

開閉器技術의 現狀과 動向

변전소의 개폐설비의 원리, 구조도 시대의 변천과 함께 변화를 가져왔다. 최근에는 총전부를 금속 탱크 내에 수납하여 SF₆ 가스에 의하여 절연을 한다. 이른바 가스 절연개폐장치(GIS)가 주류를 점하게 되었다.

GIS는 실용기가 운전에 공급된 이래로 소형화, 대용량화, 고성능화, 고신뢰화 등의 면에서 급속한 발달을 해왔다.

여기서는 이 GIS에 대하여 변전소의 개폐기의 최근의 기술동향에 대하여 개설한다.

1. 최근의 技術動向

GIS는 72/84KV급이 최초로 적용된 이래 저전압에서 단계적으로 실용성능이 확인되면서 고전압, 대용량화를 향하여 착실하게 발달하여 지금은 550KV 1200A GIS도 사용되기에 이르렀다. 이것은 개폐기의 소형화와 고신뢰화가 강력히 요청되었기 때문이며 이 소형화의 요구에 부응하기 위한 해결기술로서는 3상일괄화, 복잡화, 절연 레벨의 합리화 및 차단성능의 향상을 들 수 있다.

한편 현재는 이들 소형화, 고신뢰화에 더하여 사회적 요청으로서의 보수 기간의 단축, 정지기간의 극소화, 한층 더 신뢰성의 향상과 함께 변전소에 설치되는 기기 전체로서의 시스템화 지향면에서 GIS에 대하여 자동화, 무인화가 요청되고 있다. 이 자동화, 무인화에 대해서는 현재 그 전제가 되는 기기의 고신뢰화, 장수명화가 기도되고 있으며 구체적으로 점검부품의 삭감이나 조작방식의 에어레스화에 의한 보기의 생략 등을 들 수 있다. 또한 이들 기기 자체의 고신뢰화와 함께 불량상태를 사전에 예지하여 사고로 이르기 전에 처리하여 한층 더 높은 신뢰성을 도모하기 위한 진단 기술이 개발되

고 있다.

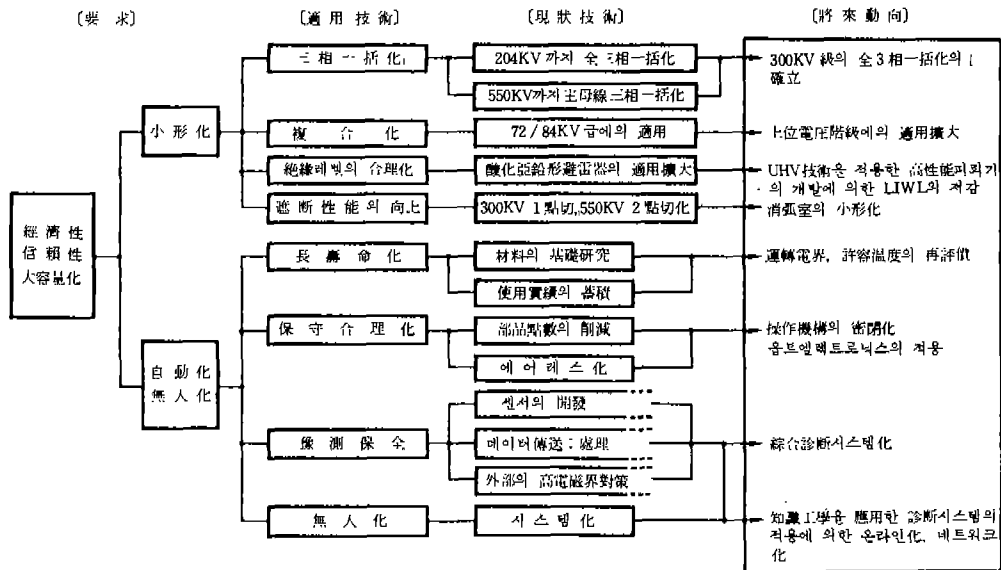
한편 이들 자동화, 무인화는 최근에 기술발달이 현저한 음트엘렉트로닉스를 구사한 제어 시스템의 융합도 요망되고 있으며 장차 추진될 것으로 전망된다.

이들 GIS의 기술동향을 그림 1에 들었는데 이들 일련의 GIS기술의 발달의 배경에는 기초기술의 발달, 해석기술의 향상, 제조기술, 시험기술의 향상, 제작, 운전경험의 축적을 들 수 있다.

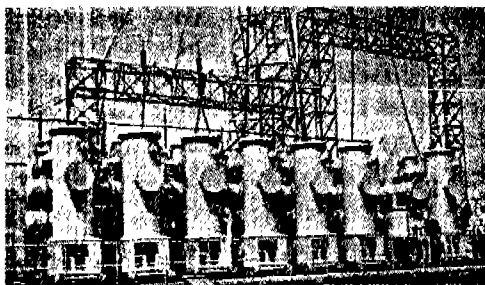
2. 최근의 技術

(1) 3相一括化

3상일괄화란 3상의 도체를 한 개의 탱크 내에 수납하는 것이며 GIS의 소형, 고신뢰화에의 적용 기술 중에서도 중심을 점하는 것이다. 과거의 GIS의 소형화에의 동향은 3상일괄화의 역사이기도 하며 현재는 이미 204KV 이하의 GIS에 대해서는 모든 기기 콤포넌트가 각각 3상일괄화된 이른바 전 3상일괄화를 기하고 있다. 또한 240KV 이상에서도 550KV까지는 주모선의 3상일괄화가 달성되고



〈그림-1〉 GIS의 技術動向



〈그림-2〉 72KV 全三合一括 GIS의 外視

있다. 그림2에 72KV 전3상일괄 GIS를 들었다.

3상일괄화를 실시하는데 있어서 특히 배려를 요하는 것은 相間的 절연설계가 있다. 더구나 이것은 차단기로 대표되는 전류의 개폐를 하는 기기의 개폐 동작 직후의 절연특성을 나타내는 동적인 것과 靜止狀態에서 電界가 안정되어 있는 정적인 것의 2종류로 구분할 수 있는데 그 중에서도 동적 절연설계가 주체가 된다. 특히 전술한 차단기의 3상일괄화는 동적 절연성능에 좌우된다. 즉 3상분의 消弧室이 하나의 탱크 내로 배출하는 차단시의 열 가스는 단상의 약 $\sqrt{3}$ 배가 되며 차단 직후에는 극간의 성능뿐만 아니라 상간의 절연성능을 확보하는 것이 중요하다.

한편 3상일괄화를 한다면 탱크徑은 단상의 경우

에 비하여 필연적으로 커진다. 이 탱크徑은 제조면이나 수송, 설치 작업성에서 당연히 한계가 있으며 극단적으로 크게 할 수는 없다. 통상 천수백mm가 최대로 되어 있다. 이와 같이 3상일괄화에서는 어떻게 작은 치수로 상간의 간섭에 견딜 수 있는지가 중요한 과제이다.

종래 204KV 이하의 GIS에 대해서는 비교적 차단용량도 작기 때문에 소형화의 소형화가 용이하게 실현되며 전3상 일괄화를 기했다. 한편 240KV 이상에 대해서는 근년에 소형이고 고성능의 차단기가 제작이 가능하게 되었으므로 240/300KV급에 대해서도 전3상 일괄화의 가능성이 있다.

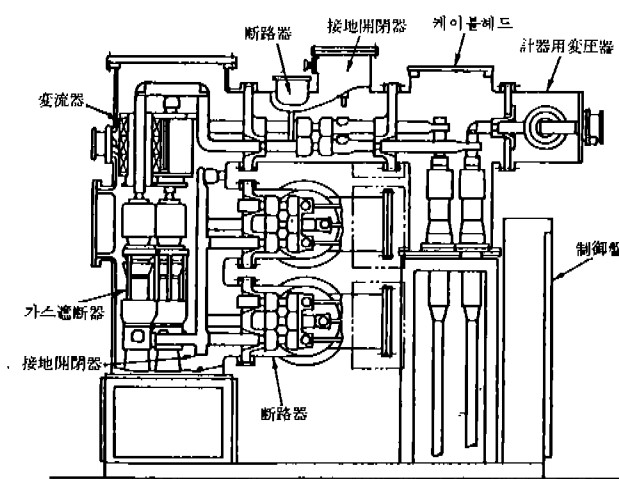
(2) 複合化

GIS는 개발 당초에는 종래형 기기를 가스 절연화하여 단지 모으는데 불과했다. 이른바 기기 콤포넌트를 쌓아올려 구성하고 있었다. 이에 대하여 복수의 기능을 하나의 탱크 내에 수납하는 사고방식이 있으며 이것이 복합화이다.

이같은 복합화의 사고방식은 종래로 부터 일부의 기기에서는 채용되고 있었으며 그 일례로서 주모선과 모선용 단로기의 일체화를 들 수 있다. 최근의 복합화는 이같은 사고방식을 기기의 신뢰성의 향상을 베이스로 더욱 발전시키기 위한 것이다.

한편 한마디로 복합화라고 해도 사용자의 입장에서 본 시방, 운용, 보수 등의 면이나 보다 제조자에게 가까운 수송, 설치, 제조, 품질면 등 각종 조건에 따라 그 내용은 달라진다. 즉 운용면이나 보수면 또한 수송, 설치시의 작업성 등을 고려하지 않는 경우에는 전기기를 하나의 탱크에 수납한 이른바 올 인원을 생각할 수 있다. 그러나 표준적인 단선결선인 2중주모선을 고려할 경우 양모선이 동시에 정지하는 것은 피해야 된다. 또한 1회선내의 보장이 타회선에 영향을 미치지 않아야 한다. 즉 보수, 운용면에서 GIS로서 최저 준수조건으로서 다음의 항목을 들 수 있다.

- ① 주모선 상호는 독립되어 있다.
 - 모선 점검시 타모선에 영향을 미치지 않는다.
 - ② 회선 상호는 독립되어 있다.
 - 점검시 타회선에 영향을 미치지 않는다.
 - ③ 모선과 회선은 서로 독립되어 있다.
 - 차단기 점검시 모선 및 선로측에 영향을 미치지 않는다.
 - 주모선 활성상태에서 차단기의 점검이 가능하다.
- 이들 조건은 GIS의 운용상의 기본사상인데 이와 함께 품질면 등 다른 요인에도 배려를 해야 된다. 그림 3에 이같이 설계된 72~120KV GIS의 구조를 들었다. 이 GIS는 차단기에 작업용 접지개폐기, 분기모선을 수납함으로써 종래형과 비교하여 설치면적에서 약 50%의 소형화를 기하고 있다.



〈그림-3〉 복합形 GIS의 구조

(3) 絶緣레벨의 合理化

절연 레벨의 합리화가 검토되어 온 기술적 배경으로서에는 에폭시注型品으로 대표되는 절연물의 신뢰성의 향상과 피뢰기의 발달 및 절연협조 해석기술의 고도화, 고신뢰성화를 들 수 있다.

우선 절연물의 신뢰성에 대해서는 충전부를 절연 지지하는 에폭시 주형 절연물에 관하여 에폭시와 금속, 에폭시와 가스 공간 등의 界面現象의 해명이 전기적 기계적인 면에서 크게 발달해온 것을 들 수 있다. 그 결과 절연강도의 불균형폭을 적게하는 주형 기술의 개발, 또한 그것을 평가하는 기술의 향상을 기하여 왔다. 이에 의하여 장기간에 걸친 절연물의 수명도 보다 확실하게 추정이 가능해졌고 이들의 데이터에서 高 스트레스下에서의 적용도 가능해졌다. 또한 근년에 급속히 발달해온 산화아연형 피뢰기는 우수한 비직선성에 의하여 낮은 보호 레벨을 얻는 것이 가능해졌고 특히 UHV급의 연구에서 보다 고성능의 산화아연소자가 개발되어 이에 의하여 보호성능 즉 V-I 특성이 우수한 산화아연형 피뢰기의 적용이 검토되기에 이르고 있다.

한편 대형 계산기를 사용한 해석기술의 향상으로 GIS의 각부에서의 雷서지, 개폐 서지의 분포도 알 수 있게 되어 이같은 계산에 의하여 피뢰기의 적절한 배치에 의한 절연협조가 가능해졌다.

이들 절연물의 신뢰성의 향상, 피뢰기의 발달과

	LIWL, 100%	LIWL, 80%
單相母線	100% 	80%
三相母線	100% 	80%

〈그림-4〉 LIWL 低減의 效果 (550KV에서의 비교)

해석기술의 향상과 함께 기기의 여유도를 내리지 않고 절연레벨의 합리적인 검토가 가능해져가고 있다. 그림 4는 550KV의 모선을 예로 하여 雷인펄스 耐電壓레벨(LIWL)을 20% 내렸을 때에 모선 사이즈를 어느 정도 저감시킬 수 있는지를 든 것이며 20%의 LIWL 저감으로 모선 사이즈를 20% 저감시킬 수 있다는 것을 표시하고 있다. 또한 이같은 LIWL 저감에 의한 기기의 소형화의 효과도 주회로 통전전류에 따라 좌우되며 대용량의 것은 통전전류에 의한 열적 요인의 제약을 받아 별로 소형화를 기할 수가 없는 경우가 있다.

(4) 遮断性能의 향상과 遮断點數의 削減

GIS의 소형화에 크게 기여하고 있는 기술 중에 차단기의 차단성능의 향상을 들 수 있다.

가스 차단기의 차단시 극간에 수만K의 매우 고온의 아크가 발생하는데 이 고온 아크에 고압의 SF₆ 가스를 스프레이하여 소호하는 것이다. 중용량의 單壓式 가스 차단기가 제품화된 이후 가스의 흐름의 해석이나 측정, 아크 특성의 해석이나 측정 등 차단현상에서의 기초연구 및 수치해석기술의 향상으로 소호성능의 향상, 소호실의 소형화를 기했다. 그 결과 그림 5와 같이 소호실 1점당의 차단용량이 대폭적으로 증대되었다. 이같은 차단성능의 향상으로 차단점수의 삭감이 가능해져 현재는 이미 240/300KV급은 1점, 550KV급은 2점으로 제작할 수 있게 되었다.

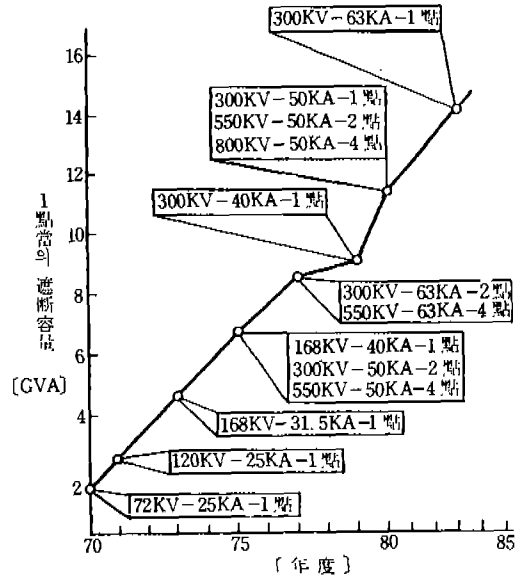
(5) 基礎技術, 解析技術의 向上

여기서는 GIS기술 그 자체가 아니고 이것을 지지하고 있는 기술의 하나인 해석기술에 대해서 소개한다.

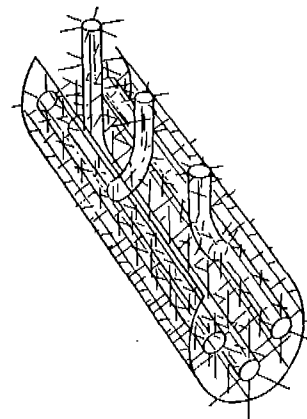
GIS의 현상은 전기적인 것에서부터 기계적, 화학적인 것에 이르기까지 다기에 걸쳐 있다.

기기의 개발, 설계단계에서는 이들 여러 가지의 현상에 대한 패러미터 특성을 파악하고 또한 동작, 거동특성을 조사해야 된다. 이같은 제특성을 파악하여 신뢰성이 높은 기기를 설계하기 위해서는 실험검증만으로는 한계가 있어 해석기술에 의존하는 바가 크다.

현재는 강도, 진동, 흐름, 열, 전자계, 과도현상 아크 등에 관한 해석방법이 개발되어 실용화 되고



〈그림-5〉 單壓式 GCB의 遮断性能의 向上



〈그림-6〉 電界解析例

있다. 그림 6은 3상모선의 전계해석의 일례인데 현재는 대형 계산기를 사용하여 정도가 높은 해석이 가능해져 설계단계에서 보다 용이하게 성능평가가 가능해졌다.

(6) 診斷技術

이상 소개한 바와 같이 GIS는 보다 소형, 고신뢰화를 목표로 해석기술의 향상 등을 배경으로 3상일체화, 복합화 등이 추진되었는데 GIS 신뢰성향상을 기하는 하나의 수단으로서 근년에 진단기술이 향상되었다.

현대 사회에서 전력은 불가결의 것이며 정전이 때
때로 사회문제화되고 있는 바와 같이 전력의 안정
공급에 대한 요구는 앞으로도 증대될 것이다.

변전기기의 사고시의 영향은 매우 커질 가능성이
있으므로 사고의 전조현상을 자동적으로 파악하여
미연에 방지를 하려는 요구가 높아지고 있다. 또한
GIS는 수개~백수십개의 가스 구획된 유닛으로 구
성되어 있는데 급속 케이스로 밀폐화되어 있기 때
문에 사고점의 판별에는 매우 큰 곤란이 따른다.
조급한 복구를 위해서는 어느 구획에서 사고가 발
생했는지를 알아야 하며 사고점 표정장치에의 요구
도 큰 것으로 되어 있다.

GIS의 진단항목으로서는 개폐특성 및 지락검출
이 특히 중요하다. 표 1에 고장항목에 따라 GIS에
서의 전조현상과 검출기술을 들었다.
전을 발생시키는 수가 많으므로 이것을 검출하는것

은 GIS의 이상을 진단하는데 유력한 수단이 된다.
부분방전 측정법으로서는 절연 스페이서의 접지매
립전극을 사용하는 방법 등이 있다. 한편 기기 내
에 존재하는 미소한 도전성 이물이 과전중에 운동
하여 탱크에 충돌함으로써 발생하는 초음파를 측정
하여 이물의 존재의 유무를 검출하는 것으로서 초
음파측정장치가 있다.

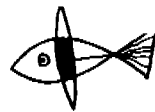
3. 앞으로의 技術動向

지금까지 해설한 바와 같이 GIS는 소형화, 고신
뢰성의 요구에 따라 기초기술이나 수치해석 기술의
향상 또는 제조, 시험기술의 향상 운전경험의 축적
등의 기술을 기초로 3상일괄화, 복잡화, 절연레벨
의 합리화, 차단성능의 향상 등이 추진되었다. 앞
으로도 더욱 소형화, 고신뢰화는 추진될 것이다.

한편 최근 눈부신 발달을 이룩하고 있는 마이크
로엘렉트로닉스나 옵트로닉스의 도입으로 보다 고
기능의 GIS가 제작되게 되어 변전소의 자동화, 무
인화도 가능해질 것으로 전망된다. *

〈표-1〉 故障의 前兆現象과 檢出技術

故 障 項 目	前 兆 現 象	檢 出 技 術
① 절연성능에 관계되는 것	코로나放電 異常音 가스壓 저하 가스中 水分증가 가스 분해 절연저항저하	코로나 검출기 초음파 검출기 압력센서 하이그로미터 자동 가스分析裝置, 가스檢知管 절연저항계
② 통전성능에 관계되는 것	온도상승증대 주회로 저항증대 가스壓 상승 전극소모증대	온도 센서 주회로 저항계 압력센서 X선 진단법
③ 기계적성능 에 관계되는 것	개폐시간증대 전극소모증대 동작회수과잉 구동계의 마찰력증대 구조변형	저속구동법 저속구동법 동작회수계 저속구동법 X선진단법



여기서는 이들 診斷技術 중 일례로서 절연성능에
관한 것에 대하여 해설한다.

표에서와 같이 GIS의 절연성능 저하의 원인으로
서는 전극 표면의 電界集中, 절연물의 열화나 도전
성 이물의 혼입등을 들 수 있다. 이들에 의한 절연
성능의 저하는 절연과피에 이르는 전조로서 부분방