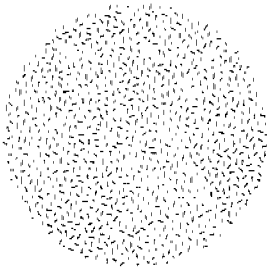


가스遮斷器 및 가스 絶緣 開閉裝置의 開發과 輸出 展望

Development and Prospective
Export of Gas Circuit Breaker
and Gas Insulated Switchgear



金 德 秀

暁星重工業 技術開發室

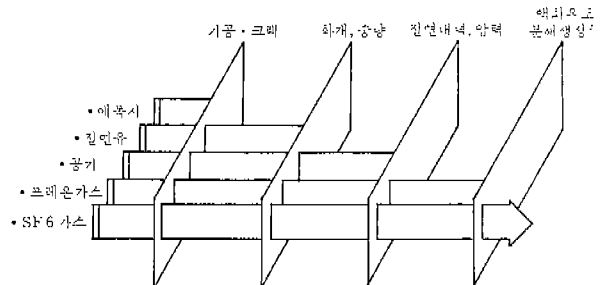
1. 緒 論

현대의 변전설비는 대규모의 화력, 원자력발전소 건설과 송전 전압의 초고압화에 따라 회선당의 송전용량이 증가하게 되어 전력 손실을 줄이고 전력비를 저렴하게 하였지만 계통운영의 원활과 송전안정도를 향상시키기 위해서 고신뢰도의 초고압, 대전류를 차단할 수 있는 차단기가 필요하게 되었고, 부하가 도심지에 집중됨에 따라서 불연성, 안정성, 무공해 기기가 필요하게 되어 이런점에서 우수한 가스차단기 및 가스절연 개폐장치가 개발되어 많이 사용되고 있다. SF₆ 가스의 절연특성은 그림1과 같으며 기중절연과 가스절연의 차이는 표1과 같다.

2. 開發 歷史

가스 차단기는 1950년대에 미국의 W.H사가 할로젠족 가스의 일종인 SF₆ 가스가 절연성능이 우수하고 소호특성이 양호한 점에 착안하여 특허를 얻어 제작한 것이 시초이다. 1960년대 중반경 W.H사의 특허가 끝나면서 많은 제작사들이 SF₆ 가스의 우수성과 500kV급 이상의 초고압 승압에 대비하고 종래 초고압 차단기인 ABB의 단점인 큰 소음을 줄일 수 있다는 이점 때문에 개발을 하게 되었다.

가스 차단기는 차단방식에 따라서는 단일압력식(Puffer식)과 2중압력식으로 대별할 수 있는데 단일압력식은 동일압력(5~7 kg/cm²·G)으로서 도전부의 절연을 행하면서 풀무식(Puffer식)으로 가스를 불어내어 전류를 차단하는 구조이고 2중압력식은 도전부의 절연을 위한 가스압력은 저압(5~7 kg/cm²·G)으로 단일압력식과 같으나 아크를 소호할 때는 고압(약50kg/cm²·G)으로 아크를 불어 주는



(그림-1) 각종 절연물의 특성

〈표 - 1〉 기중절연, 가스절연 방식의 비교

	기중절연 방식	가스절연 방식
절연설계	<ol style="list-style-type: none"> 1. 절연은 gap의 크기에 좌우된다. 2. 절연거리를 설계의 주안점으로 둔다. 3. 기상조건을 고려해야 한다. 4. 주로 정극성 임펄스 절연특성을 대상으로 한다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 전극형상과 가스압에 따라 좌우된다. 2. 전계의 평등화에 주안점을 둔다. 3. 기상조건을 고려할 필요가 없다. 4. 주로 부극성 임펄스 절연특성을 대상으로 한다.
불꽃방전특성	<ol style="list-style-type: none"> 1. 평동전계의 특성에 가깝다. 2. gap의 길이에 비해 한다. 3. 전극재료 및 표면상태에 관계없다. 4. 대기변화 및 오손의 영향을 받는다. 5. 전압과 시간 특성의 초기경사가 크다. 6. 지에어의 불꽃방전 특성을 고려해야 한다. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 최대전계의 특성에 가깝다. 2. gap의 길이에 대하여 포화의 성질이 현저하다. 3. 전극재료 및 표면상태에 의한 영향이 있다. 4. 외기의 조건에 영향을 받지 않는다. 5. 전압과 시간 특성이 평탄하다. 6. Epoxy절연물(Spacer등)에 대하여 불꽃방전 특성을 고려해야 한다.

구조이다. 초기에는 2중압력식이 주로 개발되었지만 2중압력식은 고압의 가스가 필요함에 따라 각 차단기에 부착되는 고압가스용 Compressor를 장치해야 하고, 소호용 가스의 조작변, 동작장치 등이 필요함에 따라 기기구조가 복잡하여지고, 또한 고압의 가스가 액화되는 것을 방지하기 위해 전열기를 두어야 한다는 단점 때문에 현재에는 64kA 이상의 대전류용으로만 주로 개발되어지고 있으며 64kA까지는 단일압력형의 차단기가 개발되고 있다.

가스절연 개폐장치는 종래에 도전부가 노출되어 별도로 설치되던 차단기, 단로기, 모선, MOF, 계기용 변압기, 피뢰기등, 즉, 변전소에서 변압기를 제외한 전 기기를 접지된 중공원통속에 내장시킨 축소형 변전소로서, 많은 제작자들이 다음과 같은 장점 때문에 개발하고 있다.

가스絶緣 開閉裝置의 長點

- 설치공간의 축소 : 종래 기중절연 변전소에 비해 설치공간을 15분의 1 ~ 20분의 1 까지 축소가 가능함.
 - 고도의 안정성 : 접지된 중공원통속에 도전부가 내장되어 있으므로 감전의 위험이 없고 절연물이 불연성임.
 - 고도의 신뢰성 : 도전부가 노출되어 있지 않기에 먼지에 염해, 오손, 기후낙뢰등의 외부영향을 받지 않음
 - 보수 및 점검용이 : 절연불, 접촉자가 안정성이 높은 SF₆ 가스중에 배치되어 있으므로 모선, 단로기등의 보수가 필요없으며 차단기도 5 ~ 6년에 1회 정도의 보수 및 점검으로 충분함
 - 운전소음이 작다 : 밀폐형 구조이므로 동작음이 작으며 전파장애가 없음
- 가스절연 개폐장치는 상분리형과 3상일괄형으로 분류되는데, 종래에는 상분리형이 대부분이었으나 더욱 축소화시키기 위한 목적으로 230kV까지는 3상일괄형이 개발되고 있다.

3. 國內 開發 現況

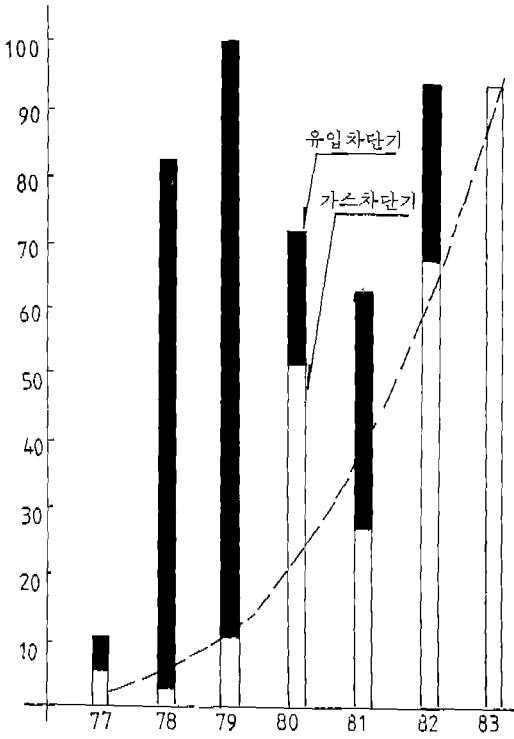
국내에서의 가스 차단기 개발은 송변전 계통의 대용량화, 초고압화에 수반하여 전력용 차단기의 수요가 늘어남에 따라 효성중공업(주)를 비롯한, 국내 중전기 제조업체에서 1976년도부터 시작하였지만 다음표 2에서 보듯이 차단기 자체개발은 전기, 기계, 금속, 화학, 공학등의 관련되는 기초학문이 광범위하고 축적된 기술이 전무하여 불가능 하였으므로, 선진 외국의 기술을 도입하여 개발에 착수하게 되었다. 이 이전에는 중, 소 제작자들이 24kV급 이하의 유입차단기를 제작하였지만 대부분 성능 시험을 거치지 않은 모방제품에 불과했다.

처음 국내에서 개발된 가스 차단기는 170kV급 31.5kA Puffer형으로서 접지 탱크형이었다. 접지 탱크형은 같은 Puffer구조인 Live 탱크형에 비하여 부품을 국산화하기 용이하므로, 접지 탱크형 가스 차단기를 중전기 업체(효성중공업, 금성계전)들이 초기에 선택하여 개발하였다.

그후 몇몇 업체에 Live형 가스 차단기를 선택, 제작하게 되었지만, 부품을 전부 도입 조립만 하는 정도의 단계였으며 납품된 수량은 소량이었다.

(표-2) 계통과 연관되는 차단기의 특성

개발경향	관련항목	성능	부품	구성재료	관련학문	
• 대용량	정격전류 단락전류	통전성능	접촉자	도전재료	① 회로 이론 ② 프라즈마 이론 ③ 고전압 공학 ④ 과도현상 이론 ⑤ 화학, 재료처리 및 정제 ⑥ 유체역학 ⑦ 기계역학 ⑧ 기계가공학 ⑨ 진동공학 ⑩ 열역학 ⑪ 금속공학	
			도전부	비자성재료 내아크재료		
• 고신뢰성	재기전압 차단시간 고속도 재폐로	차단성능	Enclosing	소호실		내아크재료 소호재료 절연재료
• 초고압화	개폐서지	소전류개폐성능	조조작성능	절연물		무기, 유기재료
• 기타(코로나, 소음, 내진, 진동, 오손)						

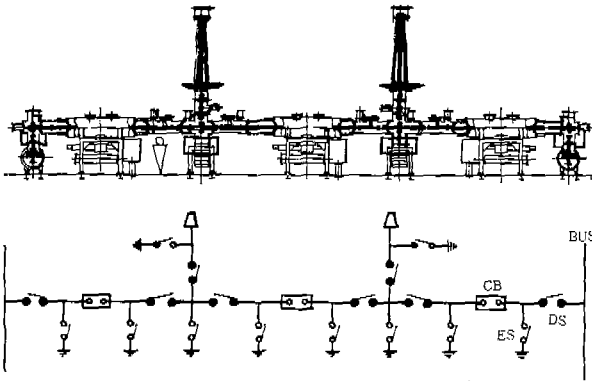


(그림-2) 154kV 급이상 차단기 국내 생산실적(HICO)

가스 차단기의 개발은 78년의 170kV 31.5kA 개발을 필두로 362kV 40kA급까지 개발하게 되었고, 국내에서도 초고압 변전소의 대형화에 따라 토지 구

입과 용지난으로 종래형 변전소의 건설이 어려워지게 되고, 보수성능의 향상을 위한 신뢰성향상에 대처하여 77년도부터 가스절연 개폐장치 개발에 착수하여 80년에 170kV급 가스절연 개폐장치의 국산화 개발을 완료하게 되었으며, 80년도부터 170kV 가스절연 개폐장치 및 362kV 가스 차단기의 제작기술을 바탕으로 83년, 국내 설비인 한국전기통신 연구소, 창원본소의 단락시험 설비를 이용하여 4개월간이란 장기간의 시험을 행하여 362kV 가스절연 개폐장치의 개발시험을 완료하게 되어 국내의 초고압 가스 차단기 부분의 제조기술이 선진국 대열에 들게 되었다. 83년 개발시험 완료한 362kV 40kA 가스절연 개폐장치의 구조는 그림3과 같으며, 이 기기의 개발시험은 국내설비로서 단락시험을 합성시험(전압원과 전류원을 별도 공급하는 시험방법)으로 처음 실시하는 시험항목이 많아 초고압에서의 과도 현상적인 문제로 고심도 많았지만 한국 전기통신 연구소 창원본소 단락시험팀의 노력으로 국제규격인 IEC에 따른 시험을 완료하여 그 성능을 인정받게 되었다. 또한 외국에서는 합성시험을 본 체도에 올리기 까지는 2년이상이 소요되었지만 단 1년내에 본 체도로 올려지게 되었다.

차단기의 개발은 이론적인 학문을 기초로 하여 통전, 조작, 절연, 단락, 소전류 차단시험등에 의한 자료적산에 의하여 개발이 가능하며, 또한 재료공



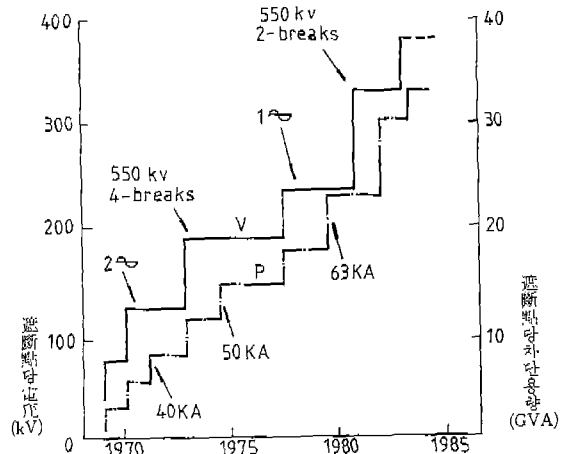
〈그림 - 3〉 362kV 가스절연 개폐장치 단선도 및 구조도

학이 이의 뒷받침을 하여야만 개발이 가능하다. 이러한 관점에서 분석하면 외국에서는 이 부분에 종사하는 학계 및 연구소등의 전문인이 많으나 국내에서는 거의 없으며, 단락 시험설비를 갖추지 못하여 82년까지는 순수 개발을 위한 요구시험을 할 수가 없었으며, 재료공학이 발달하지 못하여 국내 자체개발이 부진되었다. 83년 포순 한국 전기통신 연구소의 단락 시험설비가 완공되어 시험은 가능하게 되었지만, 시험설비가 고가인만큼 시험비가 비싸므로 자료적산을 하기위한 연구시험이 어려운 점이 있다.

현재까지의 차단기 개발상황을 검토하여 보면 기술은 각사가 기술계후선의 기술을 도입 개발을 행하지만, 기술부문이 너무나 방대하고, 제작상의 난이점, 기초소재의 국산대체 불가능, 제작 단위수량의 소량등으로 인하여 국산화 실적이 60~70%정도이며 제작사들은 이를 극복하기 위하여 전용기기의 개발, 연구활동등으로 기초소재 개발 부품의 표준화등을 추구하고 있다. 하지만 외국의 차단기 제조사들은 자가단락설비를 갖추고 있어 부분별 시험을 실시하여 자료를 쉽게 적산 응용할 수 있는 반면에 국내에는 그러하지 못하여 신제품 개발시 투입경비가 과도하게 되는 문제점을 안고 있는 실정이다.

4. 開發 傾向

외국의 가스 차단기 및 가스절연 개폐장치의 개발경향은 제품의 원가절감, 축소화 및 신뢰성 향상에 중점을 두고 연구하고 있으며 국내에서도 이에 관심을 갖고 연구 노력하고 있다.



〈그림 - 4〉 일본의 가스차단기 개발 상황표

(1) 차단기 부문의 개발경향

- 1) 차단시각의 단축 : 2 Cycle 및 1 Cycle 차단 개발
- 2) 차단점수의 저감 :
362kV 급까지 상당 1 차단점
550kV 급까지 상당 2 차단점
- 3) 보수의 효율화 : 외부 진단기술 및 예방 보전 기술개발
- 4) 3 상일괄화 : 230kV 급까지 3 상일괄화

(2) 가스절연 개폐장치 부문의 개발경향

- 1) 모선길이의 단축 및 용기수량 저감
 - 가) 대용량 모선의 3 상일괄화
 - 나) 전 가스절연 개폐장치의 3 상일괄화
 - 다) 배치방법 개선에 의한 Bus길이의 저감
- 2) 기기의 소형화, 경량화
 - 가) 차단점수의 저감
 - 나) 산화아연 피뢰 채용에 의한 BIL(절연 Level)의 저감
 - 다) 가스압의 Review
- 3) 재료비의 절감
 - 가) 자기 차폐막에 의한 대용량 모선의 강제사용
 - 나) Post 형 절연지지물의 채용
 - 다) 저충화에 의한 가대의 간소화

4) 절연 Level의 개선

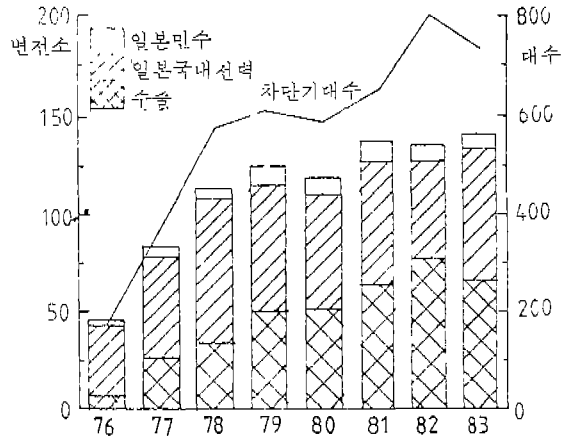
- 가) 산화아연 피뢰기에 의한 절연협조 개선
- 나) 절연 Coating에 의한 금속Particle의 이동 억제

- 5) 신뢰성 향상을 위한 무보수화
 - 가) 외부 진단기술의 개발
 - 나) 예방보전 System 구축

5. 輸出 展望

우리들의 수출 대상국인 중동, 동남아, 아프리카의 계통전압은 주로 110~132kV 급과 242kV 급으로서, 국내에서 사용하고 있는 170kV, 362kV와는 상이하므로 수출을 하기 위한 수출용 차단기를 개발하여야 하나, 개발 비용의 과다 투입, 시험설비의 미비, 개발능력의 부족 등으로 개발이 지연되어, 현단계로서는 차단기 자체를 수출한다는 것은 어려운 실정에 있다. 한국 전기통신 연구소 단락시험설비의 준공과 더불어 업계에서는 수출전용 차단기의 자체개발에 주력을 하고 있어, 기초소재 산업의 뒷받침이 이루어 진다면 86년부터는 전망이 밝다. 하지만 근래의 외국의 발주형태는 기술 용역회사가 추천하는 나라의 제품을 선호하고, Plant 일괄발주형식으로 발주를 하고 있어 이 문제점 또한 극복하기 위한 노력이 필요하다.

여기서 일본의 경우를 예를 들어 수출현황을 분석하여 보면 일본의 경우, 차단기 수출물량은 적으나 가스절연 개폐장치의 수출물량은 일본 국내 판매량과 비슷한 상태로 제조업체는 생산량의 50%정도를 수출하고 있으며, 일본의 수출 상대국을 분석하여 보면 중동과 동남아에 편중되고 있다.



(그림-5) 일본 110kV 이상 가스절연 개폐장치 생산실적

이상에서 기술한 것을 정리하면 현 단계에서의 차단기 및 절연 개폐장치의 수출은 어렵지만 업계에서 수출 전용기기의 개발에 주력하고 있으므로 다음 사항에 유의한다면 86년경에는 수출전망이 밝다고 본다.

- 1) 국내 제작 부가가치가 높은 가스절연 개폐장치를 수출 주종으로 개발한다.
- 2) Plant 일괄 수주 활동을 관련회사가 단합하여 행한다.
- 3) 동남아, 중동 및 아프리카에 국내제품의 홍보 활동을 적극적으로 벌여 국내제품의 인식을 높게 한다.

• 토막常識 •

— 規程과 規定의 區別 —

「規程」과 「規定」은 그 어느 것도 사람이 따른다는 것을 가르키고 있다는 점에서는 같으나 어디에 다른 점이 있는지? 예로 辭典에는

「規定」: ① 作成에 해놓은 標準, 規則 ② [法] 法令의 條文으로서 定해 놓음

「規程」: ① 條目을 나누어 作成해 놓은 標準 ② 사람의 行動의 準則이 되는 規則 ③ [法] 國家機關의 内部에 있어서 事務執行上의 準則이라고 되어 있다. 이를 보면 兩者는 完全히 같은뜻으로 사용되는 경우도 있는데 지난날에는 法令內에 있어서도 서로 混同하여 使用된 例가 없지 않다.

그러나 오늘날에는 어떠한 必要事項을 定하는 것을 「規定한다」라고 動詞로서 使用하며 그리고 定해진 個個

의 條項을 가르키는 경우에 「規程」을 使用하고 있다.

예로 「第〇〇條에 規定한다……」라든가 「第〇〇條 第〇〇項의 規定에 準하여……」 등에 있다. 한편 「規程」은, 어느 11的을 갖고 規定된 條項의 集合體를 나타내는 경우, 또는 그 具體的 表題로서 使用되고 있는데 「電力設備의 保安規程의 作成」 「內線規程」 등이 그러한 例이다. 그러나 어느 法律家에 문의한즉 오늘날 法律上에서는 具體的인 表題를 말하는 경우는 別途로 하고 一般的으로 「規程」이라고 말하는 경우는 「規定」과 明確하게 區別하는 뜻으로 「規則」이라고 말하는 것이다.

그리고 「規則」이라함은 一般的으로 規定, 規程과 같이 사람이 따른다는 것과 事物에 대해 定하는 것을 가리키는 말이다. 예로 「電力事業法 施行規則」 등이 있다.