 스페이서가 가스절연계 내에 존재하면 고전압 절연계통에서 복합 유전체를 형성하게 되어 가스만의 경우보다 훨씬 복잡한 현상이 나타나며, 절연계통에서 절연성 가장 취약한 부분이 되기 쉬우므로 고전압기기의 운전전압은 이 스페이서의 절연파괴 현상에 제한을 받게된다. 이러한 스페이서는 가스절연변전소의 경우 중 제작 비용의 10~20%를 차지하고 있어 가스절연 계통에서 고도의 기술을 요하는 핵심 부품이다. 따라서 계통의 운전전압을 향상시키고, 고전압기기의 소형 축소화

및 경제적인 절연설계상 스페이서의 연면방전특성의 연구와 아울러 이상적인 스페이서의 형상결정 및 절연특성에 영향을 미치는 인자에 대한 영향을 파악하는 것은 대단히 중요하다.

이러한 관점으로 부터 SF6가스의 절연 특성과 가스 절연기기의 주요부품의 연구 및 실증시험을 수행할 수 있는 시험장비인 가스체임버를 설계, 제작하는데 착안하여 1988년 5월부터 기본설계를 착수, 1989년 4월 제작을 완료하였다. 본 내용에서는 가스체임버의 주요부품의 설계개요 및 설계방법 등에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

2. 본론

2.1 설계기준 및 설계방법

1800KV급 가스 체임버의 설계 및 제작에 사용된 설계자료는 표1과 같다.

표1. GAS CHAMBER 설계 종합(4기압 기준).

부 품	설계방법	설 계 기준	설 계 치	설계내역	제작회사
MAIN CHAMBER	전계계산	< 17KV/mm 3기압	전극간거리: 50cm 내경: 120cm 외경: 180cm	16.2KV/mm	요성중공업
BUSHING	기기시험 전계계산	1800KV < 6.7KVrms/mm 6기압	높이: 700cm 직경: 1.5cm 내경: 90cm	2400KV 0.66KVrms/mm	한국외에버
SPACER	전계계산	< 17KV/mm < 4KVrms/mm	전경: 100.5cm 송형부분두께: 26.7cm 상면지름부분두께: 10cm	6.2KV/mm 1.9KVrms/mm	대원사 대원사 대원사
내부도체	전계계산	< 17KV/mm	내경: 25cm 외경: 700cm	12.7KV/mm	신광공업사
외부SHIELD (상면)	전계계산	1.9KVrms/mm	내경: 130cm 외경: 432cm 높이: 150cm	0.79KVrms/mm	대원성명
외부SHIELD (하면)	전계계산	1.9KVrms/mm	내경: 150cm 외경: 430cm	0.3KVrms/mm	대원성명
내부SHIELD (리플)	전계계산	< 17KV/mm	내경: 79cm 외경: 60.25cm	11.2KV/mm	신광공업사
FEEDTHROUGH	기명성	전압: 10 Torr 하전압: 8기압 전류: 50KA BNC: 외부 Noise차폐	전압: 13 pin BNC: 10 pin		대원공업사
관측창	기명성	시야각: 10도	전경: 10cm 높이: 1.2cm		한국전검

2.2 주요부품의 설계

가. 주 체임버(Main Chamber)

주 체임버는 내부에서 시험전극을 이용한 가스절연 특성 연구와 지지 절연물의 연구 개발 및 실증시험을 실시할 수 있는 가스체임버의 핵심부분이다.

주 체임버는 362KV급 및 800KV급 지지 절연물(Spacer)의 개발 및 실증시험에 사용할 예정인 2개의 대형플랜지(직경 500mm, 900mm), 관측창, 갭조정장치, 단자대, 시험전극 및 가스흡·배기장치 등으로 구성되어 있다.

주 체임버는 전하중첩법을 이용하여 전계를 해석하였으며, 설계자료는 표1과 같다. 주 체임버 내부에 직경 20mm의 봉전극과 직경 600mm의 평판전극을 설치하였을때의 주 체임버 내부의 등전위 분포는 그림1과 같다.

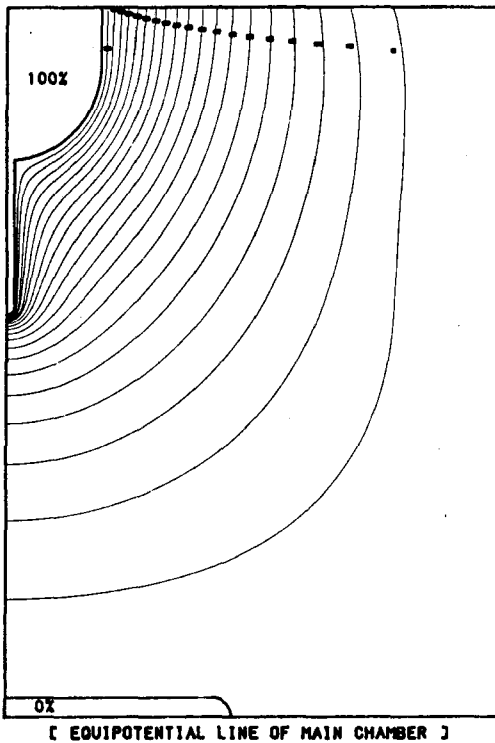


그림1. 주체임버의 등전위 분포.

나. 고전압인가부(High Voltage Bushing)

가스체임버의 제작을 위해 1800KV급 옥내용 고전압 부싱(High Voltage Bushing)을 개발하였다. 개발된 고전압 부싱은 섬유유리와 에폭시 수지의 복합 절연 재료로 만든 직경 900mm, 길이 7000mm의 원통 속에 직경 250mm, 길이 7000mm인 도체를 삽입하여 SF6를 압축 봉입한 구조이다. 주요 설계기준은 표1에 나타내었다.

개발된 고전압 부싱을 주 체임버에 조립했을 때의 등전위분포는 그림2와 같다.

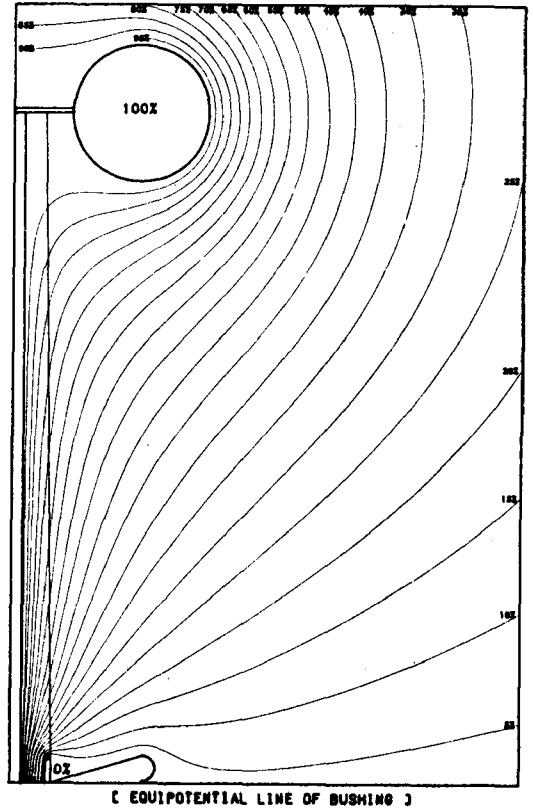


그림2. 고전압 부싱의 등전위 분포.

다. 전계 완화용 실드(Shield)

가스 체임버의 부싱 양단과 내부의 스페이서 상·하부에는 전계가 집중되므로 완화를 위해 실드를 설치하였다. 가스 체임버의 실드는 외부실드와 내부 실드로 분류된다.

가스 체임버의 고전압 부싱 하단부에 설치된 내·외부 실드의 구조는 그림3과 같다.

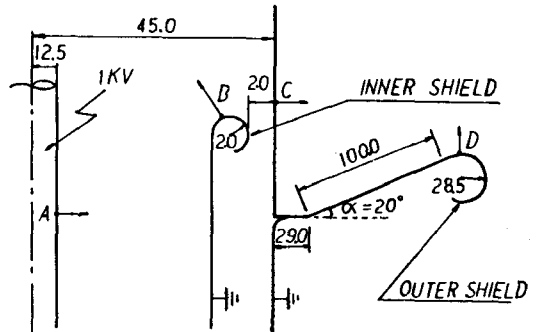


그림3. 고전압 부싱 하단부의 내·외부 실드.

그림3에서 A는 내부도체, B는 내부실드, C는 고전압 부싱, D는 외부 실드의 최대 전계 계산점을 나타낸다. 계산결과는 표2와 같다.

표2. 고전압 부상 하단부의 전계계산 결과.

전계계산점	실계기준전압	실계기준치 (KV/mm)	계산치 (KV/mm/KV)	실계내력 (KV/mm)
A	뇌충격전압 1800KV	17	0.00703	12.7
B	뇌충격전압 1800KV	17	0.0062	11.2
C	상용주파전압 508KV	0.7	0.0013	0.66
D	상용주파전압 508KV	1.5	0.0006	0.30

라. 스페이스 (Spacer)

가스절연계통의 스페이스는 원판형 (Disc), 원추형 (Cone), 및 지지형 (Post) 등으로 분류된다. 본 가스체임버의 제작을 위해 개발한 스페이스는 내부도체를 지지하고 가스 영역을 분리시킬 목적으로 사용되므로 구조가 간단한 원판형으로 결정하였다.

스페이스 1차모델 형상을 결정하기 위해 표면각 α 를 변화시킴에 따른 전계분포를 조사하였다. 그 결과를 나타내면 그림 4와 같다.

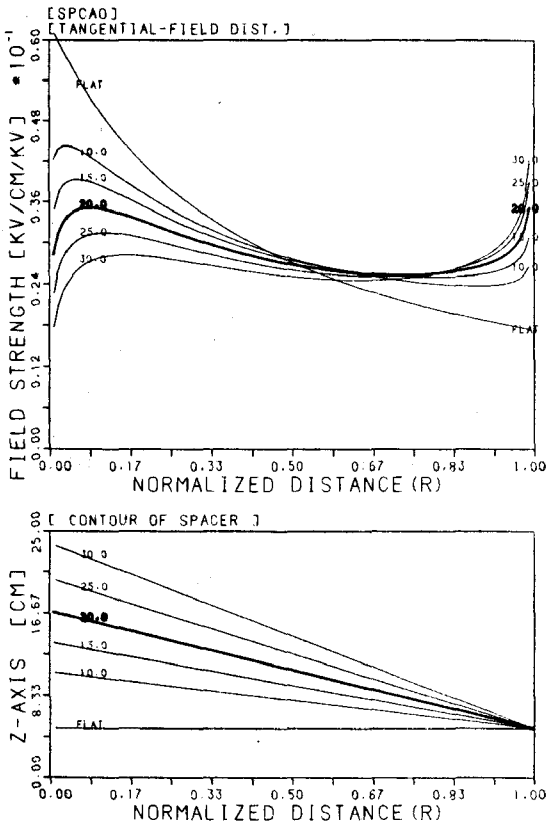


그림 4. 스페이스 표면각 α 의 변화에 대한 전계분포.

그림 4에서 각 α 가 작아짐에 따라 고전압전극쪽의 전계는 상승하고 접지전극 부근의 전계는 감소하게 되며, α 가 커지면 그와는 반대 현상이 나타남을 알 수 있다. 검토한 결과 $\alpha=20^\circ$ 일때 스페이스 표면의 전계 분포가 가장 균등하였다.

이상의 연구결과를 토대로 다음과 같은 스페이스 형상 설계 기준을 설정하였다.

- 1) 스페이스의 초기모델은 구조가 간단한 원판형
- 2) 스페이스의 연면거리는 전계분포가 비교적 균등한 $\alpha=20^\circ$ 일때를 기준
- 3) 도체부와 스페이스 경계면의 전계최소화(접촉각 $\alpha=90^\circ$)
- 4) 도체부와 직각으로 접촉하는 부분의 연면거리 설정
- 5) 전기적으로 최대 취약점인 3중점은 고압 도체의 형상 변경, 매입전극 설치 또는 윌드 취부 방법 검토
- 6) 스페이스 연면의 곡률완화

이와같은 설계기준을 적용하여 설계한 최종모델 스페이스의 전계강도를 나타내면 그림 5와 같다.

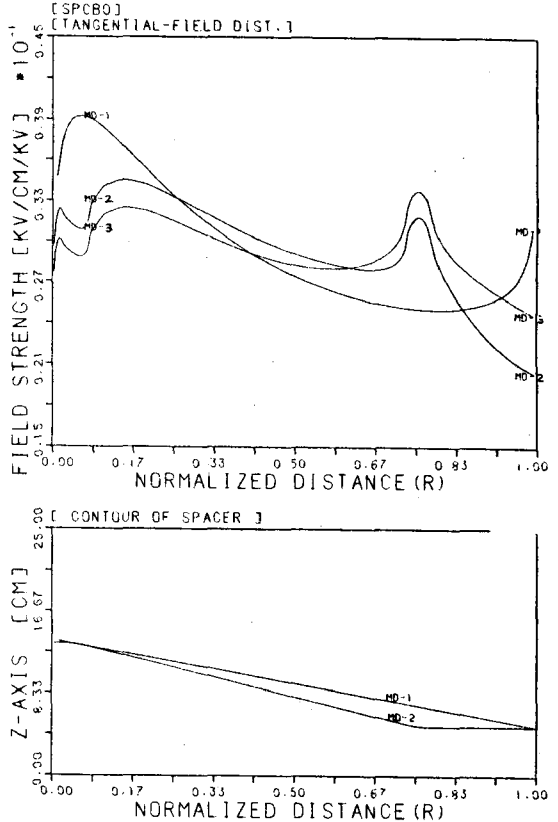


그림 5. 최종 모델 스페이스의 전계강도.

그림 5에서 MD-1은 기본모델 $\alpha=20^\circ$ 인 경우이고, MD-2는 내부윌드가 없는 최종모델이며, MD-3는 내부윌드가 취부되었을 경우의 전계분포이다. 그 중에서 MD-3가 가장 균등한 전계분포를 이루고 있으며, 최대 전계강도는 0.00345(KV/mm/KV)이다. 이 값은 뇌충격 전압 1800KV를 기준으로 하면 6.21KV/mm, 부분방전 발생전압을 기준으로하면 1.75KVrms/mm에 해당되므로 설계 기준치인 17KV/mm 및 4KVrms/mm를 만족한다.

최종모델 스페이스의 등전위 분포 및 형상을 나타내면 그림6 및 그림7과 같다.

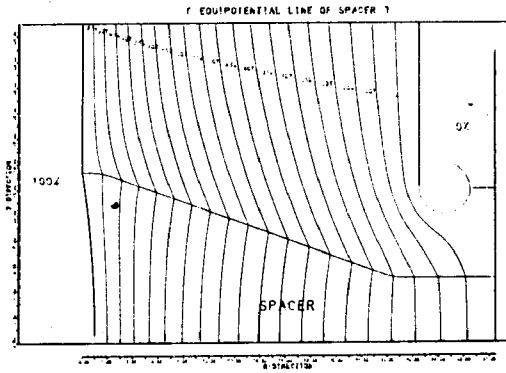


그림6. 최종모델 스페이스의 등전위 분포.

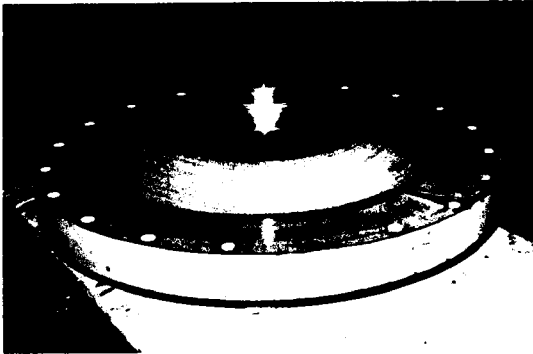


그림7. 최종모델 스페이스의 형상.

개발된 가스챔버의 모양은 그림7과 같다.



그림8. 1800KV급 가스절연 시험용 챔버.

3. 결론

800KV급 승전계통의 가스 절연 설계를 위한 SF6가스 절연특성연구 및 지지 절연물의 연구.개발시험을 수행할 수 있는 1800KV급 가스챔버를 개발하였으며, 모든 부품의 설계와 제작은 100% 국산화 하였다.

가스 챔버를 설계.제작하면서 개발된 주요분야는 다음과 같다.

- 1) 가스 절연 및 절연을 개발을 위한 연구 및 실증시험용 주 챔버
- 2) 섬유유리원통으로 제작한 옥내용 고전압 부상
- 3) 800KV급 원판형 스페이스 설계 및 제작기술
- 4) 전계해석을 통한 내.외부일드의 설계
- 5) 전계해석을 통한 내부도체의 설계
- 6) 각종 측정 센서를 연결할 수 있는 단자대의 설계
- 7) 가스 챔버 설계를 위한 컴퓨터 모의 기법 개발

그 중에서 특히 1800KV 뇌충격 전압을 인가할 수 있는 섬유유리 원통으로 만든 옥내용 고전압 부상 및 스페이스의 설계.제작 그리고 가스절연 변전소 일부를 축소화한 형태인 가스챔버의 설계를 위한 컴퓨터 모의기술 개발은 전기기술발전에 크게 기여하리라 기대된다.