

가스절연기기의 최신 기술동향

한국전기연구소/기술정보실
황 계 영

1. 서 론

프랑스의 화학자 Moissan과 Lebeau가 금세기 처음으로 불소중에서 유황을 연소하여 SF₆를 합성한 것이 100년 가까이 경과하였다. 이후 반세기 이상 경과한 후 SF₆은 가스절연에 이용되는 최적의 기체로 꽃을 피웠다. 합성후 100년이 경과한 지금까지 절연 및 소호(대전류 아크방전을 끄는 것)에서 SF₆ 이상의 것을 발견하지 못하였다.

일본에서는 1969년에 GIS(가스절연개폐장치)가 처음으로 도입된 이후 좁은 산악 지역이 많은 입지조건에 우수한 적합성(소형화, 내환경성, 안정등)으로 급속히 보급되어 4반세기가 경과한 현재 전세계 사용실적의 70%를 점유하고 있다. 이러한 여건으로 가스절연기술의 진보는 놀라게 발전하여 GIS의 소형화·신뢰성은 초기보다 현격히 향상되어 이러한 기술의 집대성으로 향후 UHV GIS 및 500kV 직류 GIS의 실용화가 전망되어지고 있다.

아울러 10년의 역사를 자랑하는 유입변압기에 대해서도 최근 방재등 과밀권에서의 입지대응으로

가스절연기술이 도입되고 있어, 현재 275kV급의 가스절연변압기의 실현으로 대용량 지하변전소의 Total Base의 축소, 방재설비 합리화로 설립되고 있다.

본고에서는 가스절연기기의 변천사와 가스절연기기의 개발동향, 가스절연기기를 지원하는 기반 기술, 가스절연기기의 품질보증 기술에 대하여 소개 하고자 한다.

2. 가스절연기기의 변천

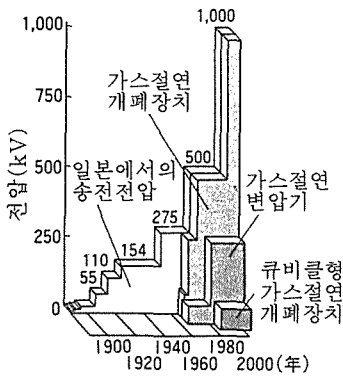
SF₆ 전력용기기에서의 이용은 일반적으로 가스 절연이라고 부르고 있고 크게 두 가지로 나누고 있는데, 절연특성을 이용하는 것으로 개폐기기(GIS : Gas Insulated Switchgear), 송전선로(관로기종이 있는 가스절연 케이블, GIL : Gas Insulated Transmission Line), 변압기(Gas Insulated Transformer)가 있고 또 하나는 아크방전을 소호기기로 이용하는 것으로 가스차단기(GCB)가 대표적인 것이다.

가스절연기기는 가스차단기(GCB)와 가스절연

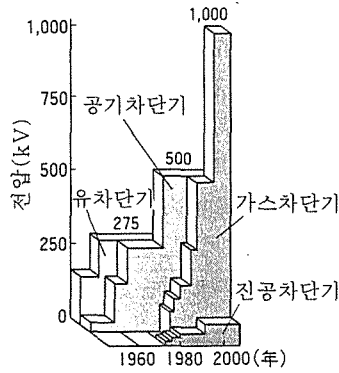
<표 1>

가스절연기기의 변천 역사

연 대		1980	1985	1990	1995	
가 스 절 연 개 폐 기	탱크형 가스차단기 (탱크형 GCB)			24, 36kV		
			72, 84kV	공기조작→스프링조작	신형소호실	
			120, 168, 204kV		신형소호실	
	애자형 가스차단기 (애자형 GCB)		72, 84kV			
	가스절연개폐장치 (GIS)		72, 84kV	공기조작→스프링조작	복합화	고성능소호실
				168, 240kV		
	큐비클형 가스절연개 폐장치(C-GIS)			24, 36kV		
		72, 84kV		축소형		
가스절연형 스파크랩 도(C-SPC)			72kV			
가 스 절 연 변 압 기	가스단로기		72, 84kV 내환경형 단로기			
			24~84kV 내환경형 접지장치			
	가스절연 변압기		6.6~77kV			
가 스 절 연 계 기 용 변 압 변 류 기	가스절연계기용 변압 변류기			22, 23kV		
					66, 77kV	
가 스 절 연 중 성 점 보 상 리 액 터 장 치					66/√3 kV	



(a) 가스절연기기의 변천



(b) 차단기의 변천

(그림 1) 도시바의 가스절연기기 및 차단기의 전압별 변천 추이

개폐장치(GIS)를 의미하지만 지금까지 가스절연을 이용한 기기는 계속 증가하여 단로기와 변압기, 계기용변성변류기, 중성점보상리액터 장치와 같은 권선기기 및 배전용 개폐기기까지 상품화가 이루어졌다.

(그림 1)은 도시바의 가스절연기기 및 차단기의 전압별 변천 추이를 <표 1>은 가스절연기기의 변천 역사를 나타낸 것이다.

3. 가스절연기기의 개발동향

가. SF₆ 가스절연기술의 개발

SF₆ 가스는 절연과피를 일으키는 특성과 액화 온도를 내리며, 아크 방전소멸 후 절연회복 능력이 비상시에 우수한 기체이다. 1940년대 후반부터 SF₆를 사용한 차단기(가스차단기, GCB)의 기초 연구 및 실용화 검토가 시작되어 1965년에 관서 전력(주)에 77kV 애자형 GCB를 일본에서는 처음으로 실용화 하였다.

이후 300kV 차단기가 실용화되어 1973년에 관서 전력(주)에서 500kV 가스절연개폐장치(GIS : Gas Insulated Switchgear)가 세계에서는 처음으로 실용화 되었다.

불과 수년사이에 77kV에서 500kV로 승압된 기기로 GCB는 특별히 성장하여 1970년대 후반의 가스절연 변전소의 발판이 되는 기술로 탄생하여 변전소의 고전압 대용량화 및 신뢰도가 높은 소형화로 실현되는 전망을 얻었다.

1970대 후반부터 SF₆ 가스절연기술의 발전 및 GIS가 본격적으로 채용되어 1960년대 후반까지 GCB의 주류가 애자형 차단기 이었지만, 지진등의 신뢰도 대책으로 1970년대 후반부터는 탱크형으로 바뀌어 갔으며, 또한 차단방식은 당초 높은 가스 압력에서 낮은 가스 압력으로 가스의 흐름을 만드는 것에서 아크를 소멸시킨 2중 가스 압력방식이 적용되었지만, 구조가 복잡하고 부품수도 많아 대형화 하기 위해 단일가스 압력방식(Back-up 방식)이 개발되어 이것이 1970년대 주류 방식이 되어, 여기에서 GCB가 소형·경량, 보수가 용

이하게 되어 신뢰도가 향상되었으므로 이 기기의 보급에 박차를 가하게 되었다.

이상과 같이 가스절연기술의 발전으로 기기의 대폭적인 소형·경량화의 가능성이 시현되어 차단기를 포함해 당시 기중절연기기에서 커다란 공간을 필요로 한 단로기, 모선등의 개폐장치를 일체화하여 SF₆ 가스중에 봉입하는 것과 같은 생각이 필연적으로 나타났다.

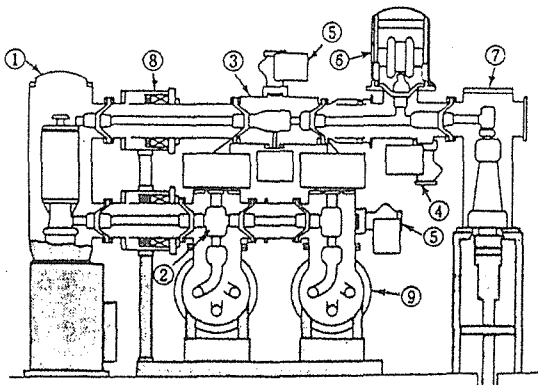
또한 충전부를 모두 접지하여 탱크안에 수납시키고 있으므로 노출된 수전부가 없으므로 감전등 인체에 대한 위험성이 없어졌다.

이는 앞에서 서술한 가스절연개폐장치(GIS)로 GIS를 적용하여 77kV 변전소의 택지면적을 1950년대 후반의 1/5로, 1960년대 후반의 1/2로 축소하였으며, 154kV 변전소의 택지면적의 경우 1950년대 후반의 1/10로, 1960년대 후반의 1/3로 축소하게 되었고, 최근에는 약 1/20까지 축소

하였다.

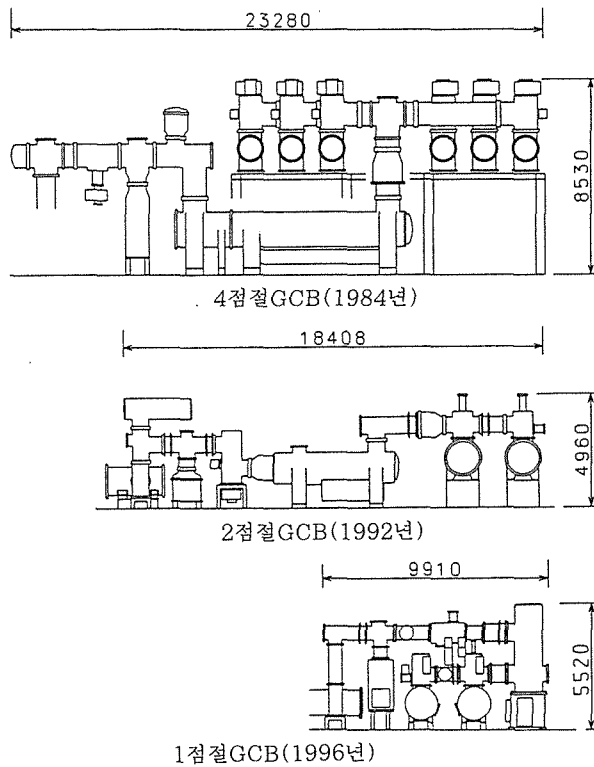
이에따라 GIS는 1966년 프랑스 EDF의 변전소에 최초로 사용된 이래 22kV급부터 765kV급에 이르기 까지 기간계통 및 도시 과밀지역의 중추 변전소등 중요거점에 적용대상이 확대되어 나가고 있으며, 우리나라에서는 1970년대 말부터 1980년대 초 사이에 외국기술의 도입에 의해 GCB 및 GIS의 개발 생산이 시작되었으며, 1978년에 170kV~31.5kA GCB, 1979년에 362kV~40kA(2점절) GCB, 1980년에는 170kV 및 362kV GIS가 처음으로 국내에서 생산하게 되었다.

GIS를 적용한 가스절연변전소는 1960년대 후반 옥내변전소에 높이가 40m 정도인 것을 3~4m 정도까지 저층화 시켜 도심부의 변전소 주변 민가로 부터의 압박감을 없애고 일조권등의 문제도 해결하는 큰 성과를 얻었다.



- ① 가스차단기(300kV~50kA 1 차단점점)
- ② 모선단로기
- ③ 선로축단로기
- ④ 선로축접지장치
- ⑤ 접지장치
- ⑥ 계기용변압기
- ⑦ 케이블접속부
- ⑧ 변류기(관통형)
- ⑨ 모선(3상 일괄형)

(그림 2) GIS의 구조 예(275kV)



(그림 3) 500kV GIS의 소형화 진전 사례

나. 가스절연 변압기

1980년대 후반부터 가스절연변압기의 본격적인 채용에 의거 변전소의 소형화와 Oil less화를 도모하였는데, 1970년대 후반부터 발전한 SF₆ 가스를 이용한 절연기술은 1980년대 후반에는 개폐장치의 영향으로 변압기에서도 본격적으로 적용되게 되었다.

이는 전력수요의 대도시 집중 및 고밀도화로 변전소의 소형화와 지하식변전소의 방재면에서 Oil less화를 전망하였는데, 이는 가스절연변압기의 적용으로 소화설비 및 방재대책이 불필요하게 되어 소방설비와 방화구획의 생략 등 소화 설비의 간

소화를 도모하였으며, GIS와의 직결로 건물면적의 대폭적인 축소가 가능하게 되어 결과적으로 저 Cost를 도모하게 되었다.

가스절연변압기는 미국의 경우 1940년대 후반 GE사와 WH사에서 제작하여 일본에서는 1967년 초에 제품화되었으며, 1982년 77kV급의 가스절연변압기가 판서전력에서 처음으로 실용되었다. 이후 판서전력과 동경전력에서 275kV급이 실용화 되고 있으며, 냉각효율이 우수한 액냉각방식 가스절연변압기는 유입변압기와 동등의 과부하·보기정지 운전성능을 확보하기 위하여 개발을 완료하고, 현재 500kV 지하변전소에서의 적용 개발이 진행중이다.

또한 보일러·터빈등 가스 유래석의 전문분야의 지식을 도입하고, 최신의 컴퓨터 해석기술을 구사하여 가스냉각기술을 한 단계 끌어 올리고, 변압기실의 높이를 낮추고 용적을 중전의 유입변압기에 비하여 약 30% 축소외에 GIS를 변압기와 동일 실내에 설치하는 것이 가능하게 되었다.

(그림 4)는 SF₆ 가스를 절연·냉각매체에서 사용한 대용량 가스절연변압기의 구조개념을 내장형 변압기를 예로하여 나타낸 것으로 수기압의 SF₆ 가스를 순환시켜 권선 및 철심을 냉각하고 있다.

가스절연 변압기는 유입변압기에 비하여 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 불연성을 위하여 방재성 향상을 도모하며 소화설비 등의 방재설비가 불필요하다.
- ② 유입변압기의 탱크상부에 장치하고 있는 콘사베터(절연유의 온도변화와 함께 기름 팽창을 흡수시키기 위한 탱크)가 불필요하여 변압기의 높이를 낮춘다. 이를 위하여 지하 변전소의 변압기 설치의 높이를 2~2.5m 낮추는 것이 가능하다.

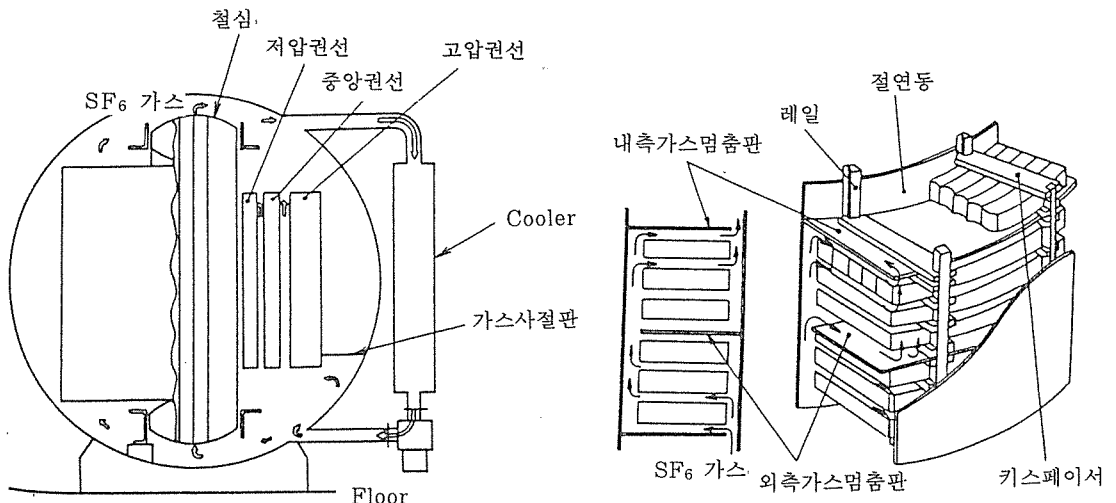
③ 가스절연변압기와 가스절연개폐장치에 가스절연모선을 넣어 직접 연결하므로써 변전소 전체의 Layout을 합리화 한다.

다. 가스절연 송전선(GIL)

전력케이블에 대한 대용량 송전방식에서 가스절연송전선이 주목되고 있다. 이것은 가스절연을 위한 열방산특성이 잘 가공선과 동등한 대전력수송이 가능한 것이다. 지금까지의 단거리 선로에서의 사용 실적을 기본으로 하여 향후 장거리 가스절연송전선에서의 적용사례가 증가되고 있다. 이 경우 절연매체에서도 SF₆ 가스가 사용될 예정이다.

라. 향후 동향

실용화된 이후 30년이 경과한 GIS는 이미 소형에서 안전과 신뢰성이 높은 전력기기로 정착하였다. 현재 많은 논문들이 국내외에서 발표되고 있지만 지금까지 보고된 주제에 새로운 데이터와 상



(그림 4) 내철형 가스절연변압기의 구조개념

세한 해석이 부가된 내용들이 발표되고 있다.

현재 가스절연에 관한 연구는 더욱 높은 신뢰성을 얻기 위한 절연진단기술과 가스절연변압기, GIL, 직류기기, UHV기기 등 새로운 기기로 전개하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이렇게 새로운 기기가 일부 실용화되고 있는 수준에 이르고 있지만, 초기단계에는 여전히 예상되는 트러블과 문제가 발생하는 것을 얻었다. 장래에는 온실효과와 접에서 SF₆와 다른 기체를 이용하는 것과 가공(기중) 송전선에 대체한 장거리(GIL)의 개발이 고찰되고 있으며, 앞으로 국내를 비롯한 해외 각국의 전력회사들이 설비투자 억제가 진행되는 가운데 변전설비 관계도 대폭적인 Cost Down을 요구하고 있다. 신기술 개발에 의한 비용절감은 송변전설비 전체 시스템의 합리화와 GIS 단독으로 가스절연모선의 소형화, 광변성기, 폴리머복합에 관한 개발이 전망되고, 가스절연변압기에서는 냉각시스템을 포함한 합리화가 요망되고 있다.

4. 가스절연기기를 지원하는 기반기술

가. 절연기술

가스절연기술의 기본이 되는 기술은 그의 명칭을 통칭 절연이라 한다.

SF₆ 가스는 0.3MPa에서 절연유와 동등의 절연내력을 보유하지만 그의 절연내력이 전계에 크게 의존하는 특징이 있다.

이를 위하여 「최대전계를 억제=각부의 전계를 평등으로 한다」 것이 중요하다. 전계설계의 고도화에 크게 공헌한 것이 컴퓨터를 이용한 수치해석 기술이다. 특히 충전부/가스부/절연물의 3중접합부와 3차원 구조의 전계 계산에 대하여 위력을 발휘하였다.

회하였다.

절연설계를 전력계통에서 발생하는 과전압의 면에서 보면 뇌과전압, 차단기개폐과전압, 단로기계 폐과전압, 교류단시간과전압에서의 고려가 필요한데 이러한 과전압의 표준치는 JEC 규격등에서 규정되어 있지만 GIS와 같은 복합기기에서는 과전압에 견디는 것만 아니라, 변전소 전체의 절연협조를 확보하는 적절한 위치에 피뢰기를 설치할 필요가 있다.

SF₆가스 이외의 절연재료에서는 몰드수지 등의 고체절연물이 사용되지만 수지자체의 특성을 파악하는 것은 절연설계에서 불가결하다. 절연저항, 내아크특성, 내트래킹성, 기계적 강도, 열변형온도(HDT), V-t 특성 등을 파악한 위치에, 사용되는 필요조건에 대응하여 몰드제품을 설계한다.

나. 통전기술

통전에 대하여는 줄열 및 누설 자속에서 발생하는 발열을 억제·냉각하는 기술이 필요하다. 줄열 및 누설 자속에 의한 발열은 유입기기에서도 문제가 되지만 특히 가스절연기기에서는 SF₆ 가스의 열전달 특성을 절연유에서도 작게하기 위하여 발열량의 파악과 그의 냉각 최적화에 주의가 필요하다.

다. 기계구조기술

기계적강도면에서 고려한 하중은 외부요인에 의한 것과 기기자체의 내부발생 하중이 있다. 외부요인은 지진, 풍압, 적설, 수송시 등의 하중이며, 내부하중은 가스압력, 조작충격, 자체무게, 단락전자력 등의 하중이 있다.

이 가운데에서 가스절연기기에 기기설계상 큰 영향을 미치는 하중은 가스압력에 의한 하중이다.

예를 들어 0.3MPa SF₆ 가스를 내부에 봉입한 경우 직경 500mm의 뚜껑에서는 약 6톤의 압력이 부가된다.

이를 위해 탱크는 전기사업법 또는 노동안전위생법에 의해 충분한 기계적 강도를 갖도록 설계한다. 또는 만일 내부사고시에 수MPa가스압력 상승을 발생하는 경우 탱크는 이것에서도 견디는(아크 시간은 주보호시간내) 것을 확인하고 있다.

환경면에서의 고려는 빌딩내의 지하변전소에서 사용하고 있는 기기에서 거주자 환경을 손해보지 않도록 하기 위해 차단기 조작 및 변압기의 자외(紫雫)에 의해 발생하는 소음·진동대책을 세우는 경우가 있다. 이러한 설계검토에 대하여는 시각력(時刻歴) 모터해석을 이용하고 있다.

라. 전류개폐기술

세계에서 처음으로 실용화된 가스차단기는 절연용과는 별도로 SF₆를 상시 축적하여 차단시에는 밸브를 개폐하여 아크로 뿜어 소호하는 이중압력식이 있다. 이후 조작력에서 실린더 실내의 가스를 압축하여 아크로 뿜어내는 구조의 백업형 소호실이 실용화 되었는데, 이로 인하여 가스차단기의 소형화와 고성능화가 급속히 진행하였다.

현재는 Double Flow방식, 자력소호방식을 병행한 Back-up형 소호실을 실용화 하고 있다. 차단 현상은 복잡한 현상으로 차단이론도 아직 미해명한 부분이 많지만 파라미터를 실험결과로 보정하여 열가스유체해석을 실용화하는 수준에까지 이르렀다.

마. 시스템화기술

변전소 전체를 한층더 축소화 하기 위하여 각

구성기기의 복합화를 피하면서 GIS 같은 복합개폐장치가 발전하였다. 여기에서 변압기와 개폐기기의 복합화도 진행되고 있어 변전소 전체에 대한 시스템화 기술이 메이커측에서도 요구되고 있다.

절연면에서는 피뢰기에 의한 변전소 전체의 절연협조설계가 요구되고 있으며, 이에 즈음하여 산화아연형피뢰기의 실제 방전특성과 가스절연기기 내부에서의 전압전반·반사의 관계, 가스절연기기의 단시간영역에서의 V-t 특성등을 고려할 필요가 있게 되었다.

통전면에서는 변압기의 과부하운전에 대한 각 기기의 온도상승의 검토가 있다. 각 User의 과부하운전의 패턴에 대응하여 각 기기의 온도상승치를 검토하고 변전소에서 허용하는 것은 사전부하율과의 관계에서 허용한계를 제시하는 것이다.

구조면에서는 직결된 기기상호간의 전기적, 기계적, 열적 영향을 고려하여 서어지 억제장치, 신추계수, 절연판등을 각 기기판에 설치하는 것이다.

바. 생산·검사·설치기술

가스절연기기의 높은 신뢰성은 생산·검사·설치기술의 향상으로 유지되고 있다. 자동정밀가공기·자동대형 로봇트에 의한 기계가공정밀도·용접정밀도의 향상, Clean Room에 의한 이물질의 제거, 설치시의 공정관리등 각 스텝에서 검사기술의 향상등이 부단히 계속되고 있다.

특히 금속 이물질에 대하여서는 가공시의バリ 제거, 조립시의 방진관리, 현지에서의 초음파진단 등 철저한 관리를 하고 있다.

최근에는 생산설비 전체의 라인화에서 품질향상에 맞추어 가공·조립의 효율화도 달성하였다.

검사면에서는 수치해석과 실증시험과의 비교 데

이터를 중복하여 시행함으로써 내진성의 확인등에 대하여 실증시험의 생략이 가능하게 되었다.

사. 감시기술

운전상태의 기기이상을 사고발생전에 검출하고 이상구간, 이상정도를 추정하는 예측보전기술은 부분방전 검출을 시작으로 넓게 이용되고 있다.

향후 과제는 여수명추정 기술개발과 예측보전 시스템의 Total Cost Down이다.

고장점표정기술은 특히 GIS에 요구되고 있는데 충격전압을 측정하는 SP릴레이 방식과 압력센서 방식이 현재는 주류를 이루고 있지만, 아크광을 형광화이버에서 검출하는 방식도 검토중에 있다.

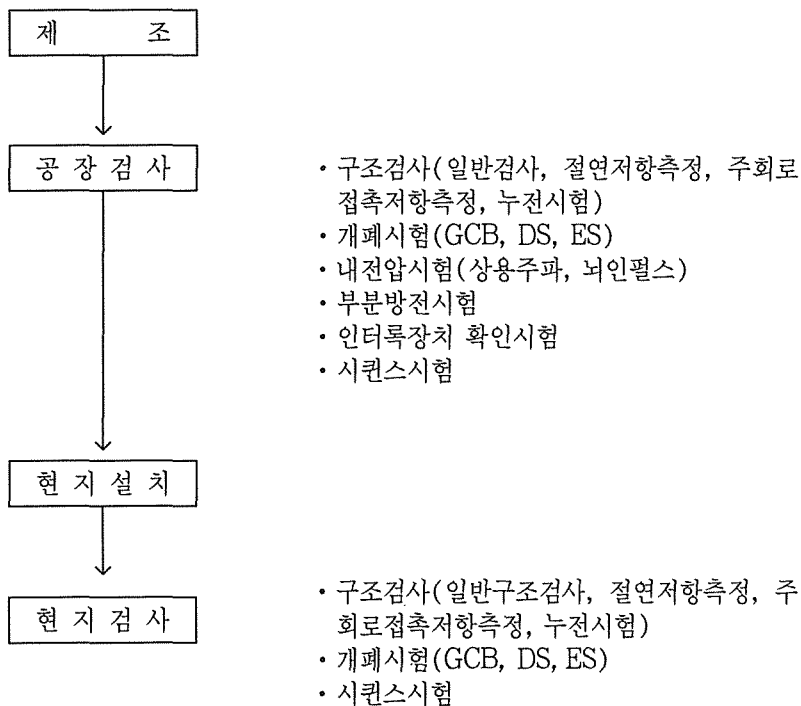
5. 가스절연기기의 품질보증

가. 가스절연개폐장치(GIS)의 제품검사

제품검사는 (그림 5)의 검사공정 Flow에 나타난 것과 같이 공장에서의 공장검사와 현지검사가 있다. 여기에서는 가스절연개폐장치의 예에 대하여 대표적인 항목을 소개하겠다.

(1) 공장검사

공장검사에는 형식, 수입(受入) 및 참고시험이 있다. <표 2>와 <표 3>는 GIS 및 GCB의 공장검사항목을 나타낸 것이며, 수입시험은 공장에서 출하 하기전에 실시하는 것으로 구조검사와 가스누설검사, 절연시험을 시행한다.



(그림 5) 검사공정 Flow

〈표 2〉

GIS의 공정검사 항목

시 험 항 목	세 목	수입시험	형식시험	참고시험
구 조 검 사	일 반 구 조 검 사	○	○	
	절 연 저 항 측 정	○	○	
	주 회 로 접 촉 저 항 측 정	○	○	
	뉴 설 시 험	○	○	
온 도 상 승 시 험	본 체 의 온 도 상 승 시 험		○	
	조 작 제 어 회 로 의 온 도 상 승 시 험		○	
내 전 압 시 험	상 용 주 파 내 전 압 시 험	○	○	
	뇌 인 펄 스 내 전 압 시 험	○	○	
단 시 간 내 전 류 시 험			○	
부 분 방 전 시 험		○	○	
인 터 록 장 치 확 인 시 험		○	○	
후 레 시 오 버 시 험				○
과 전 하 시 험				○
호 환 성 시 험				○
방 수 시 험				○
고 · 저 온 시 험				○
내 진 시 험				○
내 압 력 시 험			○	
부 속 품 시 험			○	
수 송 시 험				○
신 축 계 수 시 험				○
착 탈 장 치 의 착 탈 장 치			○	
시 켄 스 시 험		○		
표준규격 JEC 2350				

〈표 3〉

GIS의 공정검사 항목

시 험 항 목	세 목	수입시험	형식시험	참고시험
구 조 검 사	일 반 구 조 검 사	○	○	
	코 일 저 항 측 정	○	○	
개 폐 시 험	수 동 개 폐 시 험	○	○	
	저 항 동 작 저 항 측 정	○	○	
	개 폐 특 성 시 험	○	○	
	과 속 개 폐 시 험		○	
전 류 차 단 시 험	진 행 소 전 류 차 단 시 험		○	
	지 연 소 전 류 차 단 시 험			○
	단 락 시 험		○	
	근거리 선로 고장 차단시험		○	
	탈 조 차 단 시 험		○	
	이 상 지 락 차 단 시 험			
일 만 회 연	속 개 폐 시 험			○
소 음	시 험			○
12선 접지조건에서의 진행 소전류 차단시험				○
다 수 회 차 단 시 험				○
표준규격 JEC 2300				

(2) 현지시험

(가) 가속도 관리

GIS에 과대한 외력이 작용하지 않게 충분한 주의를 주며 수송을 한다. 수송관리 기준에 의해 기기에 가속도계를 부착하여 수송, 현지에서 소정의 가속도 이외로 수송되는 것을 확인하였다.

(나) 내진전압시험

현지에 설치후 각종 검사를 실시하여 공장의 품질이 완전하게 보전되도록 확인한 후 고객에게 인도한다.

현지에서는 전기설비기준에 의거 기기본체에 대하여는 상용주파(AC)내전압시험, 케이블접속시험에서는 주로 직류(DC)내전압시험을 하여 기기의 건전성을 확인하였다.

(3) 특수시험

(가) 초음파측정

용기내에 침상금속등의 이물질이 혼합하는 위험한 경우에 수행하며, 혼합한 이물질이 정전유도에서 용기내에 부상, 낙하를 교체하는 경우 용기면에 충돌할 때 발생하는 미세한 음파를 검출하여 이물질의 혼합 유무를 판정한다.

(나) X선 촬영

GIS 용기내부를 X선 촬영으로 기기를 해체하지 않고 기기의 내부의 상황을 확인하는 것이다. 외부에서 제반 시험을 하여 이상판정을 하여 조치한다.

나. 가스절연변압기의 시험과 품질관리

가스절연변압기의 시험과 품질관리는 전기특성, 절연성능, 냉각성능에 대하여 유입변압기와 같이 <표 4>에 나타난 시험을 하고 있다.

<표 4> 가스절연변압기의 주요시험항목

일반특성시험	온도 · 절연시험	기 타
<ul style="list-style-type: none"> 권선의 저항측정 절연저항, 유전체 역율측정 변압비측정 단락 임피던스와 부하손측정 무부하손측정 각변위측정 	<ul style="list-style-type: none"> 온도상승시험 교류내전압시험 유도시험 가압시험 인펄스내전압시험 	<ul style="list-style-type: none"> 일반구조시험 기밀성확인시험 (가스누설비시험) 가스분석 가스순도측정 가스중 수분량측정 가스중 분해생성가스분석

<표 5> 가스절연기기의 주요보호장치

보 호 장 치	내 용
충격가스압력 계전기	기기내부 이상시의 급격한 가스압력상승을 감지
연성계(압력계)	기기내부의 이상압력 상승 및 가스 누설에 관한 압력저하를 감시
다이얼 온도계	기기내부의 과열등에 관한 이상온도 상승을 감시
가스밀도 스위치	가스 누설에 관한 변압기 내부 가스밀도 저하를 감시

다. 기기감시에측보전 · 고장점표정기술

전력공급신뢰도의 향상에 대한 요청은 대단히 높아지고 있다. 이에 대응하기 위하여 기기의 이상징후를 조기 발견하고 사고를 미연에 방지하는 것으로 만일의 사고시에 사고위치를 정확히 판정하여 조기에 사고복구를 하는 것이 필요하다. 이것이 예측보전 · 고장점측정기술이다.

가스기기는 무보수 무점검을 지향하는 기기로 내부점검을 하지 않고 장기간 운전하는 것이 요구된다. 이를 위하여 운전상태로 외부에서 기기의 진단을 하여 이를 온라인으로 정보를 전달하는 시스템이 효과적이다.

가스절연기기의 내부는 불확성의 SF₆ 가스가 충전되어 밀폐구조로 되어 있어 내부구성재료의 경년열화를 이르지키지만, 여기에서 신뢰도를 유지한

상태로 운전을 계속하기 위하여 <표 5>에 나타난 보호장치에 의한 보호장치만이 아니라 정기적으로 가스중 가스분석을 실시하여 기기내부의 방전 또는 절연재료의 과열열화가 발생하는가를 확인한다.

이외에 접지선 전류센서에서 부분방전을 검출하기도 하고, 압력센서에서 사고점을 정확히 검출하는 기술등이 있고 일부에 대해서는 실용화 하고 있다.

6. 가스절연기기의 예측보전기술

가. 가스절연개폐장치의 예측보전(절연진단)

예측보전기술은 기기가 사고를 발생하기 이전에 사고징조를 검출하여 이상장소, 이상정도를 추정하는 것이다. 절연에 관한 유효한 방법은 부분방전을 검출하는 것으로 이에 대한 연구는 오랫동안 실시되어 왔다.

가스절연개폐장치(GIS)는 밀폐되어 있어 이상상태를 기기의 외부에서 검출하기가 어렵다. 여기에서 GIS의 부분방전검출은 초음파, 진동가속도, 전자파, 전위변동 등 여러가지 검출방법이 제안되고 있는데 이중에서도 절연 스페이스에서 전극을

설치하는 방법은 감도, 운용의 면에서 유효하다.

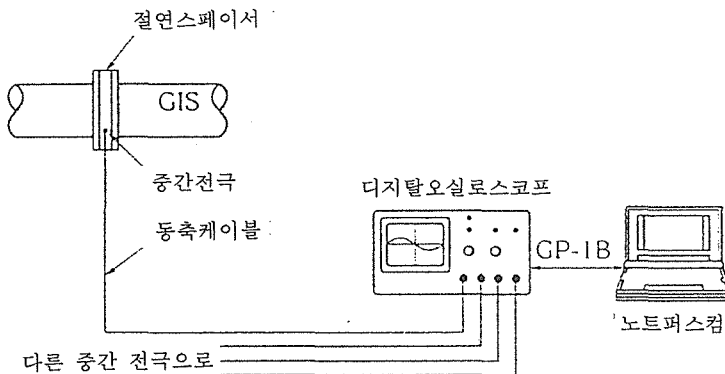
(그림 6)은 일본 다카오카제작소에서 제안한 간이형절연진단장치 구성내용으로 중간전극, 휴대용 디지털오실로스코프, 데이터 수집·해석프로그램을 내장한 퍼스컴으로 구성되었다.

SF₆가스 중의 부분방전펄스는 주파수 주성분이 수십~수백MHz로 분포한 고속, 고주파신호로 본 장치의 주파수 특성, 감도특성은 그의 범위를 충분히 커버하고 있다.

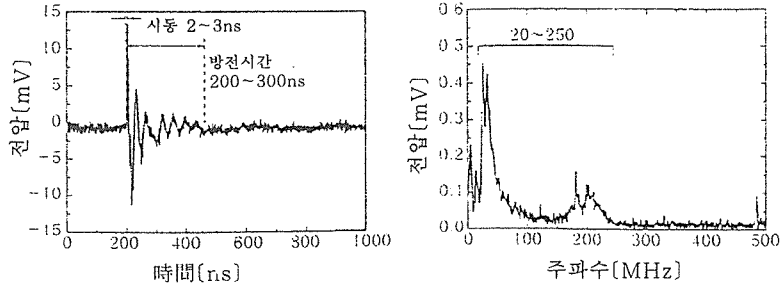
(그림 7)은 본 장치에서 검출한 부분방전펄스의 파형과 주파수 분포를 나타낸 것이다.

본 절연진단장치의 특징은 아래와 같이 통하고 있다.

- ① 기기내부의 전극을 검출센서에 이용하고 있으므로 외부소음이 적고, SF₆가스 중의 부분방전 검출에 적당한 검출특성을 가짐
- ② 가반형으로 변전소의 순시점검시에 기기를 정지하지 않고 절연진단을 함
- ③ 복수장소의 변전소에서 대응 가능하므로 코스트퍼퍼먼스가 높음
- ④ 복수장소의 중간전극을 동시 측정하므로 부분방전펄스의 전파경로를 추정함



(그림 6) 간이형절연진단장치의 구성



(그림 7) 가스중침일평판전극 모델의
중간전극에 의한 부분방전 측정 신호예

나. 가스절연변압기의 예측보전기술

가스절연변압기의 예측보전(이상검출) 기술에는 여러가지 방법이 고려되지만, 유입변압기에서의 “유중가스분석에 관한 이상진단”과 같이 가스절연변압기에서도 이상시에 기기의 구성재료와 SF₆ 가스를 반응하여 발생하는 분해가스를 가스크로마토 그래프 등으로 검출하는 방식이 여러 곳에서 연구되고 있다.

이 방식은 부분방전과 아크방전, 과열등의 광범위 이상현상을 촉진하는 것으로 한층더 이상(異

常)의 종류를 추정하기 위해 일본의 전기협동연구회의 Working Group에서도 분해가스에 관한 이상진단방법에 대하여 그의 판정기준을 검토하고 있다.

일본 다카오카제작소에서는 가스절연변압기에서 일어나는 과열, 부분방전, 아크방전을 모의하여 분해가스를 발생시켜 가스크로마토 그래프와 가스검지관에 의한 분석을 하였다. <표 6>은 이상상태의 모의조건에서 얻은 분해가스의 일람표를 <표 7>에 표시하였다.

<표 6> 이상상태의 모의 조건

구 분	과 열	부분방전	아크방전
시 험 탱 크 (L)	스테인레스제 1.9	철강 200(내면 징카도장)	
개 재 재 료	PET, PPS, PB ₂ 규소강판, 동	PET, PPS	
온 도 (°C)	150~250	—	
시 간 (h)	5~100	—	—
인가 에너지량 (J)		0~30	0~60K

〈표 7〉

분해가스 일람표

이상 상태	개재재료	재료에서의 분해생성가스					SF ₆ 에서의 분해생성가스						
		CO	CO ₂	CH ₄	FAL	A.A.	CF ₄	SF ₄	SO ₂	HF	H ₂ S	SO ₂ F ₂	
과열	PEF	○	◎	×	△	×	×	×	×	×	×	×	×
	PPS	○	◎	×	△	△	×	×	○	△	×	×	×
	PB2	◎	◎	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×
	규소강판	△	△	×	×	×	×	○	○	◎	○	○	×
	동	△	△	×	×	×	×	△	△	○	×	×	×
부분 방전	PET	△	△	×	×	×	△	○	◎	○	-	△	△
	PPS	△	△	×	×	×	△	○	◎	○	-	△	△
아크 방전	PET	○	○	×	×	×	○	◎	◎	△	-	×	×
	PPS	×	×	×	×	×	○	◎	○	△	-	×	×

참고 ; FAL : Furfural, A.A. : Acetaldehyde

범례 ; ◎ : 분해가스 발생이 많음 ○ : 분해가스 발생이 조금 많음 △ : 분해가스발생이 적음
 × : 분해가스 발생이 없음

〈표 8〉

이상상태에서의 특징적인 분해가스

이상 상태	분 해 가 스
과 열	CO, CO ₂ , Furfural, Acetaldehyde
부 분 방 전	SF ₄ , SO ₂ , CF ₄ , SO ₂ F ₂
아 크 방 전	SF ₄ , SO ₂ , CF ₄

〈표 6〉과 〈표 7〉의 결과에 의거 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 유기재료(PET, PPS, PB2)의 과열에서는 분해가스의 대부분이 재료의 과열화에 의거 발생한다. 특히 CO, CO₂의 발생이 현저하다.
- ② 금속재료의 과열에서는 SF₆ 분해에 의한 가스가 대부분이다.
- ③ 부분방전, 아크방전의 경우에는 금속재료의

과열과 같이 SF₆의 분해에 의한 가스가 대부분으로 SF₄, SO₂ 발생이 현저하다.

- ④ 부분방전에서는 CF₄, SO₂F₂의 발생을 보면 아크방전에서 SO₂는 보이지 않는다.

이상의 결과에서 이상현상에 의해 발생하는 특징적인 가스는 〈표 8〉과 같이 분류되고 이상발생의 유무, 이상의 종류를 파악하는 관리지표에서의 가능성을 가진다.