

800kV GIS 특징 및 현장시험

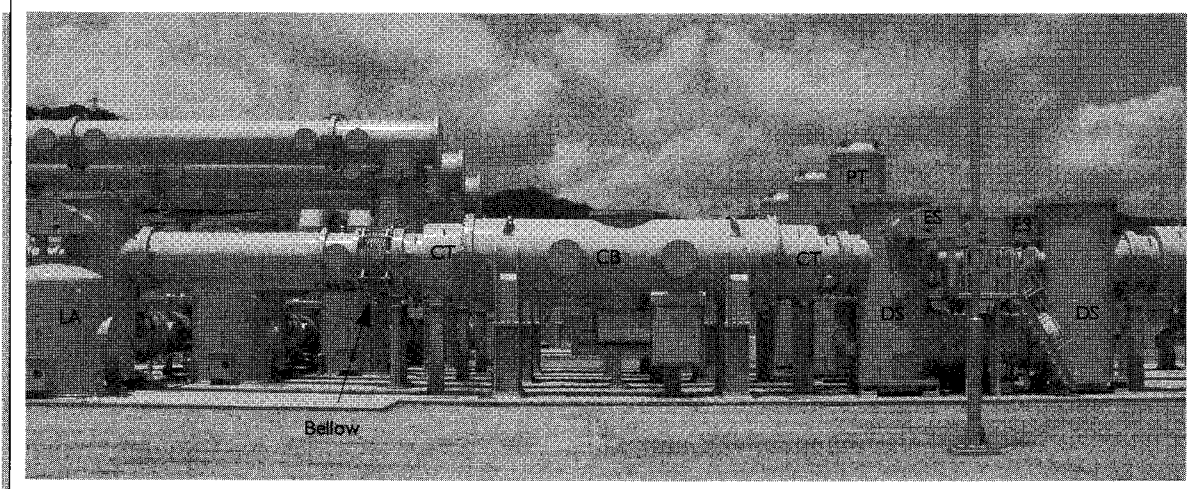
정시환 | 한국전력공사 전력계통건설처 변전부장
박근원 | 한국전력공사 전력계통건설처 변전과장

I ■ 서론

GIS(Gas Insulated Switchgear)는 차단기, 단로기, 모선, 접지장치, 변성기 등을 금속체함에 수납하고 충전부를 소호특성과 절연 성능이 뛰어난 SF6 Gas로 절연시킨 종합개폐장치로서, 전력계통에는 1959년 미국의 Westing House에서 처음으로 사용하기 시작했고 그 성능의 우수성과 다양한 장점으로 전 세계적으로 광범위하게 사용되고 있으며, 고전압·대용량용으로 발전되고 있다.

우리나라에서는 1970년대 말부터 1980년대 초 사이에 외국기술의 도입에 의해 GCB 및 GIS의 개발생산이 시작되었으며, 1978년에 170kV-31.5kA GCB, 1979년에 362kV-40kA(2점절) GCB, 1980년에는 170kV 및 362kV GIS가 처음으로 국내에서 생산되어 우리계통에 적용하였다. 그동안 GIS의 기초기술, 해석기술이 확립, 개선되고 또 제작경험, Field 경험도 축적되어, 이를 바탕으로 1991년도부터 765kV 변전소에 800kV급 GIS 도입을 검토하였고, 2001년 신서산, 신안성변전소에 최초로 설치하

> [그림 1] 800kV GIS



여 현재 운전 중에 있다.

800kV GIS는 이제까지 적용되어 온 170kV 및 362kV급 GIS와는 크게 다른 기기 구성 및 규격을 가지고 있다. 특히 고속도 접지개폐기(HSGS : High Speed Grounding Switch)는 800kV GIS에서 처음으로 채용한 새롭게 설계된 장치이며, 계통의 고장회복 성능을 크게 향상시킬 수 있으리라 예상된다.

II ■ 800kV GIS 특성

우리나라의 800kV GIS는 세계에서 3번째로 상용 운전 되고 있으며 2점절 차단부의 2Cycle 차단시간 등 현재로서는 최고수준의 기술이 적용되었고, 동급 최대용량의 고신뢰성 기기로서 옥외 Full GIS형이며 고속도 다상재폐로를 위한 2차아크 제거장치인 고속도 접지개폐기(HSGS)를 적용하였다.

우리나라의 800kV GIS는 그 핵심기술인 차단부

의 설계, 제조기술을 자체개발하여 국내업체에 의해 제작하였으며, 주요 특징은 다음과 같다.

- 첫째, 옥외 충전부가 완전 밀폐된 Full GIS 형태
- 둘째, 고속도 접지개폐기의 적용
- 셋째, Particle의 영향 및 대책

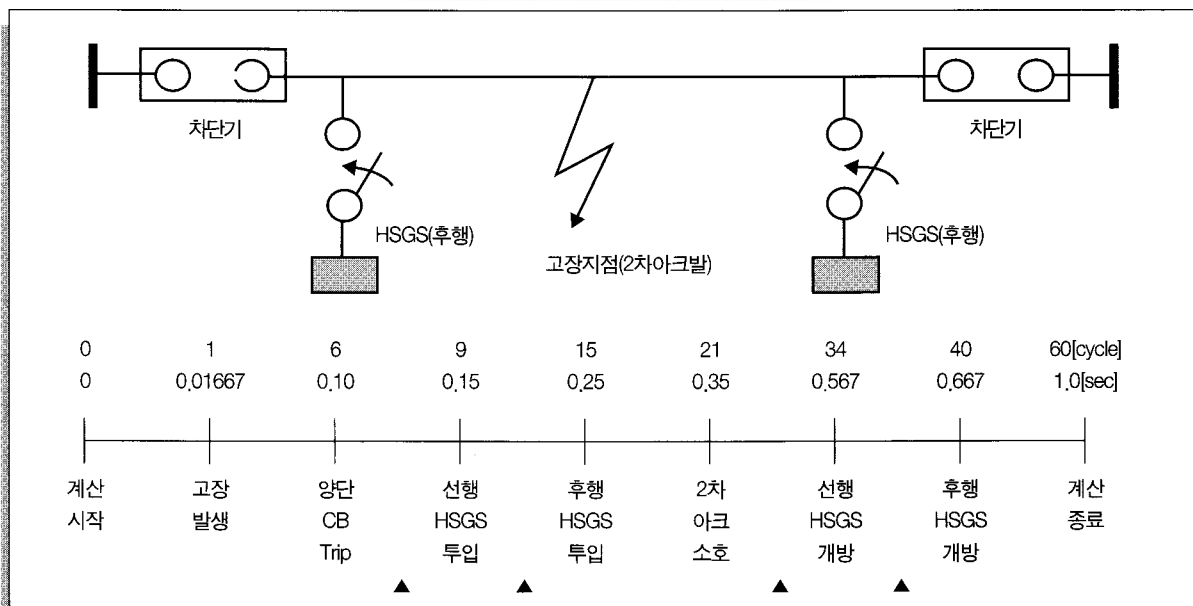
가. GIS의 형태

765kV 변전소에 설치하는 GIS는 소요 부지를 최소화하고 안전성 및 신뢰도와 환경조화 향상을 위하여 CB, DS, ES, HSGS, CT, PT, LA, BUS 등 모든 기기가 내장된 옥외 Full GIS형으로 결정하였다.

나. 고속도 접지개폐기(HSGS) 적용

우리나라의 765kV 송전계통은 동, 서해안의 대단위 발전전력을 경인지역으로 수송하기 위한 것으로 상시조류가 수백만 kW에 이를 전망이며 수직 2회선 첩탑을 사용하고 있어 루트단절 사고발생을 억제하

> [그림 2] HSGS의 동작원리 및 동작 Sequence(예)



기 위해 고속도 다상재폐로 방식을 채용하고 있다.

그런데 500kV 이상계통에서는 아크지락고장이 발생하여 차단기에 의한 고장상(相)이 분리되어도 다른 상 및 타회선(2회선 선로이므로)으로부터 정전 및 전자유도에 의한 아크(이를 2차 아크라 부른다)가 단시간 내에 소멸되지 않으므로 고속도 재폐로(1초 이내)를 할 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 경우 안정도 저하로 계통분리사고의 우려가 있으므로 765kV GIS에는 1초이내에 송전선로의 2차 아크에 의한 유도 전압, 전류를 소호하기 위한 투입 및 개방의 동작을 수행하는 고속도 접지개폐기(HSGS : High Speed Grounding Switch)를 설치하여 재폐로를 가능케 하였다.

다. 기기 특징

(1) 차단기

- ① 차단기는 2점절로 하였는데 현재까지 일본 1000kV GCB를 제외한 모든 765kV급 차

단기는 4~8점절이며 이는 10~30년 전의 기술로서 향후 미국, 캐나다 등에서도 2점절 CB로 대체할 전망이다.

- ② 정격차단시간은 2Cycle로 기존 362kV GIS의 3 Cycle보다 매우 짧다.
- ③ 고속도 대용량 차단성능을 얻기 위하여 고성능의 유압조작방식을 채용하였다.
- ④ 차단기 투입시 발생하는 썬지를 낮추기 위하여 차단부 극간에 투입저항을 삽입하여 주접점과 병렬로 연결하였다.

(2) 단로기

가스절연변전소에서 충전전류를 단로기로 개폐조작시 유기되는 급준과도과전압(VFTO)의 억제를 위한 방법의 연구는 UHV급 단로기 개발에 있어 가장 중요한 문제 중의 하나이다.

이에 대한 대책으로서 800kV 단로기는 저항삽입 방식을 채택하였는데 이것은 단로기에 의한 충전전류 차단시 발생하는 썬지를 효과적으로 억제하기 위

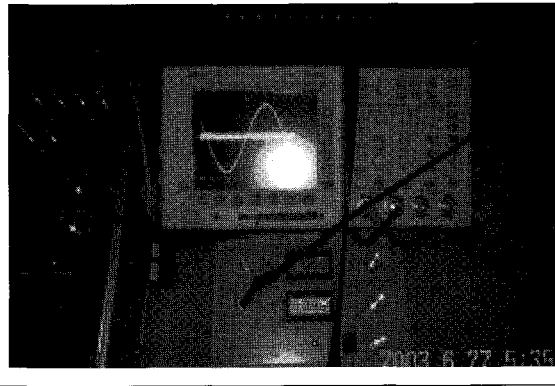
> GIS의 주요성격 비교

| 구 분 | 362kV | 800kV | 비 고 |
|------------|-------------|--------------|-----------------|
| 형 식 | Hybrid GIS | Full GIS | |
| 정격 용량 | 40kA/4,000A | 50kA/8,000A | 정격차단전류/정격전류 |
| 정격단시간전류 | 40kA, 1초 | 50kA, 2초 | |
| 절연강도(BIL) | 1175kVp | 2250kVp | |
| 차단기 정격차단시간 | 3 Cycle 이내 | 2 Cycle 이내 | 60 Hz |
| 차단점절수 | 1점절 | 2점절 | |
| 개폐썬지 배수 | 2.3 P.U | 1.8 P.U | 차단기, 단로기 |
| 단로기 | - | 개폐저항 취부 | VFTO 억제 |
| 고속도접지개폐기 | - | 8kA/700kVp | 전자유도차단전류/과도회복전압 |
| 피뢰기 | 별도(애관형) | 내장(탱크형) | |
| | 288kV, 10kA | 580kV급, 20kA | |
| 변류기 정격2차전류 | 5 A | 1 A | 2차회로 부담감소 |
| VT 철공진방지 | 미지정 | 구비 | |

> Spectrum Analyzer



> 오실로스코프/캘리브레이터



한 것이며, 충전전류 차단능력은 운전전압에서 1A 이다.

(3) 기타기기

- ① 765kV용 변류기는 정격2차전류를 1A로 하였고 과도시의 정확한 검출을 위하여 과도특성을 지정하였다.
- ② 개스절연형 계기용 변성기는 철공진방지장치를 취부토록 하였다.
- ③ GIS내장형(탱크형) 피뢰기는 방전전류 20kA, 방전등급 4등급의 고성능 Gapless형을 사용하였다.

라. Particle의 영향 및 대책

GIS는 절연성능이 우수한 높은 압력의 SF6가스를 사용함으로써 절연거리를 축소하고 도체표면 등의 고전계 상태에서의 사용이 가능한 반면, GIS내에 particle이 존재하면 그 절연성능에 미치는 영향은 상대적으로 크게 되고, 탱크의 진동 및 Particle 부위에 집중된 전계의 영향에 의하여 particle이 가스공간을 부상 비행하기도 하고, Spacer 및 절연물 표면에 부착하여 기기의 절연성능을 현저히 저하시키게

된다.

이러한 particle 문제는 전압이 높아질수록 그 영향이 크게 되는데 800kV급에 서는 특히 고려해야 할 것으로 이에 대한 대책으로 무엇보다 GIS내에 particle의 혼입을 최소화하는 것이 중요하다. 이를 위해 현장조립시 방진실(Clean Room)을 설치하였고 particle 부착시의 절연저하를 방지하기 위해 표면 coating, 절연 Barrier, 스페이서 형상 개선 등 각종 설계개선 대책을 수립 시행하였다.

또한 운반 및 조립과정에서의 도전성 이물 침투 등의 경우를 대비하여 성능의 최종확인을 위한 현장시험이 필수적이며 내전압시험과 부분방전시험을 병행 실시한다.

한편, 765kV GIS는 그 자체가 고가이며 FULL GIS형태로 설치됨으로 인해 내부를 점검하기가 곤란하고, 고장시 파급되는 영향이 크게 되므로 예방진단 시스템을 도입하여 GIS의 열화상태를 상시 On-Line으로 감시할 수 있도록 하였다. 예방진단 항목은 GIS 내부에 존재할지도 모르는 Particle등의 영향을 측정하기 위한 UHF 센서와 피뢰기의 열화 상태를 판정할 수 있는 자료를 취득하기 위해 피뢰기 누설전류 측정 장치를 설치하였다.

III ■ 800kV GIS 현장시험

765kV 변전소는 Full GIS형을 도입하여 고신뢰도, 고성능의 설비 구축을 위하여 시공과정의 품질 확보 대책으로 작업환경, 시공기준, 작업절차 등의 기준을 엄격히 준수하였음은 물론 조립공정에 방진룸을 사용함으로써 분진, 습기 등 절연파괴물질의 유입을 사전에 방지하였다.

800kV급 GIS는 운반과정에서도 주요 부품에 충격기록 장치를 취부하여 고장예방 조치를 취하였으며, 최초 개발품을 사용하는데 따른 성능확인을 위하여 현장시험에 최초로 진동성 개폐임펄스시험을 시행하였고 준공시험 및 시운전 과정에서 대부분의 문제점을 제거하였다.

또한 800kV GIS의 엄격한 시공절차 및 시험검사 기준을 통하여 제작사의 전반적인 시공기술 및 품질관리 기법이 향상된 것으로 판단되며, 향후 건설될 765kV 변전소는 물론 345kV 이하 변전소건설의 시공품질 향상에도 크게 기여할 것으로 예상된다.

800kV GIS의 설치 후 현장시험은 여러가지가 있으나 대표적인 시험 2가지만을 소개하면 진동성 개폐충격내전압시험과 부분방전 시험(UHF PD)을 들 수 있다.

가. 진동성 개폐 충격내전압시험

- 시험목적 : 가압전 GIS 절연내력의 건전성이나 장기적 절연내력의 신뢰성을 검증하기 위함.
- 시험설비 : 진동성 개폐임펄스 시험기 1200kV 72KJ(제작사 : 독일)
- 시험방법 : 상용주파 내전압 시험과 동일한 조건으로 주회로 대지간에 시험하며, 시험구간을 선정할 다음 시험구간의 파괴기를 분리하고 정격 개폐임펄스 전압의 80%를 인가함.

| 구분 | 정격 개폐임펄스 전압 | 시험 전압 |
|-----------|-------------|--------|
| 800kV GIS | 1,425kV | 1140kV |
| 362kV GIS | 950kV | 760kV |

- 판정기준 : 개폐임펄스대지간 내전압의 0.8배에서 규격에 허용된 파형으로 정·부 3회씩 인가하여 절연파괴가 없을 것.

> 허용파형

| 구분 | 기준파형 | 기준내 허용파형 | 최대 허용파형 |
|---------|----------|------------|---------------------------|
| 개 폐 임펄스 | 250×2500 | 파두 : ± 20% | 파두 : 150 μ s ~10ms |
| | | 파미 : ± 60% | 파미 : ±60% |

나. 부분방전 시험(UHF PD)

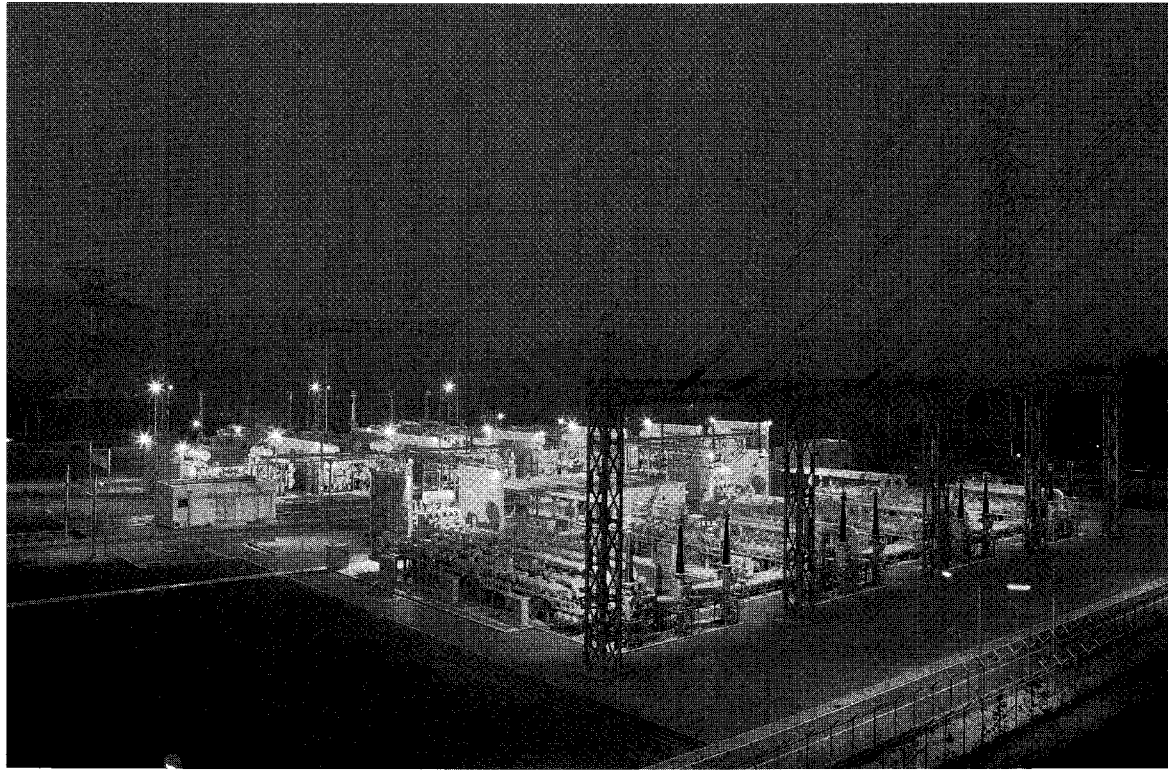
- 시험목적 : 가압전 GIS 절연내력의 건전성이나 장기적 절연내력의 신뢰성을 검증하기 위함
- 시험설비 : Partial Discharge Monitor(제작사 : 히타치)
- 시험방법 : 508kV에서 30분간 유지후 부분방전량 측정
- 판정기준 : 부분방전량이 20pC 이하일 것

IV ■ 결론

800kV GIS는 기존의 362kV GIS와 비교할 때 많은 특성 차이가 있으나, 국내 기술진에 의해 설계, 제작, 시공, 운전 등 기술자립을 도모하였다.

이러한 800kV GIS의 기술 확립으로 얻어진 경쟁력을 바탕으로 국내 제작사는 해외시장의 어떠한 진압계급의 차단기도 수출 가능한 기반을 확보할 수 있

> [그림 3] 765kV 신안섬변전소 전경



게 되었다.

이와 함께 국내 고전압 대용량 중전기 관련 산업의 기술고도화를 통해 기술자립도를 현저히 향상시키고 대부분의 시험을 국내의 한국전기연구소에서 자체적으로 시행, 성공함으로써 세계적으로도 이 분야에서 선진국 수준에 진입한 것으로 평가된다.

그러나 800kV GIS에서 현재 수입품에 의존하고 있는 고가의 외자품인 Bushing, PT, LA, HSGS 유

압조작기 등을 중점적으로 국산화하여 국산화율을 높여야 하는 것이 당면과제이다. 또한 막대한 800kV GIS의 가격을 축소하기 위하여 좀더 Compact하고 효율적인 설계검증을 통하여 개선점을 찾고, 나아가서는 100% 완전한 우리의 기술력으로 경쟁력 있는 제품을 만들 수 있도록 전력회사, 제작사 및 연구기관 등이 공동으로 노력을 지속해야 할 것으로 보인다.

참고문헌

1. 765kV 1단계 변전소 건설사업 종합분석 보고서(2004.4, 한국전력공사)
2. 송변전 건설 기술자료 - 2집, 765kV 변전소건설공사(2002.7, 한국전력공사)
3. 765kV 변전소 건설사업 사진자료집 (2002.12, 한국전력공사)