

765kV 기기 개발

정상진*, 노철웅**, 신영준***

(*한전기술연구원 책임연구원,

**효성중공업(주) 중전사업부 이사,

***한국전기연구소 개폐장치연구팀장)

1. 머리말

1969년 미국 AEP社가 세계최초로 765kV급 송전을 개시한 이래 세계적으로 약 10개 나라에서 765kV급 송전계통을 운전하고 있다. 변압기를 비롯한 차단기, 피뢰기등의 관련 변전기기도 ABB社를 비롯한 여러 제작회사에서 제작 공급하고 있으며 설계, 제작기술도 어느정도 정착단계에 이르렀다. 그러나 800kV급 GIS(Gas Insulated Switchgear : 개스절연 개폐장치)의 경우 최근 남아연방공화국의 2개 변전소에서 운전되고 있을뿐 설계, 제작경험은 그리 많지 않아 기술의 안정화 단계에서는 이르지 못하고 있다. 우리나라의 2000년대 예상되는 765kV 송전계통에서도 변전소는 옥외 Full GIS(인입 인출 붓싱을 제외한 모든 부분을 밀폐화)로 건설 예정으로 있어 그 신뢰성 확보를 위해서는 설계, 제작기술의 선진화가 필수적이다.

다행히 1991년부터 정부주도로 한전이 약 1000억 원을 지원하여 제조업 국제경쟁력 확보를 목표로 산·학·연이 주체가 되어 중전기기 및 핵심기기 개발 사업을 수행하고 있다. 그중 765kV급 기기개발 사업은 전력용 변압기, GIS, 분로리액타 등이며 그외 송전용 철탑, 금구류등 765kV 격상사업에 필요한 기자재를 국산화하기 위한 것으로 주로 제작업체 부설연구소와 한국전기연구소에서 주관하고 있다.

다음에서는 우선 1995년에 완료되는 765kV급 전

력용 변압기와 GIS의 설계 및 제조기술을 중심으로 서술코져 한다.

2. 765kV 변압기 개발

2.1 변압기 설계

2.1.1 철심구조

765kV급 변압기의 경우 철심구조 설계시 각철심의 수량, 철심의 재질, 최대 자속밀도 및 냉각덕트의 사용이 신중히 고려되어야 하고, 철심의 접지방범이나 철심적층의 Binding 처리등에도 세심한 주의를 기울여야 한다.

각철심의 수량은 변압기의 수송치수 제한에 따라 결정된다. 또한 내철형의 경우 고압 Lead를 권선의 측면에서 인출 가능하므로 최대한 수송치수를 줄이는 방향으로 설계해야 한다. 이러한 예로서는 단상3각(單相三脚), 단상4각(單相四脚) 및 단상5각(單相五脚)형의 철심구조등이 있다.

외철형의 경우는 수송 높이를 줄이기 위하여 측면방향으로 눕혀서 수송하는 Lay Down Shipping이 가능하다. 또한 수송중량을 훨씬 초과하는 UHV급 변압기는 운송상의 문제점으로 인하여 1상 2분할 혹은 1상 3분할등의 구조를 채택하는 방안을 적극 검토해야 할 것이다.

철심접합부의 손실을 줄이기 위해서는 LAMINATION SHEET를 서로 어긋나게 배치함으로써

자속의 집중현상을 억제하여야 한다.

2.1.2 권선구조

대용량 고전압 변압기에서는 전류용량, 내부권선 구조물의 국부과열, 뇌 Surge 침입시의 전위분포등이 검토과제이다.

내부권선(Coil)의 설계시 고려해야 할 주요사항은 다음과 같다.

- ① 권선절연의 종류 및 절연두께
- ② 요구되는 특성을 만족하는 권선의 배치와 구조 및 턴의 분포
- ③ 접지실드 또는 정전실드의 적용
- ④ 라인리드 및 탭리드의 절연처리

특히 고전압 Level에서 야기되는 Voltage Transient 현상에 대해서는 매우 정밀하고 심도 있는 분석을 통해서 과도하게 상승하는 임펄스 전압치를 효과적으로 제어하도록 해야 하는데, 이때 주로 채용되는 실드(정전차폐)는 권선에 뇌임펄스 침입시 전압차를 균일하게 분포시켜 권선내부에서 위험한 전위진동(Voltage Oscillation)이나 과도전압의 생성을 적절히 제어시켜 권선을 잘 보호하여야 한다. 전개해석 기술과 적용방법 기술을 적극 검토하여 765kV 변압기 설계시 충분히 활용하여야 할 것이다.

2.1.3 자기차폐 및 손실저감 설계

대용량 변압기에서는 누설자속(Stray Flux or

Leakage Flux)이 변압기 내부의 지지구조인 각종 철구조물, 탱크, 권선을 통과하므로 국부손실과 과열이 발생한다. 특히 누설자속의 집중은 변압기 손실의 증가 외에도 국부과열로 인한 절연물이나 절연유의 열화를 촉진시켜 변압기의 수명단축 및 절연사고를 야기하게 된다.

정확한 누설자속 분포 해석과 손실 계산을 위해서는 자계해석을 실시하며, 누설자속에 의한 손실을 저감하기 위해서는

- ① 금속성의 구조물을 높은 Flux 영역에서 되도록 멀리 띄우는 방법
- ② 높은 투자율의 얇은 규소강판을 취부하는 방법
- ③ 알루미늄이나 동판등의 반자성체를 취부하는 방법

등이 있다.

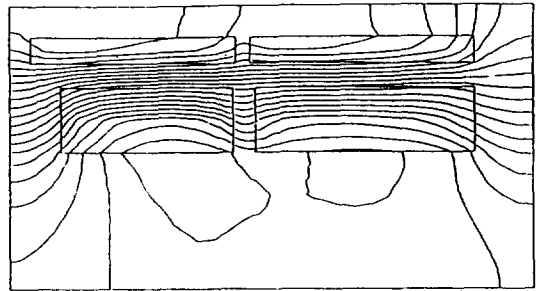


그림 2. 변압기의 자계해석

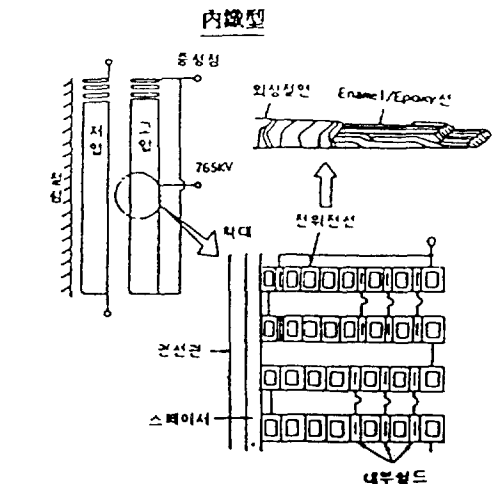
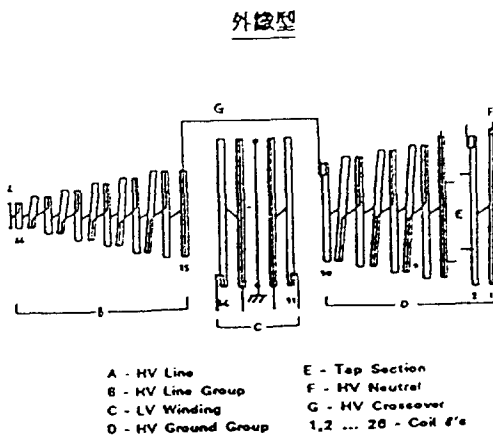


그림 1. 권선배치도 예

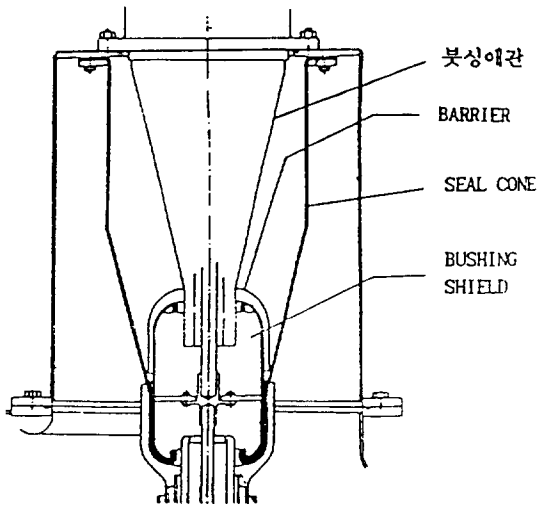


그림 3. Seal Cone

2.1.4 냉각설계 및 기타사항

절연유의 순환속도, 절연유의 온도 및 Flow Distribution 등에 기인하는 유동대전(Streaming Electrification)의 영향이 감안되어야 한다. 특히 765kV급 변압기에 있어 오일펌프를 사용한 강제순환식 냉각을 할 경우 펌프에 의한 절연유 속도가 빠를수록 유동대전이 심화되므로 유속을 적당히 선정하여야 한다. 실제로 외국의 경우 유동대전으로 인한 765kV급 변압기의 사고사례가 발표되기도 하였으며, 일본, 미국등에서는 이에 대해 계속 연구 중이다. 아울러 변압기가 초고압화 할수록 내부의 이물질에 의한 절연사고가 발생하기 쉬우므로 제작 공정별 청결유지를 하여 이물질을 철저히 제거하도록 해야 한다.

2.1.5 성형 절연물 적용

고전압의 변압기에는 최적구조의 성형 절연물을 사용하여 변압기 치수를 Compact화 할 수 있으며, 변압기 운송과 사용 중에 기계적인 보강의 효과를 거둘 수 있다. 성형 절연물은 복잡한 구조이므로 주로 절연물 제작 전문업체로부터 구매하여 사용한다.

Seal Cone의 경우 붓상의 하부를 감싸주는 절연물로서 프레스 보드 배리어 구조인데, 탱크 및 붓상 실드와 조립되도록 하고 있다. UHV급 기기에서는 주로 고압붓상 부위에서의 절연사고가 의외로 잦으

므로 적절한 Seal Cone 사용은 거의 필수적이라 할 수 있다.

2.2 변압기 수송

고전압 대용량의 변압기는 절연거리가 크고 대전류가 흐르므로 절연물 및 도체 사용량이 대량화되어, 수송중량은 단상 765kV 500MVA의 경우 약 200 TON정도 된다.

변압기가 설치되는 변전소 또는 발전소의 위치에 따라 수송방법은,

- 첫째 육로를 통한 운송
- 둘째 철도를 이용한 운송
- 셋째 해상을 통한 운송

등이 있다.

수송방법에 따라 허용 수송중량 및 치수가 제한되어 있는데, 발전소 또는 변전소가 해안에 위치하는 경우는 해상수송이 가능하므로 수송치수 및 중량에 큰 제약이 없다. 그러나 내륙에 위치하는 경우에는 현재 최대수송높이는 4.5m(대차 포함), 변압기 중량은 110 TON으로 제한되어 있다.

따라서 내륙에 위치하는 변전소 또는 발전소에 납품되는 765kV 변압기의 수송방법은,

- 첫째 : 변압기의 상을 다분할하여 수송치수와 중량을 지감하는 방법
- 둘째 : 중량물 수송을 위한 철도용 특수차량을 사용하는 방법
- 셋째 : 변압기 설치 변전소에 조립장 건물을 건설하여 현장조립 하는 방법

등이 있다. 육로수송시에는 상기의 첫째 방법과 둘째 방법을 병행하는 것이 바람직하며, 셋째의 현장조립 방안은 변압기 설치 후 신뢰성 검증을 위한 시험을 실시하기 어려운 점이 있다. 따라서 765kV급 변압기의 수송문제 해결을 위해서는 해안에 설치되는 경우를 제외하고는 외국의 경우와 같이 상을 분할하여 설계·제작하는 방안과 동시에 특수차량 사용을 적극 검토해야 할 것이다.

2.3 변압기 시험

2.3.1 변압기 절연내력 시험

약 20년이상 765kV 송전 계통을 운전하고 있는 미국 AEP社와 캐나다의 Hydro-Quebec社의 경

우 345kV급에 비해 높은 사고율(약 3% 내외)을 보여주고 있어 80년도말에 변압기 시험규격을 재검토하여 절연계급을 상향 조정하였다. AEP社의 경우 뇌 충격절연 시험전압을 1800kV에서 2050kV로 강화하고 권선구조의 단순화, 설계의 용통성을 위해 % 임피던스값을 상향 조정하였으며[1], Hydro-Quebec社는 그 735kV계통의 전압 불안정이 변압기 사고와 연관성이 있음을 감안하여 상용주파절연 시험전압 레벨을 IEC 추천치인 1.5~1.7 p.u.에서 약간 높여 1.7~1.9 p.u.로 높였으며 735kV 변압기에 대해서도 높은 신뢰성을 필요로 하는 HVDC 변환소용 변압기와 같이 엄격한 품질관리를 위해 설계, 제작, 설치, 운전의 모든 과정에서 표준 절차를 제정 운용하고 있다.

2.3.2 발전소용 승압변압기

계통 변전소용과는 달리 발전소 승압 변압기는 1~2차 변압비가 높으며 발전기측 전압이 20kV 내외로서 정격전류가 수십 kA에 이른다. 따라서 절연설계상 유의할 점은 역가압시 고압측에서 저압측으로의 이행 서-지에 대한 고려가 필요하며 절연내력 시험시 권선의 일단을 접지상태로 시험하기 때문에 저압측 델타권선 비접지로 운전하는 실제 운전 상태와 그 권선 내부의 전위분포가 다르게 되어 정확한 시험이 되지 않고 있다[2]. 또한 저압측을 전류가 높음으로 인해 누설자속 등에 의한 탱크의 과열, 권선내부의 Hot-spot 발생등의 문제점에 대한 면밀한 설계가 요구된다.

2.3.3 GIS 직결 변압기

한국전력의 765kV 변전소는 Full GIS로서 건설 예정이며 변압기가 GIS 모선과 직결된 경우 L-C 공진에 대한 검토가 필요하다. GIS 내부의 지락 혹은 차단기 조작시 발생하는 서-지는 GIS의 커패시탄스와 변압기의 인덕턴스와 결합하여 공진현상의 발생 가능성이 있다.

따라서 변압기 권선구조에 따른 L-C 등가회로의 정확한 모델링이 요구되고 있으며 현재까지 알려진 바로는 공진주파수는 약 5~8KHz로서 큰 문제점이 없으나[2], 원거리 변전소에서 가공 송전선을 개방하거나 재투입시는 5~7 고조파에서 공진 상태가 발생하여 과전압 발생우려가 있다[3].

2.3.4 변압기 상태감시 시스템

765kV 변압기는 사고시 그 파급효과가 지대하므로 상시 감시를 위한 상태감시 장치의 도입이 필요하다. 일본 500kV 동경전력 변전소 주변압기의 경우 유중개스성분(6가지 주요개스+CO₂) 및 유온·유면, 부분방전 감시 장치가 실 사용되고 있으며 미국 AEP社의 경우 최근에 도심지 대용량 765kV 변전소에서 TPAS(Transformer Performance Analysis System)를 설치하여 변압기의 내부 부분방전에 의한 초음파 신호감시, 유중 수분 및 수소개스, 진동 그리고 절연유 온도 및 권선 온도등 파라메타를 감시하여 그 측정치와 변압기 부하전류 단자전압, 외부온도등 운전조건에 근거한 예측치를 상호비교하여 이상 유무를 판정할 수 있게 되었다.

3. 765kV급 GIS 차단부 개발

3.1 SF6 차단기의 분류

소호매질로서 SF₆ 가스를 이용한 가스차단기가 1959년 웨스팅 하우스사에 의해 최초로 개발된 이후 유럽 및 일본에서도 연구개발되어 현재 전 세계적으로 널리 사용되고 있으며, 현재까지 개발된 가스차단기의 소호방식을 분류해 보면 표 1과 같이 정리될 수 있다[4].

이들 소호방식중 1970년대 중반까지 초고압급 GIS/GCB의 차단부에 주로 채택되었던 소호방식은 이중압력 분사식이었으나, 1970년대 초부터 압축분사식이 개발되어 현재는 이 소호방식이 초고압

표 1. 가스차단기의 소호방식 분류

주소호방식	세부소호방식
자력식 소호 (Rotary Arc)	구동코일 자력식 소호 영구자석 자력식 소호 구동코일·영구자석 자력식 소호
열팽창식 소호 (Thermal Expansion)	동일 아크·유동로 열팽창식 소호 별도 아크·유동로 열팽창식 소호
압축분사식 소호 (Puffer)	단일유동 파퍼식 소호 이중유동 파퍼식 소호 역유동(Back-Flow) 파퍼식 소호
이중압력 분사식 소호 (Double Pressue)	단일유동 이중압력 분사식 소호 이중유동 이중압력 분사식 소호
흡입식 소호 (Suction)	일방 흡입식 소호 양방 흡입식 소호

급 차단부의 주종을 이루고 있다. 점절당 차단용량이 점차 증가해 감에 따라 압축분사식 소호방식도 단일유동형에서 이중유동형으로 바뀌어 갔으며, 최근에는 상류장에서 아크에 의해 발생한 높은 압력 상승을 파퍼실린더로 역류시켜 효과적인 압력상승을 얻어내는 역유동 파퍼식이 개발되어 사용되고 있다[5].

3.2 전산해석적 차단부 설계방법

초고압급 GIS/GCB에 널리 채택되고 있는 파퍼식 소호방식의 차단부는 실린더와 피스톤으로 구성된 파퍼실을 가지고 있으며, 이 파퍼실에서 가스를 압축시키는 역할을 한다. 접점이 개리하기 시작함과 동시에 일어나는 실린더와 피스톤의 상대적 운동 및 아크에 의한 가스가열에 의해 파퍼실 및 노즐상류장의 유동이 가압되고, 이 압축된 고압가스를 접점사이에 발생한 아크에 강제로 분사시켜 아크를 냉각시키고 소호하는 방식이다.

차단현상에 대한 최초의 성공적 연구가 1930년대 Cassie와 Mayr에 의해 이루어진 이후, 아크의 기초특성에 대한 실험적 연구와 수학적 모델링연구가 많이 수행되어 왔다. 근래에는 상용프로그램을 사용하거나 자체개발한 프로그램을 사용해 전자계해석, 유동해석, 아크해석 등을 행하여 실제 차단기의 설계에 활용하고 있다[6]. 또한 아크의 특성을 측정하거나 아크를 가시화하여, 차단부내에서 일어나는 물리적 현상을 해명하거나 보다 실제적인 프로그램의 개발에 활용하기도 한다[7].

전자계해석의 경우 초고압급 차단부에 있어서 분압콘텐츠의 영향, 주접점과 아크접점의 형상, 스트로크 곡선에 따른 영향, 절연스페이스의 형상, 모선의 배치, 집지탱크의 플랜지 형상 등의 연구에 많이 이용되고 있으며, 최근에는 차단부가 고압·대용량화되고 소형화됨에 따라 최적 절연설계기술이 요구되어 그 중요성이 더욱 높아지고 있다.

유동해석의 경우 아크가 존재하지 않는 무부하 냉가스 유동해석을 위해 상용 CFD 프로그램 Package나 FLIC Method를 이용한 자체개발 프로그램을 주로 많이 사용하고 있다[8]. 냉가스 유동해석에서는 소호부내의 가스밀도, 압력분포, 속도분포 등을 주로 계산하여 주노즐 및 접점의 형상, 실린더 출구의 형상, 실린더 용량, 접점노즐의 형상

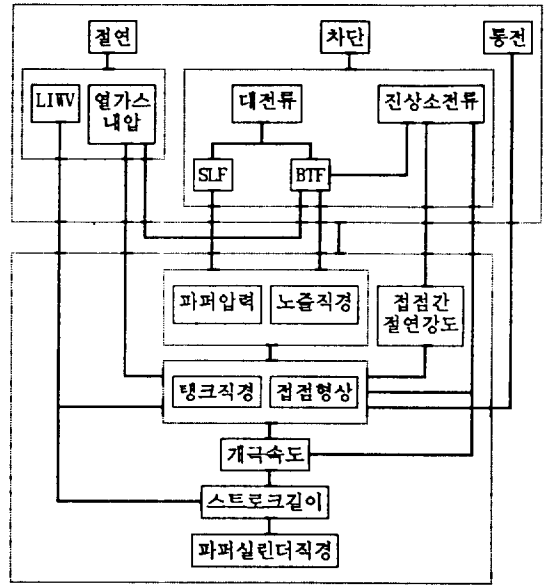


그림 4. 차단부의 설계 및 설계변수

및 배기구 단면적 등에 대한 연구에 활용하며, 특히 진상소전류 및 BTF의 차단특성을 개선시키기 위해 널리 사용되고 있다.

아크를 포함한 유동해석(또는 아크해석)의 경우 아크에 대한 정확한 수학적 모델링이 어려워 제한된 조건에서 아크를 해석할 수 있는 Integral Method와 Differential Method 등이 개발되어 있으며, 상용 Package의 경우 아크를 단순히 임의의 시변함수의 에너지원으로 가정하여 열류해석하고 있는 실정이다. 아크해석은 실제 차단기내의 현상과는 다소 거리가 있지만, 아크의 특성변화에 대한 추이와 상호비교는 가능하므로 차단기의 설계에 부분적으로 활용되고 있다.

그림 4에 표시된 것과 같이 차단부의 설계를 절연설계, 차단설계, 통전설계로 대별할 수 있으며, 각 설계에서 고려해야 할 차단부의 열적 및 유전적 회복특성에 영향을 주는 설계변수와 이런 설계변수를 검증하거나 산출할 수 있는 시험 또는 기준이 상호 관련지어져 있다[9].

3.3 800kV급 GIS용 모델차단부의 개발

1980년대 중반부터 해외기술의 도입에 의해 초고압 GIS/GCB를 국내에서 제작·생산하기 시작

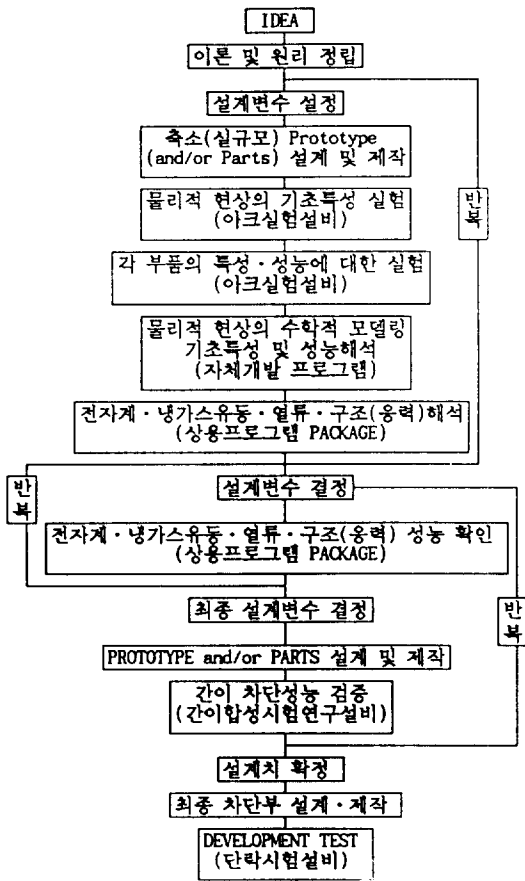


그림 5. 최근의 차단부 연구개발방식

하였으며, 그동안 기술제휴로 도입한 설계도면을 토대로 복사, 부품의 국산화, 일부 부품의 개량, 일부 설계의 변경 등의 과정을 거치면서 현재 어느 정도 개량기술을 축적하고 있다.

이런 개량기술을 토대로 1991년 말부터 시작된 초고압급 차단부의 개발은 그림 5에 나타나 있듯이 선진외국에서 수행하고 있는 연구개발방식과 거의 유사한 단계를 밟아 가면서 진행되고 있다. 그러나 아직까지 가스개폐장치를 자체적으로 설계하거나 고유모델을 개발하기에는 기본적 실험데이터 및 수치해석적 연구자료가 절대적으로 부족한 실정에 있다.

1991년 착수하여 현재 개발중에 있는 연구개발 목표 및 내용을 표 2.에 표시되어 있다. 기본적 개념설계는 공동연구기관인 효성중공업(주)이 1980년대 이래 축적되어 온 개량기술을 활용하여 개발

표 2. 연구개발내용 및 최종목표

구 분	연구 개발 내용
3차년도(1994년)	실규모 Full-Pole 소호부 설계·제작, 특성시험 및 분석
4차년도(1995년)	실규모 Full-Pole 차단부 개발, 종합특성 시험 및 분석
최종개발목표	800kV 4000A 40kA 2점절 유압 (또는 공압)조작 GIS용 차단부

표 3. 800kV 차단부의 설계기준

구 분	설 계 기 준
사용 조건 및 정격	정격전압: 800kV 정격차단전류: 40k A _{rms} 정격전류: 4,000A 정격내입펄스내전압: 2,400kV 정격개폐입펄스내전압: 1,550kV 정격상용주파내전압: 960kV 정격충진압력: 6(차단부), 5(모선부) kg/cm ² 정격조작압력: 15 kg/cm ² 정격개극시간: 20ms 이내 정격투입시간: 100ms 이내
설계 전계 강도	중심도체 최대전계강도: 236kV/cm 스페이스 표면 최대전계강도: 177kV/cm 스페이스 표면연방향 성분: 118kV/cm 접지탱크 최대전계강도: 표준입자 기립전계 이하

중에 있는 362kV 4000A 40kA 1점절 차단부에 대한 설계를 800kV로 확장하는 것으로 하였다.

이 기본적 개념설계에 대하여 전계해석과 유동해석을 행하여 설계상태를 검증하고 개선하였으며, 적용한 차단부의 설계기준은 표 3과 같다.

800kV 모델차단부의 전계해석에 FEM을 이용한 상용프로그램인 FLUX-2D를 사용하였으며, 차단부중 조작기와 연결되는 부분은 EMAS를 이용해 3차원해석을 할 예정이다. 스페이스 취부부분, 도체 연결부분, 절연내력시험시 취부되는 단말탱크 등에 대해 집중적으로 전계해석을 행하여 설계기준에 충분한 여유가 있도록 하였으며, 소호부의 형상설계를 위해 접점 및 노즐을 포함한 전체 소호부에 대해 접촉상태에서 개극완료까지 특히 최소 아킹시간부터 최대 아킹시간까지 각각의 스트로크위치에서 전계해석을 행하고 있다. 그림 6은 차단부 전체에 대한 전계해석의 예를 나타내고 있다.

800kV 모델차단부 전체 특히 노즐의 상류장과 하

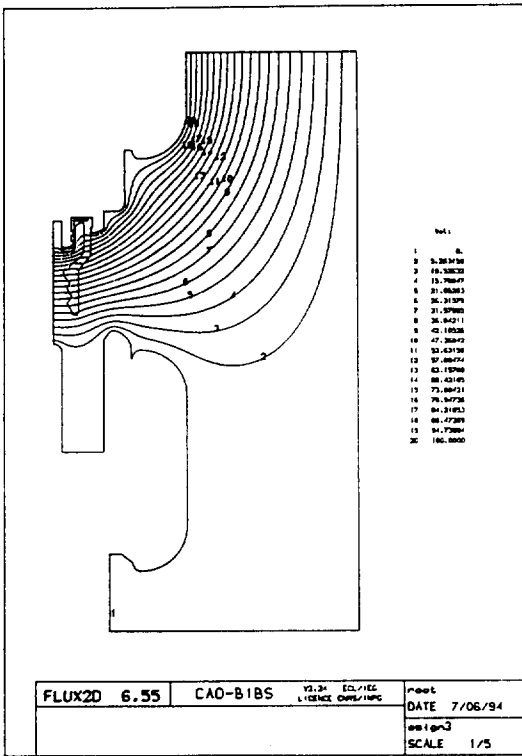


그림 6. 800kV 차단부의 전계해석 예

류장에 대한 유동해석을 위해 FVM을 이용한 상용 프로그램을 사용하였으며, 파퍼실린더 및 노즐 내부의 압력상승을 계산하기 위해 FLIC Method [10]를 이용해 자체개발한 프로그램을 사용하였다. 2차원 축대칭 압축성 유동해석을 위한 기본식은 다음과 같은 질량, 운동량, 에너지 보존법칙에서 얻어진다.

$$\frac{D\rho}{Dt} + \rho \frac{\partial u}{\partial x} = q + \frac{\partial}{\partial x} (\epsilon \frac{\partial \rho}{\partial x}) \quad (1)$$

$$\rho \frac{Du}{Dt} + \frac{\partial P}{\partial x} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho \epsilon \frac{\partial u}{\partial x}) + \rho \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial x} \quad (2)$$

$$\rho \frac{DI}{Dt} + P \frac{\partial u}{\partial x} = q \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (\rho \epsilon \frac{\partial I}{\partial x}) + \rho \epsilon (\frac{\partial u}{\partial x})^2 + \epsilon \frac{\partial \rho}{\partial x} \frac{\partial I}{\partial x} \quad (3)$$

$$\epsilon = \frac{1}{2} |u| \delta x \quad (4), E = I + \frac{(u^2 + v^2)}{2} \quad (5)$$

$$P = (\gamma - 1) \rho I \quad (6)$$

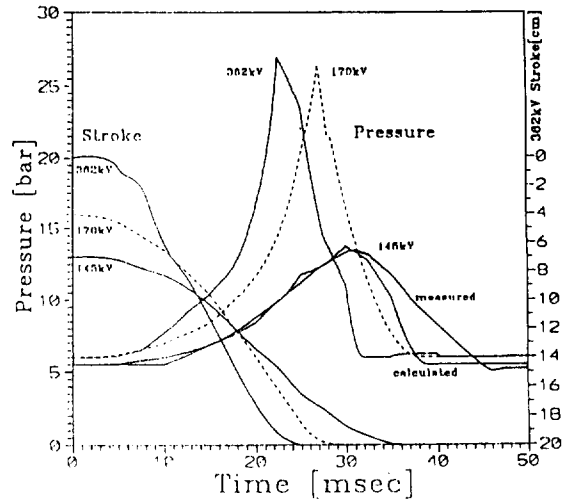


그림 7. 초고압급 차단부 실린더의 압력상승

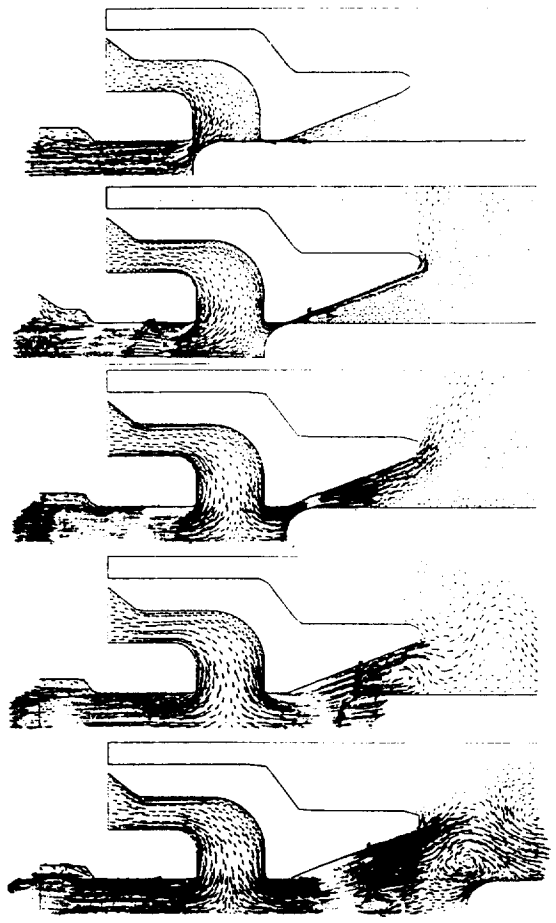


그림 8. 초고압급 차단부내의 가스속도의 분포

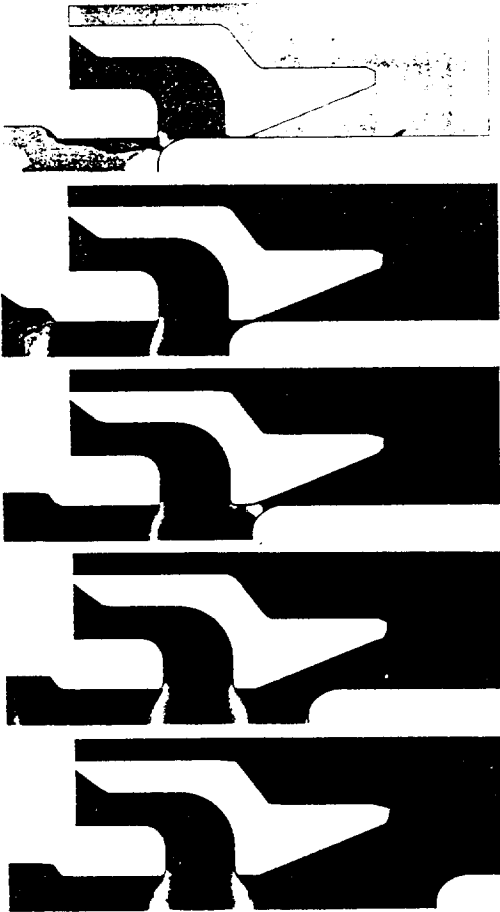


그림 9. 초고압급 차단부내의 가스밀도의 분포

여기서 I 는 비내부에너지, u 는 가스속도, q 는 인위적 점성항, ρ 는 밀도, P 는 압력, t 는 시간, γ 는 비열비를 나타낸다.

그림 7는 초고압급 차단부의 파괴실린더 내부의 압력상승계산, 그림 8는 소호부내의 가스속도의 분포, 그림 9는 소호부내의 가스밀도의 분포에 대한 예를 나타내고 있다. 소호부의 형상설계를 위해 접점 및 노즐을 포함한 전체 소호부에 대해 접촉상태에서 개극완료까지 각각의 스트로크위치에서 유동해석을 행하고 있다.

차단부의 아크해석을 위해 FLIC Method를 이용한 유동해석 프로그램에 아크를 단순 모델링해 결합시킨 프로그램과, Differential Method를 사용해 영전류영역의 아크특성의 변화를 추정할 수 있는 프로그램과, Integral Method를 사용해 대전류영역의 차단특성을 볼 수 있는 프로그램을 자체개발하였으나, 아직 실제 차단현상과는 다소 거리가 있어 보완작업을 진행하고 있으며, 차단부의 설계에 간접적으로 이용하고 있다.

이런 과정을 거쳐 기본설계를 확정하고 제작에 들어간 800kV 모델차단부가 그림 10에 나타나 있다. 차기년도에는 이 차단부를 사용해 소호부의 부품을 교체해 가면서 고전압 절연내력시험과 SLF, BTF, 진상소전류 등 대전력차단시험과 단시간 및 온도상승시험을 실시하여 절연·차단·통전설계에

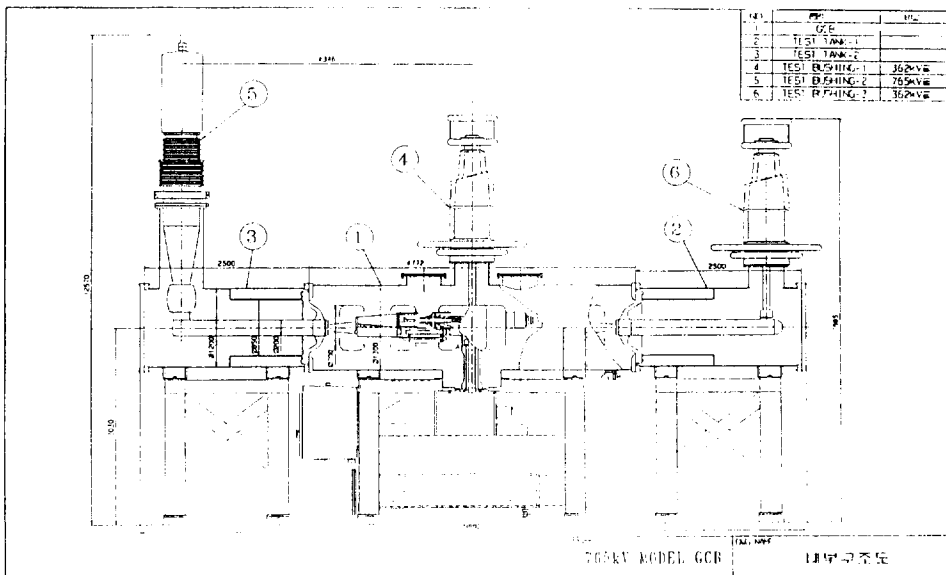


그림 10. 800kV 모델차단부

대한 검증 및 개선을 행하는 과정을 거쳐 최종개발 목표인 800kV GIS용 차단부를 개발하고자 한다.

3.4 결론

급변의 설계과정 및 성능검증과정을 통하여 확인 할 수 있었던 것은 차단부의 설계에 기초적이고 기본적으로 필요한 실험적 및 전산적 데이터가 절대적으로 부족한 실정이며, 이런 데이터를 산출할 수 있는 실험설비는 전무하고 해석도구도 일부 전자계 해석용 프로그램을 제외하고는 거의 활용되지 못하고 있는 실정이다.

따라서 아크플라즈마현상, 열류를 포함한 가스유동현상 등을 규명할 수 있는 기초적 실험 및 수학적 모델링 연구, 절연·차단·통전·구조설계에 대한 성능을 간이적으로 검증할 수 있는 간이성능검증 실험 및 전산해석 연구에 대한 과감하고 지속적인 연구개발비를 투자하고, 우수한 기술 및 연구 전문인력의 양성과 저변확대를 시급히 추진하여, 자체 설계 및 연구개발 능력을 배양함으로써 차단기 분야를 국제경쟁력이 있는 주요 중전기 품목으로 육성하여야 한다.

4. 기타 기기 개발

4.1 765kV 분로 리액타 개발

765kV 송전선의 대지 정전 용량은 철탑의 대형화, 운전전압의 높음으로 인해 충전전류가 대단히 크다. 이는 장거리 선로의 경우 경부하시 수전단 전압의 상승을 초래하여 전압을 규정된 범위로 유지하기 힘들게 된다. 이러한 선로 충전용량을 보상하기 위해 분로 리액타를 설치하게 되며 통상 70~80%를 보상할 수 있도록 리액타 용량을 선정한다. 100km 송전선의 경우 대략 50MVar의 리액타를 선로 양단에 설치하게 되며 한전의 장차 765kV 제통은 비교적 단거리 송전선이고 과전압 문제가 적어 그 필요성 여부는 아직 결정되지 않았다. 그러나 관련기술축적을 위해 1994년도에 현대중공업(주)이 주관하고 효성중공업(주)가 참여하는 765kV 분로 리액타 개발연구가 착수되어 진행중에 있다.

4.2 765kV GIS용 단로기 개발

무부하 송전선이나 변전소 모선을 개방, 투입할

때 사용되는 단로기는 구조상 동작속도가 느리므로 조작시 수많은 재점호가 발생하게 된다. 이때 진동성 과전압이 발생되며 이는 최대 2.5 p.u. 정도 크기로서 수 MHz의 고주파 성분을 가지며 통상 VFTO(Very Fast Transient Overvoltage : 급준파 과도전압)과 일컬어 진다. 아직까지 그 시험 및 동작책무에 관한 표준과형등의 국제규격이 제정되지 않고 있으며 현재 검토중에 있다. 일본 1000kV 계통용으로 개발한 단로기는 주점점과 병렬로 500ohm의 저항이 연결되어 단로기 서-지를 3.0 p.u.에서 1.3 p.u. 수준으로 억제하고 있다. 한전 기술 연구원에서도 765kV급에 대한 발생특성 및 설계 Data를 얻기위해 한국전기연구소 및 제작업체와 공동으로 모델제작, 서-지 발생 특성시험, 저감 대책 등의 연구를 진행중이다.

5. 맺음말

현재 개발중인 765kV 관련기기들은 국내에서 최초로 우리 자체기술로 설계·제작된다는 점에서 그 의의가 크다. 설계단계에서 필요한 기초기술 즉 기특성 해석 기술 적용과 엄격한 시험을 실시하여 실사용에 문제점이 없도록 기술개발에 적극 노력하고 있다. 그러나 혹시 초고압 대응량화에 따른 새로운 예기치 않은 문제점의 발생은 국산화 개발의 의욕을 저하시킬 우려가 있다. 이에 대비하여 그 내구성을 확인하기 위한 장기과전 시험등을 통해 운전 특성 열화등을 점검해볼 필요가 있을 것으로 사료된다.

선진국 전력회사에서도 변압기의 경우 초기 제품들은 운전중 발생한 고장으로 공급 정지시간이 345kV에 비해 월등히 높았으며 특히 GIS는 그 운전경험이 많지 않아 더욱 내구성 시험의 필요성이 있다할 것이다. 만에 하나 국산 제품으로서 최초로 제작된 제품에서 취약점이 발견된다면 그 미비점을 규격을 보완하고 품질관리를 강화함으로써 적기에 해결하므로써 다가오는 2000년대 765kV 송전시대에 완벽을 기할수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

[1] G.A. Baril et al, "The Reliability Perform-

- ance of the 735kV Transformers of Hydro-Quebec”, 13차 COPIMERA, Mexico City, Oct 1991.
- [2] L.B. Wagenaar et al, “Rationale and Implementation of a New 765kV Generator Step-up Transformer Specification”, CIGRE 1990 Session paper 12-202.
- [3] C. Kroon, “Larger Generator Transformers”, CIGRE 1990 Session Paper 12-208
- [4] 신영준, “배전급 가스차단기의 연구개발 동향,” 한국電機공업진흥회, 電機工業, 3월 /1994, pp 26-39
- [5] 中本哲哉, 高木弘和, 三宅信之, “ガス遮断器の最新技術- 550kV 一点切り,” OHM, 93/8, 1993, pp 91-95
- [6] 明電舎, “ガス絶縁 變電技術 特輯,” 明電時報, 通卷 232號, No. 5, 1993
- [7] E. Schade and K. Ragaller, “Dielectric Recovery of an Axially Blown SF6-Arc after Current Zero, Part I,” IEEE Trans. on Plasma Science, Vol. 10, 1982
- [8] N. Ukeguchi, H. Sakata and T. Adachi, “On the Numerical Analysis of Compressible Flow Problems by the Modified FLIC Method,” Computers and Fluids, Vol. 8, Pergamon Press Ltd. 1980, pp 251-263
- [9] 박경엽, “국내외 초고압 GCB /GIS의 연구개발 동향,” 한국電機공업진흥회, 電機工業, 12월 1993, pp 22-31
- [10] Richard A.Gentry, Robert E.Martin, and Bart J.Daly, “An Eulerian Differencing Method for Unsteady Compressible Flow

Problems”, J. COMPT. Phys., 1, P87-118, 1966.

- [11] “노철웅”. 765kV급 전력기기의 기술개발동향, “한국전기공 업진흥회, 전기공업, 3월 /1992, PP 24-35.



정상진(丁尙鎭)

1949년 11월 8일생. 1972년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1984년 영국 맨체스터 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1991년 전기기술사(발송배전). 현재 한전기술연구원 책임연구원



노철웅(盧哲雄)

1944년 9월 10일생. 1970년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1969년 한영공업(주) 입사. 현재 효성중공업(주) 중전사업부 이사 및 기술연구소 분소장.



신영준(愼英俊)

1955년 7월 3일생. 1979년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1982년 UNION COLLEGE at SCH-ENECTADY 전기공학과 졸업(석사). 1987년 미국 RPI 전력 공학과 졸업(공학박사). 현재 한국전기연구소 개폐장치 연구팀장.