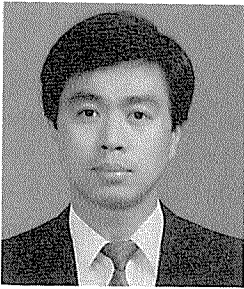


# 일본의 차단기 기술 국산화 역사



한국전기연구소  
기술정보실  
황계영

## 1. 序 論

차단기는 전력계통에 있어서 개폐기의 역할을 다하는 기기의 하나이다. 전력계통의 발전과 함께 차단기에 부과되는 책무도 변천하여 초기의 것에서 현재까지 전압 및 절연레벨, 통전전류, 차단전류(차단용량), 동작책무, 소호부의 극간 걸리는 재기전압가속도 등이 진전하고 있다. 차단기에서 특징적인 것은 전류를 차단할때 발생하는 아-크를 차단하는 소호매체가 지금까지 변천하여 온 것이다. 이 가운데 고전압 계통에서 사용된 차단기는 유입차단기, 공기차단기, SF<sub>6</sub>차단기로 변천하여 왔으며, 표 1은 일본의 차단기 변천 역사를 나타낸 것이다.

여기에서는 72kV급 이상 전력계통에서 사용된 유입차단기, 공기차단기, SF<sub>6</sub>차단기의 변천 역사를 기술하여 일본의 차단기 역사를 알아보고자 한다.

## 2. 유입차단기(OCB)

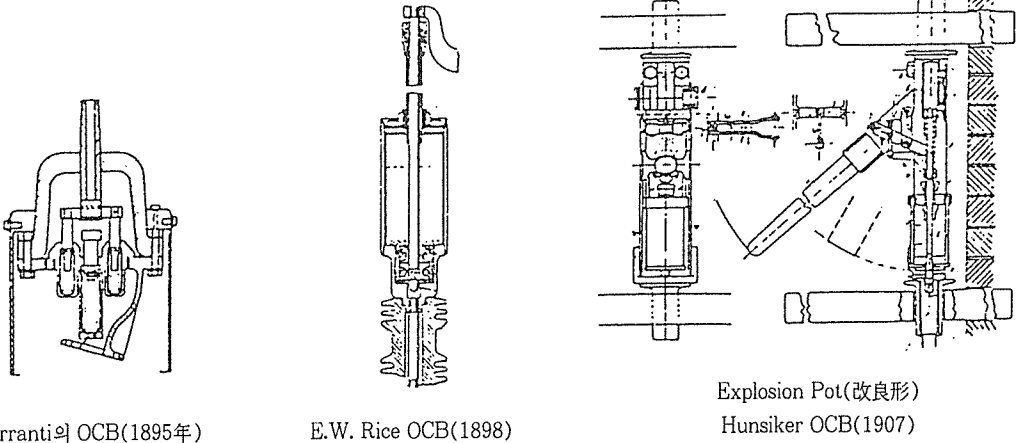
### 2.1 창조기의 차단기

유입차단기는 1893년 미국에서 개발되었지만 최초로 제작한 것은 영국의 Ferranti로 전하여지고 있다. 또한 1898년에는 E.W.Rice에 의하여 유입차단

기가 제작되어, 이것을 기본으로 한 차단기가 발달하였다. 1897~1898년에 유럽에서는 Charles Brown이 다중차단점형의 14kV유입차단기를 제작 송전사업의 발전과 함께 고압, 대용량의 것이 제작되기 시작하였다.

그러나 당초의 소호부는 竝切形 또는 이것을 개

량한 조절형이 있었다. 1907년에는 미국의 Hunsiker에 의해 초기의 소호실이 발명되었다. 이것은 Explosion Pot로 1910년에는 소호실부착 유입차단기가 제작되게 되었다. 그후 1916년 독일의 AEG에 의하여 초기의 소호실부착 유입차단기가 실용화되었다.



Ferranti의 OCB(1895年)

E.W. Rice OCB(1898)

Explosion Pot(改良形)  
Hunsiker OCB(1907)

〈그림-1〉 초기 OCB 소호부의 예

일본의 유입차단기(이하 OCB)에 대하여는 1911년경으로 히다치에서 3.3kV 제품이 생산되었으며 그후 1913년에는 66kV OCB를 제품화하였다.

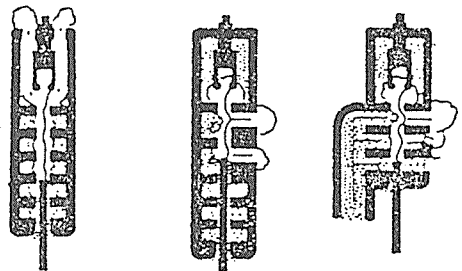
도시바는 1910년이후 미국 GE사와 기술제휴를 통하여 OCB를 개발하였다. 또한 그 이후 미쓰비시도 WH사의 기술제휴를 받아 제품화를 시행하였다. 그 당시 일본의 전력기기는 주로 미국 및 독일의 것이 사용되었지만, 1923년 관동대지진 이후 일본 자국의 제품이 많이 사용되었다.

## 2.2 소호실의 개발과 OCB의 발전

1928년 J.Slepian(WH사)에 관한 교류소호이론은 당시의 소호현상을 이해하는데 큰 영향을 미쳤다. 이를 계기로 각국에서 소호문제에의 연구와 동시에 소호실의 개발이 적극적으로 수행되었고, 차단 성능의 확인을 위하여 단락시험설비의 건설도 잇달아 건설되었다. 그 결과 SIEMENS사의 膨脹消弧室(1929년), WH사의 Deiongrid(1930), GE사의 油衝消弧室(1930年) 등이 발표되었다.

일본에서는 히다찌가 1935년 50MVA용량의 시

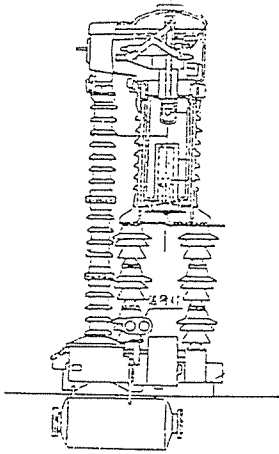
험설비를 만들어 차단기시험체제를 정비 소호실개발을 하였다. 1937년에는 制弧室로 칭하는 소호실을 대비한 차단기를 제작하여 주목 되었으며, 도시바는 GE사, 미쓰비시사는 WH사의 소호실 기술을 기초로하여 기술개발을 하여 제품개발에 진전하였다.



〈그림-2〉 OCB 소호방식의 예

이렇게 소호실의 실용화와 개량에 의해 차단기의 성능은 현저하게 개선되었다. 그 결과 그후 송전전력의 증가와 함께 송전조건의 요구에서 발생하는 차단용량

은 물론 차단시간 및 고장시간의 단축, 고속도 투입을 가능하게 하였다. 차단시간은 1930년에 8Cycle, 1936년에는 3Cycle, 여기서 고속도재투입차단기도 실용화 되었다. 또한 소유량형차단기(애자형 등)으로의 발전가능성을 가져 왔으며, OCB는 대유량형과 소유량형(애자형)의 2가지로 발달을 하였다.



(그림-3) 제호형 차단기 구조

또한 1924년에 만든 JEC-17를 대신하여 1936년에는 일본공예위원회에서 차단기규격의 조사를 시작하여 JEC-57호를 제정하였으며 1939년에는 JEC-57호 규격안을 기반으로 161kV차단기의 단락시험이 행하여지게 되었다.

### 2.3 애자형차단기의 발달(제2차대전 전)

최초의 소유량형차단기는 1925년 프랑스의 FAC (Forges et Ateliers de Construction Electriques do Jeumont)사에서 제작되었지만 소호실이 없는 것이었다. 그 후 독일에서 개발되어 제품화가 진전되고, 일본에서도 SIEMENS사의 제품을 수입하여 사용하였다.

SIEMENS사의 팽창차단기가 최초로 일본에 들어온 시기는 1928년으로 3kV용이며 그 후 애자형차단기에서의 차단시험이 공개되어 많은 관심을 갖게 되었다. 1930년 미쓰비시가 SIEMENS사와 기술제휴를 하여 국내에 도입하였고 35kV부터 70kV급을 제작하였으며, 1934년에는 230kV 800A 3500MVA급의 기록적인 제품을 제작하였다. 1935년경 일본이

한국의 개발에 따른 수요의 증가등으로 각사에서는 애자형차단기의 개발에 주력하였다. 이 결과 1939년부터 1941년에 걸쳐 70kV~161kV급이 잇달아 제품화됨과 아울러 230kV급으로 확대하여 제품화가 이루어졌다.

이러한 차단기의 소호실은 각기 히다제의 소호실, WH사 기술을 기초로한 Deiongrid소호실, GE기술을 기초로한 Oil Blast소호실 등이 사용되어졌지만, 소유량으로 사용할 수 있는 것으로 저마다 개선하려고 노력하였다. 개발도중에는 폭발을 경험하기도 하였는데, 이와 같은 경험을 근거로 삼아 각사들은 독자적으로 개선을 진행하였다.

### 2.4 고전압대용량화(제2차대전 후)

전쟁 종전후 물자의 심각한 부족을 가져온 일본은 1949~1950년경부터 부흥의 박차를 가하면서 산업계의 활황으로 전력수요의 신장을 가져왔으며, 이에 따라 전원개발에 박차를 가하면서 충전전력차단에 대한 연구가 재개되고, 無再点孤OCB에서 他力要素를 부가한 소호실개발이 적극적으로 성행하고 무부하선로차단시험도 빈번이 실시되었다. 또한 고속도 투입 방식, 개폐서어지의 연구 및 고속투입방식의 연구가 시작되었다.

1950년도에는 전력기술연구소를 중심으로 일본에서는 처음으로 실계통을 사용한 161kV의 대규모 단락차단시험이 실시되고 각사의 애자형 차단기의 검증이 행하여졌다. 1952년 275kV급 송전이 시작되면서 초고압계통을 축으로한 계통의 확대에 의거 차단기의 차단용량은 중대하고, 차단시간의 단축, 고속재투입 등 고도의 성능이 요구되게 되었다. 이에 따라 287.5kV, 5000MVA, 3Cycle 차단기가 요구되어 각사는 제작하였다.

전력계통의 요청으로 대용량화가 필요하게 되어 戰後 미국과의 기술제휴를 재개하여 탱크형OCB도 전망되었다. 특히 차단용량의 증가로 차단전류가 25kA, 31.5kA, 40kA로 증대하여 사용되고 소호실의 소호성능의 향상, 소호시의 아-크에너지 처리에 견디는 기계강도의 증가 등의 개발이 진행되었지만, 대용량 차단용에서는 탱크형이 많이 채용되게 되었다. 1955년에 진입하여 공기차단기가 도입되었지만 OCB의 사용 확대가 계속되어 300kV에서는 15000MVA까지 대용량화되어 1970년대 초반까지 주력기종으로 해외 수출도 많이 하였다.

### 3. 공기차단기(ABB)

#### 3.1 해외에서의 발달 현황

1992년경부터 BBC사와 AEG사에서 공기차단기의 연구가 시작되었다. 1930년 AEG사의 Ruppel에 의하여 15kV軸流吹付形 공기차단기가 발표된 후 급속하게 이형의 공기차단기가 발전되었다. AEG사는 1931년 110kV, 1933년에는 220kV의 고압차단기를 제품화하였다. 이형은 2점차단으로 Free jet형으로 칭하고 차단부의 공기는 노즐에 의해 직접 대기중으로 방출되며, 차단부는 회전하여 단로동작을 하는 구조로 되어있다. 또한 BBC사는 1935년 6~60kV 옥내공기차단기를 제품화하였다. 한편 1937년에는 60kV, 1939년에는 220kV의 옥외용 공기차단기를 제품화하였다. 이형은 2탑 2점차단으로 단로부에 부착되어있지만, 그 후 1942년에는 1탑 8점차단 단로부를 제품화 하였다. 미국에서는 GE사 및 WH사가 1938년경에 공기차단기를 개발 제품화를 하였지만 실용화는 유럽에 비하여 역사가 뒤떨어진편 이었다.

제2차대전이후 공기차단기에 대한 기술개발은 계속 이루어져 스위스의 BBC사, 스웨덴의 ASEA를 비롯하여 유럽의 AEG, EEC, M&A사 등을 중심으로 기술개발이 전개되어 왔다.

#### 3.2 일본에서의 ABB의 발달

##### (1) 저압(10~36kV영역)차단기

일본에서는 공기차단기의 연구, 시제품제작은 제2차세계대전 이전부터 시작하였다. 예를 들어 히다찌에서 1939년에 11kV 600A 차단기를 시험제작 하였으며, 도시바에서도 항공기술연구소에서 기름이 없는 차단기의 요구를 받아 실용화를 위한 시제품 제작을 하였다. 그러나 각사의 본격적인 제품 제작 시작은 1950년대로 제품은 저압대용량의 Cross Blast 방식의 것이었다.

1953년 동경전력에서 24kV 400A 1000MVA의 차단기가 채용되면서 일본에서 공기차단기의 실용화가 시작되었으며, 히다찌, 도시바, 미쓰비시가 납입하였다. 미쓰비시는 WH사에서 기술도입을 하여 독자적으로 개량을 하였으며 히다찌와 도시바도 해외 기술을 참고하여 각각 독자적인 기술개발을 하였다.

##### (2) 고전압차단기

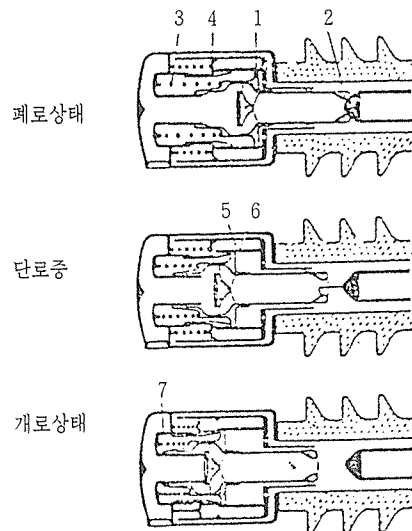
공기차단기는 10기압, 20기압의 높은 압력을 취급하므로 고압공기의 취급 및 공기누설에 대한 장기간의 신뢰성 등이 걱정이 되었지만, 변전소에서 공기차단기를 사용함으로써 이를 해소하였다.

1950년과 1951년에는 유럽의 고전압공기차단기의 정보가 입수되면서 일본으로의 진출이 시작되었으며, 1953년에는 BBC사가 중부전력에 납품한 것을 시초로 동경전력, 구주전력 등 전력회사에 잇달아 공기차단기의 수입계획을 입안하였다.

이에 대하여 일본에서는 도시바가 BBC의 기술을, 메이덴사는 AEG의 기술을 도입하여 같은 모양의 형식의 것을 제작 개시하였으며, 히다찌와 미쓰비시는 유럽식을 독자적으로 개발하였다.

도시바는 1953년 제일먼저 BBC와 기술제휴의 타진을 시작하고, 다음해 부터 기술제휴 교섭을 하였다.

기술도입후 Unit 소호실을 기초로 공통부분의 Unit 짝을 맞추고 34.5kV부터 287.5kV까지의 각 전압의 시리즈를 제품화하였다. 80.5kV급에서 정격차단용량은 병렬저항이 없는데서 1000MVA, 병렬저항이 있는데서 1500MVA 차단시간 0.06초 투입시간 0.08~0.11초로 15kg/cm<sup>2</sup> 압력의 압축공기 조작으로 한다.




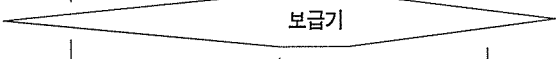
<그림 4> BBC 공기차단기호실(1탑2차단점)

논단 II

일본의 차단기 변천 역사

(a)

		~1945년대	1955년대	1965년대	1975년대	1985년대
계통전압 추이 [ ≡ ]		15kV	220/275kV	550kV		
차단용량 추이 [ — ]		(11kV~110kV) 100kV 7.5~100GVA급 (16~20kA)	300kV 150GVA급 31.5kA	300kV 20~25GVA급 (40~50kA)	550kV 38~60GVA급 (40~63kA)	
각 종 기 기 의  동 향	유입차단기 (OCB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>고전압화</li> <li>소호실은Bakelite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다중절 block 시스템 도입</li> <li>소호실의 소형화(FRP도입)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>생산축소</li> </ul>	
	공기차단기 (ABB)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ABB출현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고전압 ABB도입</li> <li>다중절체형구조 채용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2싸이클 차단기 출현</li> <li>압력용대에 의한 차단용량의 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>생산축소</li> </ul>	
	SF <sub>6</sub> 가스차단기 (GCB)		<ul style="list-style-type: none"> <li>GCB출현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(도입기)</li> <li>애자형 → 탱크형으로</li> <li>대용량차단기의 복압식 → 단압식으로</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>차단점수의 저감</li> <li>외부진단기술 적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>메인터너스후리화 진전</li> <li>예측보전기술의 개발</li> </ul>
	가스절연변전소 (GIS)			<ul style="list-style-type: none"> <li>GIS출현</li> <li>550kV GIS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3상일괄형 GIS</li> </ul>	

(b)					
	1945년대	1955년대	1965년대	1975년대	1985년대~
진공차단기 (GCB)			(도입기) · GCB 출현	 · OCB의 리프레 사용으로 보급 · 진공벨브의 성능향상	
자기차단기 (MBB)	 · MBB출현		(도입기) · 소형경량화 · 대용량화	· 아-크 시트의 성능화	· 생산축소
설 계		· SLF현상의 해명	· 해석기술의 진보 (개형계산기의 도입)	· CAD, CAE보급 · 해석기술의 고정도화 · 각종진단기술의 연구 활용 · 동적해석기술의 진보	· 해석기술의 향상
제 조	· 범용공작계의 사용 · 간단한 치구사용 · 기능자 기술에 의존	· 고정도 공작기계의 도입 · 치공구의 정비 · 공조실의 설치	· NC공작계의 도입 · 가스기기용 방제조립 실 설치	· 대형NC 공작기계의 도입 · 조립관리 충실 · 컴퓨터제어공작기의 도입 · 자동화·라인화	· 가공설비의 향상 · 조립관리의 강화
시 험	· 직접단락시험	· 합성단락시험	· 단락시험설비 증가 · 대형 가진기 설치 · 고전압시험설비 증가	· 탱크형 다점절차단기에 의해 전점합성단락 시험 · 초대형 가진기 설치 · 대형환경시험실 설치	· 디지털계측의 보급 · 데이터의 컴퓨터 처리 보급

(공기차단기 발전 요인)

분 류		차단기발전	계통요구	주변동향	주변동향축적기술 예
공 기 차 단 기	11kV급의 채용	11.5kV ACB→36kV급 소형대용량으로 275kV확대	지하변전소로의 적용 다빈도 개폐요구(공업, 전철)	• 기름없는 차단기 요망 방폭, 불연성, 경제 성	• 고압력기체, 봉입, 유체제어 • 소호실 Unit화
	유럽제품 수입	275kV ABB	대용량, 고속화		• 조작기구기술
	BBC, AEG방식 도입→국산화	7.5GVA→15GVA 2Cycle화	고전압화 무부하선로 차단성능	• 보수점검 간소화 크기 축소(OCB와 교환 가)	• 고압력 유체제어 • 내진설계기술
	→전개	550kV 50A ABB	재기전압가속도 대책 (근거리선로고장 등) 550kV송전개시	• 이상전압 방지 내진, 소음	• 저항차단 • 저항투입

3.3 공기차단기(ABB)의 진전

ABB는 일본에서도 1953년부터 1954년경까지 급격한 신장세를 보였지만 그 후 대용량화 조작의 고속화를 하여 소음에 대한 대책 향상, 내진성능의 향상 등의 개발이 진행되었다.

초고압 계통대용의 차단용량은 15GVA급 수준으로 1958년 동경전력 등에 287.5kV 2000A 15GVA가 납입되었다.

초고압 기간계통에서의 적용에 있어서 고속투입, 고속차단 차단기의 필요성으로 조작기구도 발달하였으며, 고속화의 예로서 동기싸이클 차단기도 출현하였다. 이것은 미쓰비시에 의해 1970년 개발되었으며, 그 후 전력계통에서도 채용되었지만 넓게 보급되지는 못하였다.

또한 168kV이상의 차단기에서는 내진성능에 대한 문제가 Cross Up하여 각 전압단계의 차단기에 대하여 주변장치의 변류기 및 가대 등을 포함하여 크게 내진시험을 실시하였으며, 내진대책이 열심으로 행하여 졌다. 또한 극한상황에서의 조작특성, 수명시험 등 사용환경대책 등 적용확대로의 기초시험도 진행하였다. ABB는 동작시의 소음이 큰 문제가 있어 가능하면 저감하는 기술을 개발 근거리선로고장차단 등 가혹한 재기전압조건의 차단방식의 연구개발도 진행하였다.

그 결과 70kV급의 차단기는 전철변전소에서도 다수 사용되게 되었으며 각 지역, 각종 용도로 확대되어 이용되었고, 고전압으로는 300kV급에서 500kV급이 제작되었다. 일본에서는 1971년 처음으로 500kV 계통이 도입되어 도시바의 ABB가 도입되었다.

3.4 ABB 국산화기술발전의 배경

2차대전후 10년을 경과한 일본의 산업발전, 민생전화기기 보급 등에 의한 전력수요가 상승하게 되고 계통단락용량의 증대로의 대응, 무부하선로차단성능 향상 등 전력계통에서의 조건과 불연성, 경제성, 보수점검성 등 주변상황의 요구로 ABB의 국산화기술이 진전하였다.

4. SF<sub>6</sub>가스차단기(GCB)

SF<sub>6</sub>가스가 제조된 것은 1990년 파리대학 약학부에서 Moissan과 Lebeau가 流黃(S)과 불소(F)를 직접반응시켜 만든것이 최초이다. 그 후 Berthelot와 Moissan로부터 소량의 SF<sub>6</sub>가스를 빌려받아 실험한 것으로 이 가스가 火化放電에 의해 현저하게 분해되지 않는 것을 발견하였다. 1950년대 후반부터 1960년대 걸쳐 WH사의 T.E.Brown, Jr. 및 A.P. Storm은 SF<sub>6</sub>가스중의 아-크소멸현상해명 연구를

시작하여 아-크 소멸후 전극간의 절연내력이 급속하게 회복하고 여기에서 그의 성능은 아-크공간중에 SF<sub>6</sub>가스가 현저하게 증가하는 것을 발견, 이 가스가 교류차단기의 소호매체로서 대단히 유효가 있는 것을 밝혀냈다.

최초의 SF<sub>6</sub>가스차단기는 「SF<sub>6</sub>가스를 전류차단의 소호매체로서 사용하다」로 기본특허를 취득한 WH사에 의해 제작되고, 동사에서는 계속하여 소용량에서부터 대용량에 이르기까지 제품화를 하였다. 일본에서는 미쓰비시가 유럽에서는 SIEMENS사가 WH사의 기술 제휴를 받아 연구를 시작하여 신형의 차단기를 제품화 하였다. 1969년 상기의 WH사의 특허가 일본 및 유럽에서 기간이 종료되어 이를 계기로 국내외 각사들은 차단기의 개발 및 제품화에 주력하게 되어 가스차단기의 시대가 도래하게 되었다.

여기에서 SF<sub>6</sub>가스의 절연성능에 착안하여 차단기 주변에 이용되는 단로기, 모선 등의 기기까지 일괄하여 SF<sub>6</sub>가스로 절연한 가스절연개폐장치(GIS)가 개발되고 크기의 축소효과와 안전성 등이 평가되어 일본에서 GIS가 괄목할만하게 발전되었다.

#### 4.1 초기의 GCB

일본에서는 미쓰비시에서 SF<sub>6</sub>가스가 지닌 소호매체로서의 우수성에 착안하여 1955년경부터 이 가스에 대한 광범위한 기초연구를 하고 실용화의 검토를 시작하였다. 1962년에는 WH사의 개발에 호응하여 240kV 15000MVA의 2중 압력식 탱크형 차단기를 시험제작하여 각종 검증시험이 실시되고 차단시험도 시행하였다. 그후 84kV 5000MVA(차단전류 약 40kA)의 차단기를 완성하여 1965년 판서전력에 납품함으로써 일본에서 GCB운전의 시작이 되었다. 계속하여 168kV, 10GVA부터 275kV 25GVA의 GCB 등 일련의 시리즈화를 완성하고, 1966년에는 300kV차단기를 납입하여 당시 일본의 최고전압계통에 투입하게 되었다. 다음해에는 중용량 차단기로서 Back Up방식을 개발 제품화를 하고 1969년까지는 2중전압방식과 같은 모양으로 72kV부터 275kV까지 시리즈화를 완성하였다.

1967년에는 500kV송전시대를 고려하여 550kV

35GVA의 2중전압식 GCB를 개발하였다. 당초에는 1상당 6개의 차단점으로 구성되어 각 차단점에서는 투입시의 이상전압억제용에 투입저항을 장치하여 투입시간도 종전의 3Cycle에서 2Cycle 차단기를 되었다.

1970년에는 8000A, 12000A 통전의 대용량 550kV 50kA 2Cycle의 2중전압식 차단기의 개발이 진행되었으며, 여기에서는 고압 가스계통으로 냉각방식을 채용하는 등 대용량화와 함께 내진성능시험 및 세정내압시험 등도 실시되고, 대용량 시대로의 대응으로 여러가지 각도에서 개발검증이 행하여졌다.

한편 SF<sub>6</sub>가스의 지속적인 개발로 1969년에는 2중압력식의 GCB에서 300kV에서는 분압콘덴서를 부착 2점차단으로 Unit전압을 2배로하는 새로운 GCB시리즈를 제품화 시켰다. 1969년 미쓰비시가 소유한 SF<sub>6</sub> 가스사용의 기본 특허 실시권이 실효한 것을 계기로 일본내 차단기 업체가 GCB의 제품화를 하였다.

#### 4.2 GCB의 진전

일본의 각사가 GCB의 제품화에 적극적으로 진전함에 따라 각전압계통, 용량에 대한 제품의 시리즈화를 피하게 되었는데, 이렇게 다양한 제품화에 진전하게된 움직임 및 개발의 특징은

##### (1) 초고압·초초고압으로의 적용

일본에서는 1970년대 초반부터 500kV송전을 본격적으로 시작하였으며, 전력수요의 증대와 함께 이에 대응하기 위한 변전소 및 발전소가 건설되어 가동되고 있었다. 또한 500kV송전계통은 각 전력회사의 긴밀한 계획에 의해 건설되어 500kV계통을 주간계통으로 하여 275kV계통도 정비되었다. 이러한 상황에서 GCB가 주간계통에 도입되어 갈 것으로 예상되어, 각 회사도 550kV GCB의 개발에 주력하고 공동연구를 하는 등 전력회사와 함께 신뢰성 향상에 노력하였다.

처음으로 550kV GCB는 1972년 판서전력에 납입한 것으로 550kV 50kA 4000A 2Cycle 차단기로 2중압력식 애자형이며, 이후 탱크형 및 GIS가 초초고압용으로 계속 납입하였다.



(2) 탱크형 GCB

40년대 후반까지 주류를 이룬 것은 애자형 GCB 이었으며, 그 후 일본 내에서는 염해대책, 지진대책 등으로 탱크형으로 지향이 강하여져, '50년대에 들어 탱크형으로 되었다. 탱크형은 염해 및 지진대책 등의 타권선형 CT의 설치에 편리한 것과 단로기, 모선 등의 주변기기와의 복합화를 하는데도 유리하여 가스절연개폐장치(GIS)로 발전하게 되었다.

(3) 단일 가스압력방식 GCB의 발전

Back Up 방식(단일압력) 차단기는 2중압력방식과 달라 가동 Contact와 동시에 움직이는 실린더와 고정피스톤에 의해 가스흐름을 발생시키는 방식이지만 ①구조가 간단하다. ②소형·경량 ③보수점점이 용이 ④상시충분압력을 낮게 설정 가능하다 등의 특징을 가지고 있다.

Back Up 방식은 1960년까지 72kV~300kV의 중용량차단기로 시리즈 제품화 되었는데 차단전류로는 30kA급으로 한다. 이에 대하여 Back Up 방식의 가스유개선 개발, 소호실개발의 결과 두방향으로 부는 소호실을 채용한 Back Up 방식 차단기가 제품화 되었다. 이때 이 형식의 차단전류는 40kA이며 1971년경에는 72kV~300kV 40kA 차단기의 시리즈화가 이루어졌다. 이 차단기의 개발이 앞에서 서술한 특징을 가진 Back Up 방식 차단기의 대용량화의 기반이 됨과 동시에 30kV 이하도 포함하여 GCB 적용 확대에 크게 기여하였다고 말하고 있다.

1976년에는 240kV~550kV 50kA, 4000A 그리고 2Cycle 차단 Back Up형, 탱크형 GCB의 제품화가 개량 되었으며, 1972년에는 2Cycle 단일압력식 탱크형으로 240kV/300kV~550kV, 63kA 차단기가 개발되었다.

이러한 진전의 결과 단일압력방식의 GCB는 탱크형, 애자형을 72kV~550kV의 각 전압계통, 30kA, 40kA, 50kA, 63kA에서 정격차단전류 등의 책무로, 최적 소호실 조작기구를 선정한 제품의 시리즈화의 실현을 가능하게 하였다.

(4) Unit용량의 증대

SF<sub>6</sub>가스는 공기에 비하여 현격하게 좋은 절연성능

을 가지고 있으므로, 공기차단기의 경우 Unit차단점에서 전압은 통상 약 40kV가 일반적이나 GCB의 경우는 당초 약 80kV이다. 예를 들어 1966년 2중압력식으로 시작한 275kV GCB는 4점절 차단기로 均壓用으로 병렬로 콘덴서를 장치하였다. 초고압전력연구소에서 시험을 실시한 550kV GCB는 6점절이다. 이것에서 제품화된 단일압력방식의 GCB는 84kV부터 시작하였다.

이에 대한 가스의 특성을 보다 효율적으로 활용하여 Unit전압을 향상하여 개발하였는데 제품화 되어 1969년 2중 압력식으로는 275kV 2점절의 제품이 행하여졌으며, 다음으로는 550kV도 4점절이 제품화 되었다. 1972년부터 계통에 도입된 550kV 차단기는 4점절이다.

1978년에 완성한 240kV/275kV~550kV 50kA Dual Flow 시리즈에서는 275kV로 2점절 550kV로 4점절을 실현하였다. 그 결과 단일 압력방식에서 50kA차단의 대용량차단기에서도 Unit전압으로 초기의 2배를 실현하였다.

1965년부터 1975년에 걸쳐 GCB에 관한 단일압력식, Dual Flow형 소호실의 개발, 차단전류의 증대, Unit전압의 증대 등으로 Unit 차단용량의 비약적인 발전을 하였다고 말하고 있다.

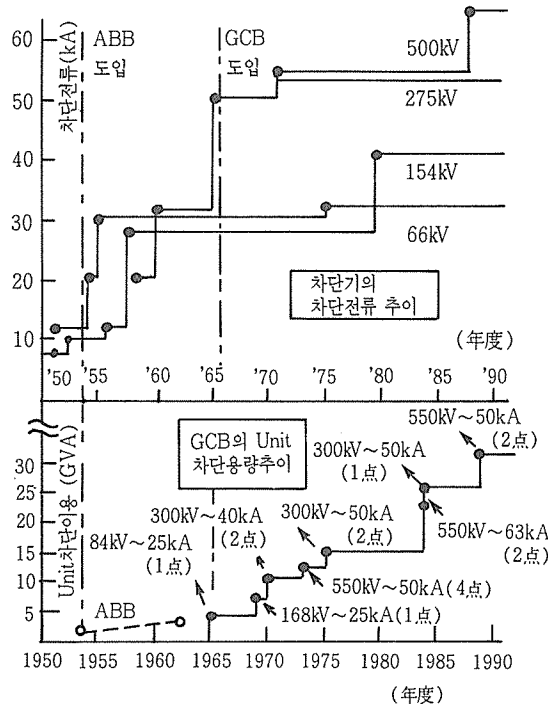
최근에와서는 동경전력에서 1000kV 송전계획을 추진하므로 차단기 기술개발에 박차를 가하고 Unit 전압에 관하여는 550kV 1점절, 1100kV 2점절을 향하여 진전하고 있다.

4.4 가스절연 개폐장치(GIS)진전

(1) 개발의 진전

차단기 및 단로기, 피뢰기 등을 일괄 배치한 개폐장치로 사용을 시도한 나라는 옛날 유럽의 Holland, 프랑스로 유절연 및 공기절연을 사용한 예이지만, 본격적으로 복합개폐장치를 이용하여 보급한 것은 GIS가 처음이다.

일본에서 최초로 실제통 운전애 들어간 것은 1968년 4월 관서전력의 77kV계통이며, 1969년 3월 동경전력의 66kV계통에서 본격적으로 운전을 시작하고 7월에는 중부전력에서 70kV급을 설치 적용을



〈그림-5〉 GCB 차단전류와 Unit 용량 추이

시작하였다. 지금까지 공장내에서는 기초적인 연구와 데이터 수집을 하고 각부기기의 試作試驗試作裝置의 장기 과전시험 등을 하였다.

(2) 다양화 확대

GIS의 적용실적이 증가하고 그의 신뢰성에 대한 인식도가 높아짐과 동시에 업체의 제조면의 합리화에 의한 경제성도 향상하였다. 이것은 축소 효과와 더불어 경제성도 있는 것으로 66kV~154kV계의 대규모 Unit의 GIS화 및 철강, 화학, 석유, 시멘트 등 일반공업의 수용가와 공공기관, 빌딩에서의 적용도 광범위하게 이루어졌다.

발전소 및 변전소 등의 건설이 진행되면서 발전소용 GIS는 경제성, 신뢰성의 면에서 모선과 함께 전체의 기기를 일괄 SF<sub>6</sub>가스절연방식으로 한 Full GIS가 유효하다고 생각한다.

GIS를 더욱 소형화하기 위하여 3상의 모선을 1개의 탱크내에 배치하여 전3상1괄형 GIS가 1976년에 제품화되었다.

GIS는 외부의 공기에 의해 오손 등의 영향이 없어 신뢰성이 높지만 모두 밀봉화 되어 있어 내부를 볼 수 없다. 운전중 기밀유지로 인하여 외부에서 점검은 가능하지만 여기에 신뢰성 확보를 내부진단기술에 대한 연구개발이 진행되고 있다.

4.5 GCB의 국산화에 대하여

OCB, ABB, GCB의 발전에 대하여 개략적으로 설명한 것처럼 일본의 기술은 구미의 기술을 도입하였지만, 단계적으로 독자적인 기술을 가지고 발전하여 왔다고 말하고 있다. 또한 소호매체는 변화하였지만 조작기구, 내진설계기술 등 기술 축적을 기반으로 발전하였다.

GCB는 일본의 전력계통의 발전과 사회환경의 변화에 대응하여 국산화기술을 연마하였다. 이 가운데에서 특징적인 것은 단일압력방식 GCB의 Unit용량 증대와 그것을 지원한 기술 및 GIS기술의 진전이라 할 수 있다.