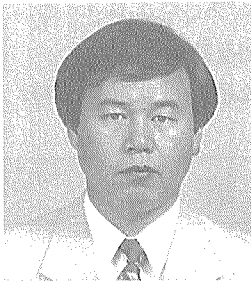


가스絶緣 開閉裝置(GIS) 의 最近 技術動向



産業技術情報院
仁川地域情報센터
所長金石鎭

1. 서론

현대 고도정보화 사회에 있어서 전기에너지에 대한 의존성이 매우 높아지고 있기 때문에 종래의 高電壓化, 大容量化 등 전력의 量的문제 뿐만 아니라 高品質의 전기에너지 요구가 제한없이 높아가고만 있다. 또한 전력공급 障礙時 사회에 미치는 영향이 막대하기 때문에 高信賴性的의 가스絶緣 開閉裝置(GIS)가 요청되고 있다.

변전설비의 高信賴化, 小形化, 無補修化를 주목적으로 개발된 GIS는 1968年初 實系統 운전을 개시한 이래 뛰어난 효과가 확인되었고 현재는 特高壓 이상까지 全電壓에 걸쳐 범용적으로 사용되고 있다.

GIS는 SF₆ 가스의 방전특성이나 注型 絶緣物の 제특성으로 대표되는 기초기술과, 遮斷器, 斷路器 등 각구성 기기의 설계기술을 기초로 하고 있으며 적용 기술, 평가기술, 제조기술, 해석기술의 발전에 따라 시스템으로서의 완성도를 높여가고 있다.

본고에서는 이러한 GIS의 기술동향, 구성요소의 기술적 과제 등에 대해 소개해 보기로 한다.

























2. GIS의 변천

GIS의 발전단계는 (圖1)과 같다. GIS는 각 구성 기기의 高電壓 充電部의 各相을 독립된 接地 金屬탱크에 수납시킨 相分離形으로부터 출발하였다. 그후 三相分의 主母線 導體만 동일 탱크에 수납시킨 主母

線 三相 一括型을 거쳐 각 구성 기기의 三相分을 동일 탱크에 수납시킨 全三相 一括型으로 발전되었다.

정격전압 550kV에 있어서는 현재 主母線만 三相 一括化가 되어 있다. 全三相一括化에 있어서는 기기가 대형화 되어 제조, 수송, 설치의 제약이 있기 때문에 하위전압급과는 다른 관점에서 축소화, 고신뢰화 시킬 필요가 있다.

高電壓・大容量化, Airless 機器의 適用擴大

| 構成方式 | 定格電壓 (kV) | | | | | | | |
|----------|---|--|--|--|--|---|---|--|
| | 72 | 84 | 120 | 168 | 204 | 240 | 300 | 550 |
| 相分離型 |  1968年 |  1969年 |  1969年 |  1970年 |  1971年 |  1971年 |  1976年 |  1976年 |
| 主母線三相一括型 |  1969年 |  1969年 |  1970年 |  1970年 |  1978年 |  1981年 |  1982年 |  1982年 |
| 全三相一括型 |  1987年 |  1987年 |  1976年 複合化 |  1978年 |  1978年 |  1987年 |  1987年 |  1987年 |

(圖 1) GIS形態의 變遷

3. GIS의 기능향상

용지확보가 곤란한 도심부에서는 자연스럽게 受電電力의 高電壓化, 大容量화를 필요로 하고 있고 초고압 계통의 도심부 도입시에 있어서는 보다 소형이면서도 신뢰성이 높은 GIS가 요구되고 있다. 이러한 GIS의 기능 향상을 위해서 GIS의 複合化 및 全三相 一括化가 추진되고 있다.

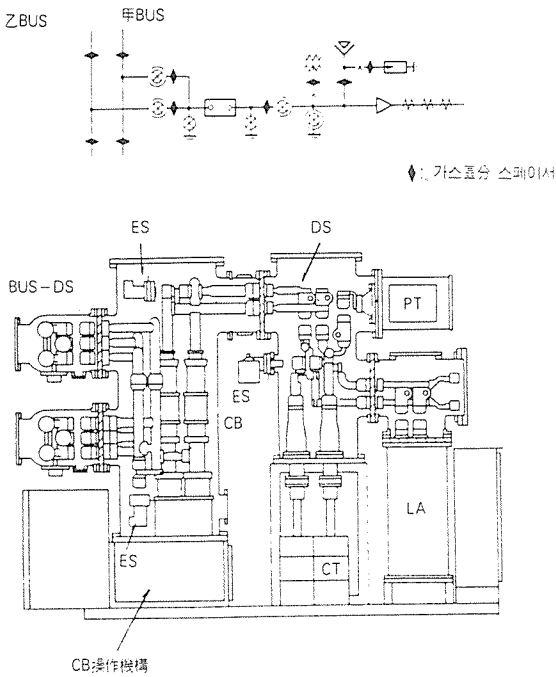
3-1. 複合化

종래의 GIS는 구성기기 요소마다 독립된 容器에 수납시키는 것을 원칙으로 삼았다. 즉 遮斷器 (CB), 斷路器 (DS), 變流器 (CT), 主母線 (BUS), 케이블헤드 (CHD) 등 각각의 독립된 기기를 조합시켜 GIS를 형성하였다. 따라서 GIS

의 소형화를 효과적으로 달성시키기 위해서는 容器 등 構成部品數를 삭감시키는 것이 포인트가 되며 기능상 허용된 범위내에서 한개의 容器內에 구성요소를 복수개 수납시키는 소위 複合化가 유력한 수단이 되고 있다.

複合化에 있어서는 補修 運用性, 사고시 대응력, 운송, 설치 등을 종합적으로 고려하여 複合化의 程度를 결정할 필요가 있다.

(圖2)에 複合화된 축소형 GIS 내부구조의 예를 도시하였다. 遮斷器 블럭 (CB, ES), 母線 (DS, ES, CHD)의 복수기기가 각각 한개의 용기 내에 수납되어 있다. 특히, 線路側 유니트에는 PT 등의 스위치장치도 수납되어 있어 다양한 형태의 기기구성에 대응할 수 있도록 하였다. 현재는 72/84kV, 120kV급 GIS에 채용된 후 사용실적을 쌓아가고 있으며 앞으로 상위전압단계까지 적용, 확대될 것으로 기대되고 있다.



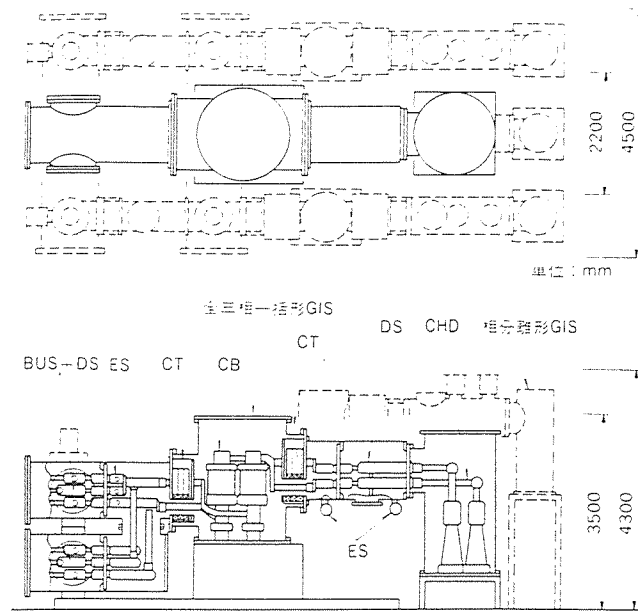
〈圖 2〉 縮小形GIS의 內部構造 및 單線結線圖

3-2. 全三相 一括化

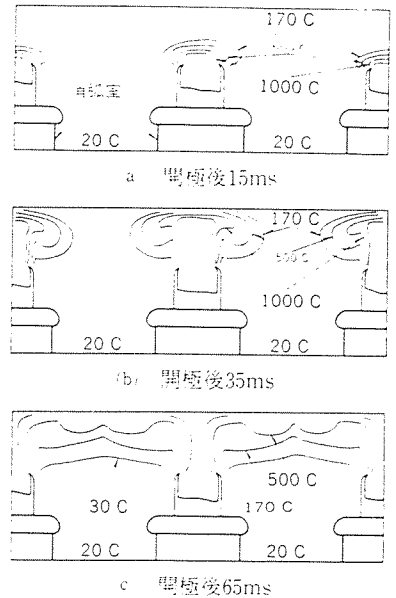
〈圖3〉에 240/300kV 相分離型 GIS와 全三相 一括型 GIS의 비교를 나타내었다. 設置面積에서 50%, 容積에서 40%, 重量에서 70%의 감소를 나타내고 있으므로 도시, 건물 등의 제약이 많은 도심 변전소에서 크게 효과를 나타내고 있다. 또한 단한번으로 수송이 가능한 크기이기 때문에 현지에서의 接續箇所 절감에 따른 공기단축과 신뢰성이 향상되었다.

三相 一括型 GIS 설계상 가장 중요한 과제의 하나는 CB차단후의 熱가스流 존재하에서의 절연성능으로서 그 해석예를 〈圖4〉에 표시하였다. 그림 a), b), c)는 차단전류 50KA, 아크 시간 1 사이클일 때 遮斷器 용기내의 가스온도 분포를 나타낸 것이다. 熱가스流 존재시의 절연성능은 三次元 電界解析에서 구한 電界強度와 가스온도에 따른 雷임펄스 許容電界를 대응시켜 평가할 수 있다. 이러한 기술을 구사하여 消弧室의 最適形狀 및 相間距離를 결정하여 제작하였다.

이상과 같은 각종 해석 및 시험결과에 따라 내부 구조를 최적화 시킴으로서 相分離型과 동등 이상의 충분한 絶緣 信賴性を 갖출 수 있었다.



〈圖 3〉 240/300kV상 分離形 GIS와 三相一括形 GIS의 比較



〈圖 4〉 短絡遮斷時의 가스 溫度分布

4. GIS의 제조기술

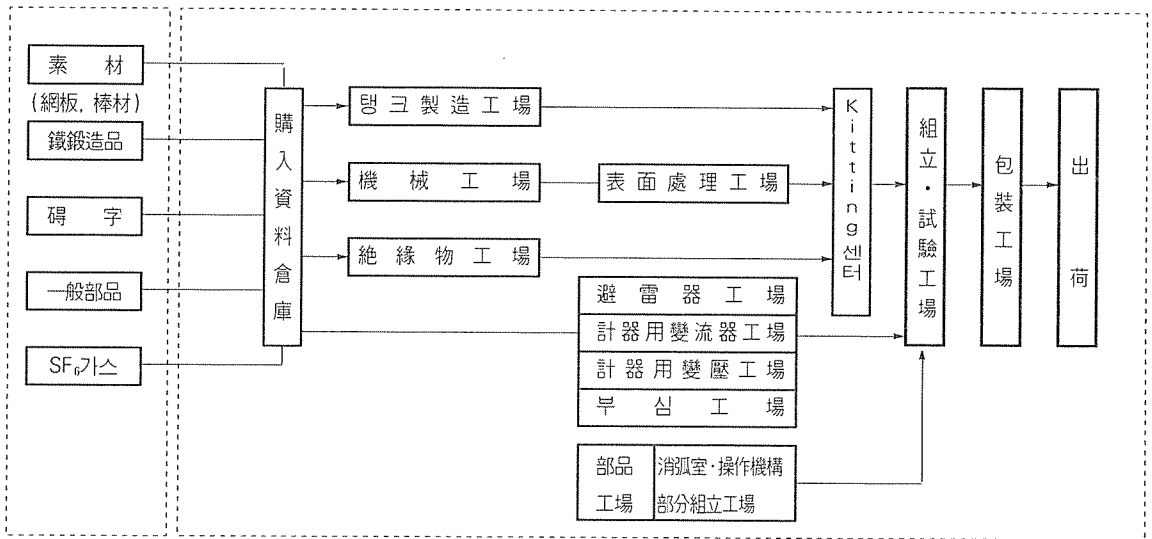
고신뢰성 경제성이 뛰어난 GIS의 실현에는 제조 기술이 반드시 뒷받침돼 주어야 한다.

絶緣, 遮斷 등의 현상에서는 가스 密度나 電界強度가 크게 관여되기 때문에 미세한 제조상의 결함이 GIS의 성능에 중대한 영향을 미치게 된다. 최근 컴퓨터를 이용한 解析技術과 絶緣技術, 遮斷技術의 발전에 따라 기기의 소형화, 고신뢰도가 요구되고 있는 GIS 제조가 점점 더 용이해 지고 있다.

GIS의 제조에는 注型 絶緣物을 시작으로 密封容

器, 鐵鍛造部品 등의 부품제작 공정과 그후의 조립 시험공정까지 여러분야의 제조기술을 필요로 하고 있다.

〈圖5〉는 GIS 제조공정의 한 예를 나타낸 것이다. GIS의 제조공정은 기기의 품질향상과 안정화가 요구되고 있기 때문에 고도의 제조기술이 요구되고 있다. 그러므로 부품 제조공정에서는 주요 가공공정의 NC화, 자동화, 작업환경의 정비를 적극적으로 실시하고 있고, 또한 조립 시험공장에서는 공장의 청결화, 작업의 기계화, 관리기술의 향상에 노력을 기울이고 있다. 이하 각 공장에서의 최근 동향에 대해 소개하기로 한다.



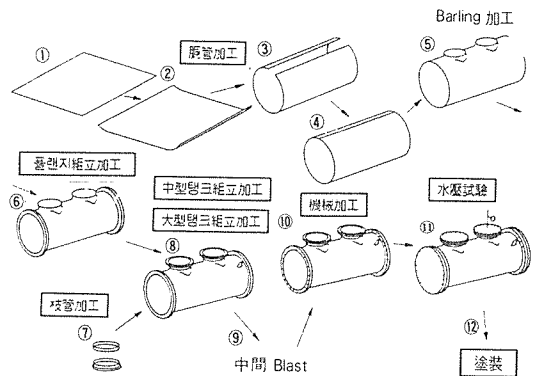
〈圖 5〉 GIS의 構造工程

4-1. 탱크제조 공장

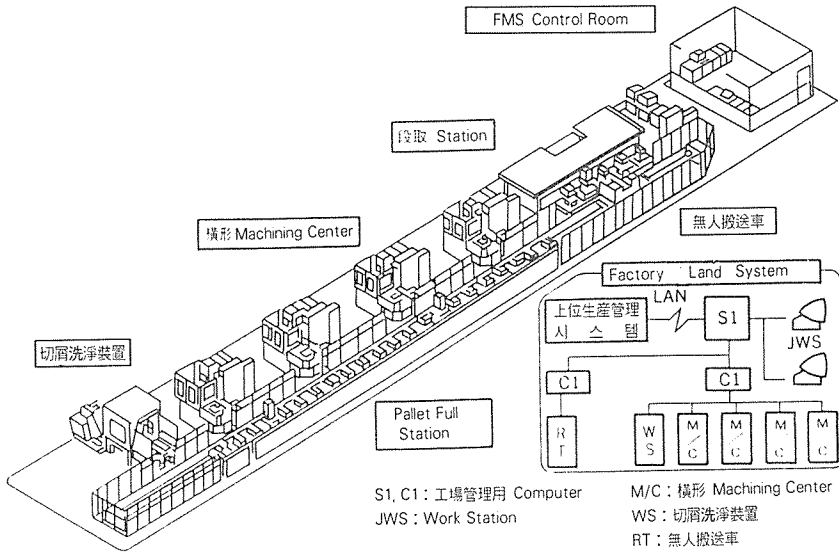
GIS 주요부품의 하나인 탱크(GIS용 밀봉용기) 제조에는 지금까지 탱크 胴體에 Barling 가공법이나 플랜지의 Seal면 가공기술을 사용해 왔다. 그러나 탱크의 가공품질과 제조효율의 향상이 한층 더 요구되고 있기 때문에 현재는 소재의 투입부터 도장까지 탱크제조的全工程이 一貫라인화 되었다.

4-1-1. 탱크 제조공정의 일관라인화

탱크 제조공정중 板金加工을 胴管加工, 胴플랜지 조립가공, 枝管가공, 중형 탱크 조립가공, 대형 탱크



〈圖 6〉 탱크 製造 工程



〈圖 7〉 小形部品 FMS라인

조립가공의 5개 블록으로 재편시킴과 동시에 플랜지 면의 기계가공, 수압시험, 塗裝을 同一胴内에서 一貫加工 라인화시켜 〈圖6〉과 같이 조립 공장에 직결시켰다. 따라서 Seal면의 상처 발생과 이물질 혼합이 미연에 방지될 수 있어 보다 더 큰 신뢰성 향상을 이룰 수 있었다.

4-1-2. 자동화기기의 도입

탱크 제조라인의 구축에 있어서 주요 가공공정의 자동화를 적극 추진함으로써 품질 향상 및 품질 안정화와 제작 코스트의 절감을 달성하였다. 자동화 기기의 도입에 따른 고려사항은 다음과 같다.

- 1) 탱크의 주요 용접부를 확립하는 기술과 용접 로봇에 의한 자동화로 품질의 안정화를 도모한다.
- 2) 판금 조립 작업을 기계화, 장치화하여 치수의 오차를 억제시킨다.
- 3) 용접부 품질의 확인을 위해 중간에서 Blast Cleaning을 시행한다.
- 4) 대형기계 가공은 NC로 FMS화 한다.
- 5) 수압시험시 누설의 검출이 용이하도록 형광도료에 의한 누설 테스트를 全數 實施한다.

4-2. 기계공장

기계공장은 상기 탱크제조 라인과 같이 특정 가공물을 다루는 전용라인과 Group Technology로 각종 가공물을 형상가공 특성에 따라 분류, 집중적으로 가공하는 GT 라인의 2계통이 있으며 모두가 NC기의 도입 확대 및 가공물의 부착·탈착의 자동화를 이루고 있다. GIS의 부품가공에 관련되는 설비에 대해 간단히 소개하면 다음과 같다.

4-2-1. Ring Lever 가공 Cell

GIS의 구동부품인 Ring Lever를 가공하는 전용라인으로서 NC 横프라이스, 横形 머시닝 센터, 브로치盤 등으로 구성되어 있다. 溝加工과 多面加工이 필요한 부품을 NC기로 처리함에 따라 고효율의 생산이 이루어지고 있다.

4-2-2. 소형 부품 FMS 라인

横形 머시닝센터(펠렛 사이즈 500mm) 4대와 스크래치 洗淨装置를 無人 搬送車로 연결시키는 라인으로서 알루미늄 鑄物製 내부도체나 소구경 플랜지의 가공을 수행하고 있다. 이 라인에서는 공장관리용 컴퓨터에 의해 작업계획, 반송차 제어, 가공용 NC 프로그램의 관리가 이루어지고 있어 다양한 대상물

의 가공을 효과적으로 수행하고 있다. <圖7>에 그 개요를 나타내었다.

4-2-3. 봉재 가공블럭

Bar Feeder가 부착된 NC 선반과 로봇 결합의 NC 복합선반으로 구성된 블럭으로서 조각기 전용핀, 注塑 絶緣物用 금형, 중심도체를 주로 가공한다.

기계공장에서는 NC 프로그램의 初品과 가공로봇의 初品을 검사하여 가공 품질을 확인하고 있으나 앞으로 기계공장의 무인화를 대비한 품질보증 체계의 확충이 필요하다고 생각된다.

4-3. 표면처리 공장

표면처리 공장에서 행하고 있는 각종 도금중 GIS에서 가장 중요한 처리는 通電部品の 銀鍍金이다. 그 중에서도 알루미늄 주물, 동합금에 대한 은도금 기술의 안정화가 중요하다. 또한 도금 품질의 안정화를 위해서 鍍金液의 組成, 鍍金液의 溫度, 鍍金 時間, 鍍金 電流密度 등 4가지 항목의 관리도 중요하다.

도금 공장에서는 이를 위해

- 1) 도금 종류에 따른 전용 라인화
- 2) 각 鍍金槽에 자동 정전류 장치의 설치
- 3) 도금 작업의 표준화와 QC 공정도에 따른 관리 철저
- 4) 도금액의 정기적 분석
- 5) 마스크에서 도금에 이르기까지 전공정의 자동화에 따른 처리조건의 균일화 및 안정화를 수행하고 있다.

또한 외관, 막두께, 밀착성에 대한 각종 검사를 실시하여 도금품질의 확보에 노력해야 한다.

4-4. 절연물 공장

注塑 絶緣物은 GIS의 절연성능을 확보하기 위해 가장 중요한 부품으로서 재료에서부터 제조설비, 금형 제작까지 일관 제조하고 있다.

절연물 공장에서는 품질 향상을 위해 다음과 같은 공정관리를 수행하고 있다.

- 1) 材料 管理 : 전재료의 분석과 이력관리
- 2) 計量 混合 : 계량 혼합의 자동화와 주입까지의 전 공정의 密封 페루프화에 의한

이물질 관리

- 3) 형틀 組立 : 작업장의 방진화에 따른 이물질 관리
- 4) 硬化 : 금형온도 勾配의 제어와 경화물의 특성시험 실시

또한 절연물에 대해 전기시험을 마지막으로 실시하여 절연성능을 확인하고 있다.

4-5. 조립공장

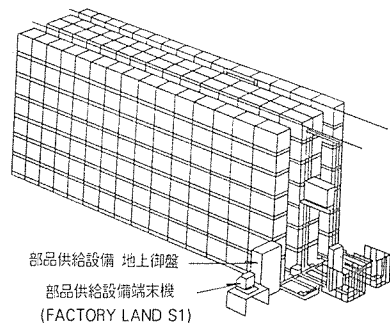
GIS는 전형적인 다품종 소량생산품이나 부분적인 조립 유니트로서는 라인화도 가능하며 생산효율의 향상도 기대할 수 있다. 조립공장의 淸淨化, 부품의 淸淨化 관리, 조립의 기계화, 작업의 관리개선도 중요하다 조립공장의 유기적인 결합에 의한 부품키트화로 부터 조립, 시험까지의 일관 생산라인을 할 필요가 있다.

4-5-1. 조립공장의 청정화

GIS의 내부에 金屬性 異物質이 혼합되면 전기적 특성에 큰 영향을 미치게 된다는 것은 주지의 사실이다. 따라서 부분조립에서 총조립까지 공장 전체에 있어 淸淨化를 실시한다. 조립공장의 防塵化, 空調機의 개량 등은 제품품질의 향상뿐만 아니라 품질에 관한 작업자의 의식 수준에도 有無形의 영향을 주게 된다.

4-5-2. 자동 부품공급 설비와 키트작업

조립 부품의 입수에서 조립일정 계획에 대응한 조립단위 마다의 부품 拂出과 부품의 淸潔化를 효율적으로 수행하고 특히 한정된 조립공장 주변 공간의 활용을 도모하기 위해 <圖8>과 같이 자동 부품공급

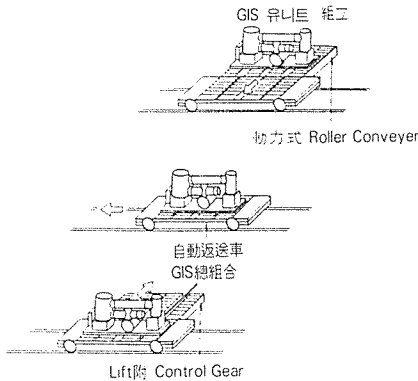


<圖 8> 自動 部品供給 設備

설비를 설치, 部品 入手, 保管, 拂出을 컴퓨터로 관리하도록 한다. 또한 拂出部品은 專用 洗淨設備에서 洗淨, 乾燥後 조립공장으로 반입되게 된다.

4-5-3. MH의 개선

조립공장의 통합에 의한 集中化는 物流損失을 대폭적으로 개선시킨다. 조립공장내에서는 컴퓨터로 제어되는 각종 自動搬送設備를 설치하여 조립부품이나 반제품을 다음 공정으로 자동반송시킨다. <圖9>의 搬送系統은 조립 작업의 기계화, 장치화와 더불어 조립공장의 Crainless화를 지향한 것으로서 防塵 管理와 효율적 생산을 추진하는데 필수 불가결한 요소라고 생각된다.



<圖 9> 自動 搬送設備

4-5-4. 조립작업의 기계화와 장치화

<圖10>과 같이 각종 조립작업용 manipulator의 도입은 작업 자세의 개선 및 작업 효율의 향상을 위해 효과적인 수단이 된다. 대표적 장치로는 스페이스 부분 조립용 manipulator나 블럭 조립용 manipulator가 있으며 또한 총조립 작업용으로서 GIS의 외장부품 부착작업 등 高所作業용 Bridge Lifter를 들 수 있다.

4-5-5. 자동시험장치의 도입

조립된 GIS의 공장시험을 자동적으로 수행하고 데이터처리 출력도 가능한 시험장치가 필요하다. 그중에는 試製品의 位置調整을 위한 가스절연 방식

의 耐電壓 시험장치가 있다. 이는 부상을 거치지 않고 試製品에 고전압을 직접 인가시켜 전기적 제특성을 검사하는 장치이다.

5. Cubicle형 GIS(C-GIS)의 기술동향

0.3MPa 이상의 고압 SF₆ 가스를 봉입한 圓筒形 GIS는 시가지에 신설되는 전력배전설비를 대상으로 하고 있다. 최근 산업구조의 변화에 따라 대도시에 인테리전트 빌딩이 다수 출현하고 있다. 이러한 장소에서는 신뢰성, 안정성의 향상 뿐 아니라 보수의 간소화와 제한된 공간에 설치할 수 있으며 주위환경과의 조화를 이룰 수 있는 개폐장치가 요구되고 있다.

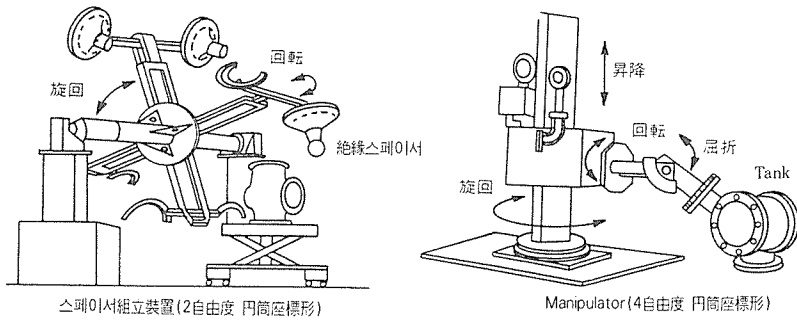
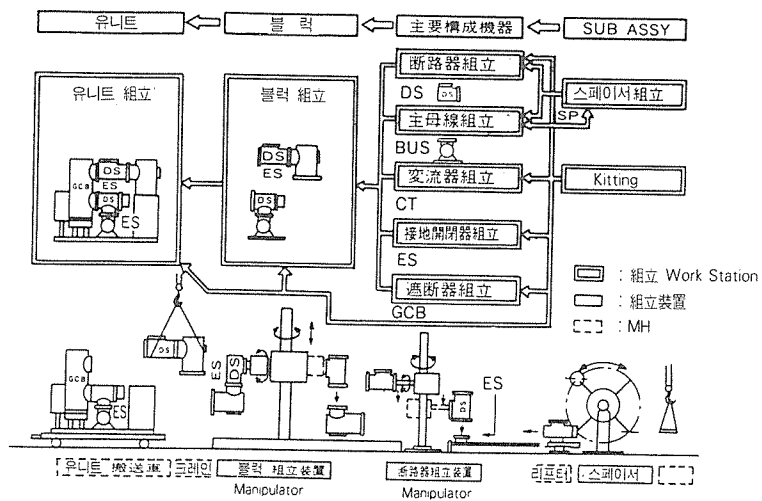
이를 위해 角形 容器에 기기를 수납시키고 0.2MPa 이하의 低壓 SF₆ 가스를 봉입시킨 큐비클형 가스절연 개폐장치(C-GIS)가 등장하였다. 이는 주로 7.2kV 급에서 72/84kV급까지의 수변전 설비 및 배전 설비에 보급되고 있다.

GIS와 C-GIS의 적용전압의 추이를 <圖11>에 나타내었다.

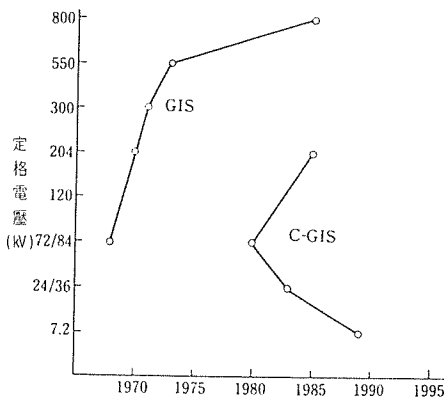
5-1. C-GIS의 특징 및 정의

C-GIS의 필요성과 특징을 간략히 말한다면 角形 容器에 의한 고집적화, 主回路 밀폐에 의한 신뢰성, 안정성의 향상, 보수점검의 省力化 및 장비수송에 의한 공기의 단축 등이다. 또한 遮斷器 양측에 斷路器가 부착되기 때문에 MOF를 접속시킨 수변전 설비나 접속기기가 비교적 많은 전력 배전설비 등에 적합하다.

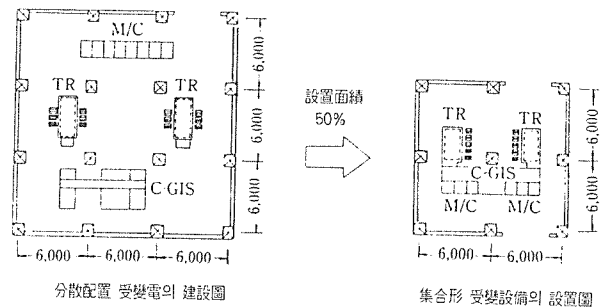
C-GIS는 GIS에서 축적된 가스 절연기술 및 밀폐 기술을 응용, 氣中絶緣 스위치기어의 絶緣媒體인 공기 대신 低壓 SF₆ 가스를 밀봉시킨 장치이므로 가스 封入容器를 角形으로 할 수 있다.



〈圖 10〉 各種組立作業用 Manipulator



〈圖 11〉 GIS와 C-GIS의 適用電壓 推移



〈圖 12〉 集合形 受變設備 適用例

5-2. C-GIS의 제작동향

5-2-1. 需用家用 C-GIS

一般 需用家用 C-GIS는 7.2kV에서 204kV까지가 실용화되어 있다. 또한 그 실적도 많아 일본의 경우 1990년도 제작실적은 2,373 유니트이다. 그중 一般 需用家用이 1,592 유니트(48%), 24/36kV 이하가 39 유니트(16%)이다.

최근 고도정보화 사회에 있어서는 전원의 無停電化가 필요하며 需用家 설비에 있어서는 신뢰성 향상 및 소형화가 요구되고 있다. 이러한 요구를 만족시키기 위한 需用家 설비는 다음의 특징을 갖추어야 한다.

- 1) 수전계통의 이중화에 따른 계통의 신뢰성 향상
- 2) 수변전 설비의 전체 가스화에 따른 기기의 신뢰성 향상
- 3) 수변전 설비의 집합화에 따른 설치공간의 축소화

(圖12)에 72kV/7.2kV 집합형 수전설비의 적용예를 나타내었다.

이는 一次 開閉裝置인 C-GIS의 변압기 및 前面 補修形의 二次 開閉裝置를 集合配置시킨 것으로서 分散配置와 비교해 볼 때 설치공간이 대폭 축소되었음을 알 수 있다.

5-2-2. 電力用 C-GIS

배전용 변전소는 그 수도 많고 일반수용가에 가장 근접하고 있기 때문에 구성기기의 Cost Performance가 높지 않고 요구되고 있다. 또한 최근에 들어와서 변전소용 부지확보가 매우 어렵기 때문에 공간 사용 효율이 높고 신뢰성 높은 기기의 요구도 높아지고 있다. 이러한 요구에 따라 72/84kV급 변전소에서는 C-GIS가 다수 채용되고 있다.

변전소용 C-GIS는 다음과 같이 구성하는 것이 바람직하다.

- 1) C-GIS는 변압기 뱅크 단위로 유니트화 시킨다.
- 2) C-GIS 유니트 사이는 전력 케이블을 이용한 母線構成으로 한다.
- 3) 변압기와 C-GIS는 管路 直結方式으로 한다.
- 4) 변압기, 7.2kV 配電盤과 C-GIS가 일체로 구성된 패키지 변전소를 구성한다. 따라서 主回路

充電部가 노출되지 않고 외관이 간단해져 주위 환경과 잘 조화된다.

5-3. 유럽의 C-GIS의 동향

해외에서는 C-GIS의 축소화, 고신뢰성 및 보수성의 성력화 등에 주목하여 유럽을 중심으로 2,000 유니트가 넘는 C-GIS가 설계통에 사용되고 있다. 특히 24/36kV를 중심으로 72.5kV급까지 C-GIS가 운용되고 있다.

유럽에서 제작되고 있는 24/36kV급 C-GIS의 구조상 특징으로는 角形 容器 이외에 圓筒形 容器도 사용한다는 점, 各相이 독립된 相分離로 구성된 점 등이 있다. 또한 절연매체로서 SF₆ 가스가 아닌 乾燥空氣도 사용하는 등 각종 Concept의 C-GIS가 개발 실용화 되고 있다.

5-4. C-GIS의 표준화

C-GIS의 표준화된 규격은 아직 없고 현재 C-GIS를 구성하고 있는 각 기기의 규격을 따르고 있다. 해외의 C-GIS 관련 규격으로는 다음과 같은 것이 있다.

- IEC Publication 298-1990
AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltage above 1kV and up to including 72.5kV
- IEC Publication 517-1990
high-voltage metal-enclosed switchgear for rated voltages of 72.5kV and above
- IEC Publication 694-1980
common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards
- IEEE WG 70.1-1979
gas insulated substations, standards, recommended practice and guides.

이는 GIS에 관한 규격들로서 C-GIS에 대한 정확한 규격은 아직 없다. 따라서 C-GIS의 사용이 급속히 확대되고 있는 추세로 보아 이에 대한 규격제정이 요망되고 있다. 또한 C-GIS의 구조 및 구성면에서의 표준화도 중요하다고 생각된다.

6. 300kV 全三相一括型 GIS

변전설비의 고신뢰도화, 축소화, 무보수화를 주목적으로 개발된 GIS는 현재 특고압 이상 전전압 클래스에 걸쳐 범용적으로 보급되고 있으며 또한 초고압 계통의 도심부 도입에 따라 보다 소형이면서도 신뢰성이 높은 GIS의 요구가 늘어나고 있다. 따라서 고신뢰성의 소형 300kV 全三相 一括型 GIS가 개발되었다.

6-1. 300kV GIS의 기본 형태

GIS는 구성의 자유도가 크고 보수 점검성 사고시 대응성, 부지 조건 등에 따라 다양한 형태를 갖고 있으나 204kV급 이하의 全三相 一括型 GIS에 있어서는 (圖13)(a)와 같이 GIS 前面에 CB를 縱形으로 배치하고 上下에 설치된 分枝胴 上部에 線路側의 기기를, 下部에 母線側 기기가 각각 접속되는 형태가 기본이다.

이 기본형태는 一点切 CB를 적용한 相分離型 GIS에서도 널리 채용되고 있다. 그 특징은 主母線, 母線側 DS, 線路側 DS가 3층으로 구성되어 있어 공간의 이용율이 좋으므로 GIS 전체의 용적을 최소화시킬 수 있다. 그러나 DE·ES의 機器操作이 高所作業에 의해 이루어지기 때문에 機器操作臺가 필요하며 母線 등의 사고시 해당 기기의 解體가 곤란하다는 점이다.

300kV 全三相 一括型 GIS도 이러한 형태를 갖고 있으나 수송 문제를 고려한다면 204kV급의 크기가 한계이다. 따라서 1回線 全裝置 輸送을 고려한다면 (圖13)(b)와 같은 형태를 갖는다. 즉 縱形 CB를 중

양에 배치시키고 線路側 기기와 母線側 기기를 좌우 각각에 접속시킴으로서 輸送限界(길이 9.5m, 폭 3.2m, 높이 3.5m, 중량 20t)를 초과하지 않는 형태로 구성한다.

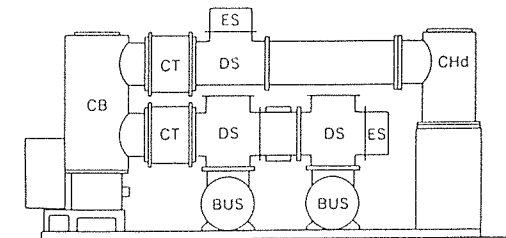
6-2. 300kV GIS의 구성기기

6-2-1. 遮斷器(CB)

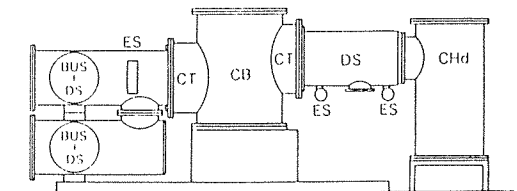
消弧室 유니트는 相分離型 一点切 CB를 사용하며 차단시 熱가스流에 의한 相間 相互影響을 배제하기 위해 絶緣筒에 수납시킴과 동시에 상부에 冷却筒을 설치하여 熱가스流을 제어할 수 있게 하였다. 이는 204kV 이하급과 같은 형태로서 相間絶緣을 충분히 확보할 수 있게 되며 그 내부구조를 (圖14)(a)(b)에 나타내었다. 縱方向으로 배치된 消弧室 유니트의 上部 固定側과 線路側 기기 사이에 接續導體를 배치하고 下部 可動側과 용기 반대측에 설치된 分枝筒間은 母線側 기기와 접속되어 있는 導體를 배치하여 기기의 低層化를 도모하였다.

內部導體의 배치에 있어서는 短絡 遮斷時의 熱가스流 解析을 통해 도체 各部 표면 근처의 최고 가스 온도를 구한 후 三次元 電界解析 結果와 비교함으로써 最適 設計가 이루어지도록 하였다.

油壓 操作機構는 (圖14)(b)(c)와 같이 相分離型에 적용한 것을 더욱 소형화시키고 각 요소를 합리적으로 배치하여 三相一括型에 적합하도록 개량하였다. 또한 Seal個所를 줄이고 高壓 驅動系를 低壓 容器內에 수납하였고 三相投入 不均衡의 극소화와 油壓 降下後의 操作整定時間의 단축을 목적으로 종래의 高低壓 變動回路方式을 변화시킨 常時 高壓 安定回路方式을 적용하는 등 종합적으로 컴팩트하면서 신뢰성이 높은 操作機構를 개발하였다.

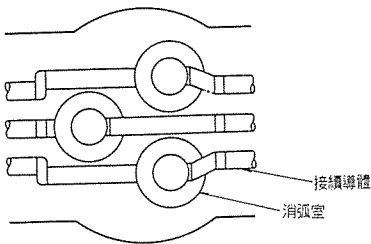


(a) 204kV以下 GIS基本形態

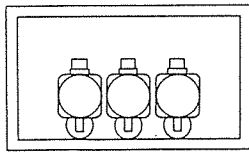


(b) 全三相一括型 GIS의 形態

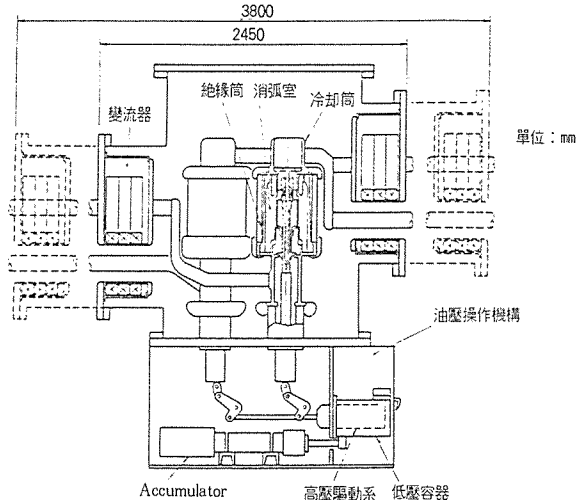
(圖 13) 全三相一括型 GIS의 形態



(a) 遮斷器의 平面圖



(c) 遮斷器 操作構造의 正面圖

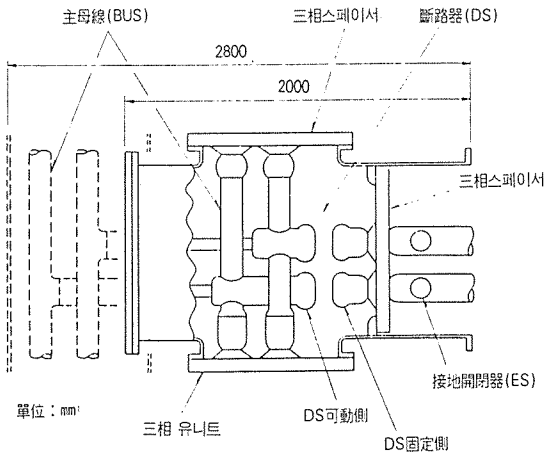


(b) 遮斷器 및 變流器의 側面圖

〈圖 14〉 遮斷器(CB) 및 變流器(CT)의 內部構造

6-2-2. 斷路器(DC)

선로측 DC와 모선측 DS의 두종류가 있으나 單相 유니트에 있어서 절연 성능, 通電性能, 小電流 開閉 성능 등이 뛰어난 相分離型 DS 구조와 같도록 하였다. 單相 유니트의 각 고정측, 가동측은 수직으로 배치된 三相 스페이스로 지지시킴으로서 橫形의 三相一括型 DS를 구성하였다. 모선측 DS에 있어서는 〈圖15〉와 같이 DS 가동측 도체로부터 직각 수평방향으로 직접 主母線과 접속되도록 하여 主母線과의 複合化를 실현시켰다.



〈圖 15〉 主母線과 母線側 斷路器의 複合化

종래에는 〈圖15〉의 점선과 같이 主母線이 모선측 DS의 後部 또는 下部에 배치, 별도의 용기에 수납된 것이 일반적이었으나 본 DS에서는 DS 가동측 도체를 主母線의 일부분으로 하고 DS용기에 설치된 수평방향의 分枝筒을 主母線 용기와 접속되도록 하였다.

6-2-3. (CT)

종래의 三相一括型 GIS에서는 CT 전용의 별도 용기를 삼상스페이스를 거쳐 CB의 分枝筒에 인접하도록 설치하였으나 본 GIS에서는 CB 分枝筒內에 배치되도록 하였다. 이러한 구조로 CT를 더욱 소형화 시킬 수 있었고 容器數 및 Seal個所, 部品點數의 절감을 실현할 수 있었다. 〈圖14〉(b)에 점선과 같이 용기를 설치한 경우와 CB 용기내에 수납한 경우의 구조를 비교해 보았다.

CB 용기내에 CT를 수납시키고 CB 차단후 分解 가스의 영향을 파악하기 위해 절연재료인 폴리에스테일 테이프, 에폭시 테프론 테이프, 권선재료인 OPEW선 및 규소 강판의 耐아아크가스 성능을 실험해 보았다. 실제 아아크가스와 유사한 高活性의 SF₆ 가스 3 Vol % 중에 각 재료를 장시간 방치시킨 후 절연강도, 재료강도, 재료조직 등의 특성변화를 측정

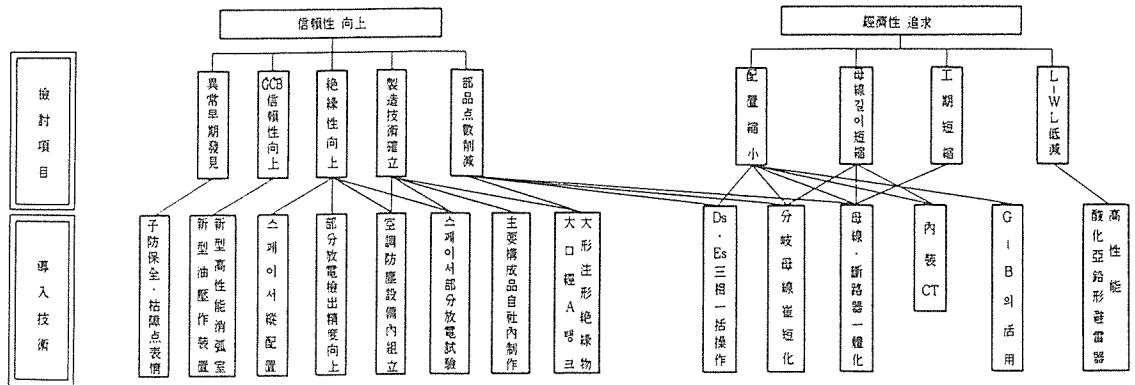
해 본 결과 재료의 방치전의 특성과 방치후 특성 사이에는 차이가 없음이 확인되었다. 차단직후의 분해 가스 농도는 겨우 0.01~0.03 Vol % 정도이며 그 후 가스농도는 吸着材에 의해 급격히 감소된다는 점을 고려해 볼 때 이러한 시험조건은 매우 엄격한 것이 된다.

되어 왔으나 550kV급에서는 전술한 바와 달리 별도의 관점에서 축소화, 고신뢰도화를 도모할 필요가 있다.

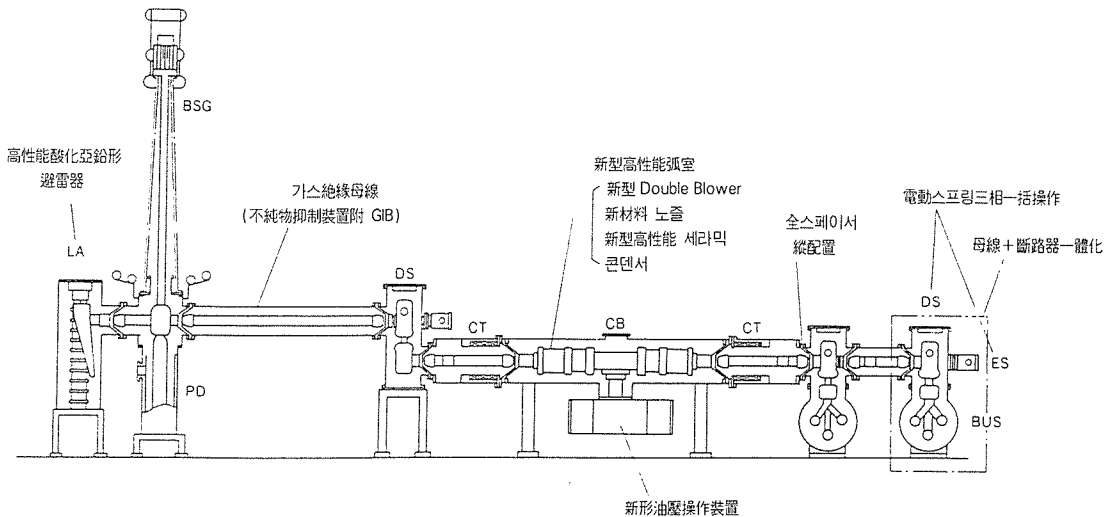
(圖16)에는 신뢰도 향상, 경제성의 관점에서 현재 고려되고 있는 검토항목 및 도입기술을 보여주고 있으며 (圖17)에는 이를 구체화시킨 차기 550kV GIS의 내부구조를 나타내었다. 도입기술의 전개에 있어서 해석기술의 향상, 각 기기의 고신뢰도화, 복합화 등 제조기술에서 시험기술까지의 종합적 기술을 열거하였다. 이들 도입기술중 대형화에 따른 三相一括型 主母線과 注型 絶緣物 설계기술의 개요에 대하여 소개하고자 한다.

7. 차기 550kV GIS

GIS형태 변천에 있어서 三相一括型이 주류를 이루고 있고, 저전압에서 고전압까지 經時的으로 발전



〈圖 16〉 次期550kV GIS의 檢討



〈圖 17〉 次期 550kV GIS의 内部構造

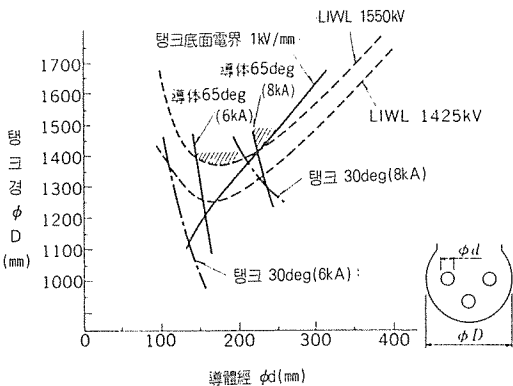
7-1. 三相一括型 主母線

절연설계 합리화에 의한 GIS의 축소효과는 GIS 각 구성요소에 따라 다르다. 즉, 전류개폐 임무의遮斷器, 斷路器 등은 절연성능, 통전성능 이외에 消弧성능, 기계강도 성능 등이 사이즈 결정요소가 된다. 따라서, 절연레벨의 합리화만으로는 큰 축소효과를 기대할 수 없다. 이에 반해 내부에 기계적 가동부가 없는 主母線의 경우 그 사이즈는 主母線의 절연성능 및 통전성능에 따라 결정된다.

三相一括型 主母線을 검토할 경우 반드시 필요한 과정은 전기적, 열적으로 합리적인 사이즈의 결정, 短絡 電磁力 등의 기계적 강도, 大口徑 注型 絶緣物 등이 있다.

7-1-1. 통전성능

〈圖18〉에 도체 및 탱크 저면의 許容電界로부터 결정되는 耐電壓 설계 및 통전 성능에 필요한 탱크 直徑과 도체直徑의 관계를 나타내었다. 여기서 통전 전류 6,000 A까지는 절연레벨에 의해 사이즈가 결정되나 8,000 A에서는 통전성능으로 결정된다는 것을 알 수 있다. 또한 8,000 A에서 허용온도의 한도를 격상시키면 탱크 사이즈는 더욱 축소가 가능해질 수 있다고 생각된다.



〈圖 18〉 550kV 三相一括形 主母線 사이즈의 決定要因

7-1-2. 短絡電磁力

三相一括型 主母線의 短絡電磁力는 탱크재질(투자율, 저항률 등)에 따라 크게 달라진다.

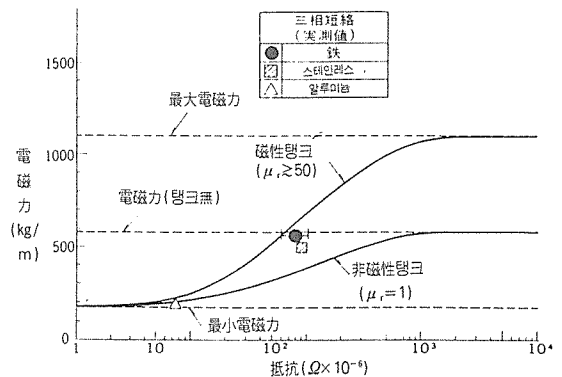
단락전자력은 다음과 같은 각 성분의 벡터의 합으로 표시된다.

$$F = F_c + F_e + F_m$$

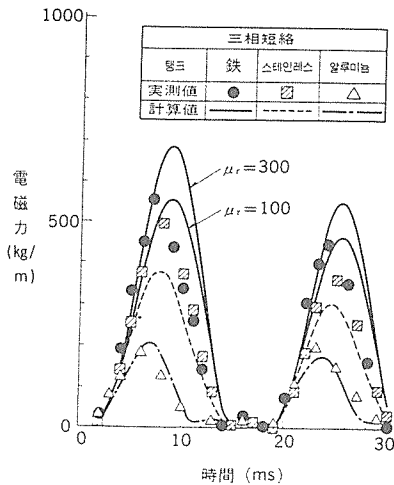
여기서 F는 短絡 電磁力, Fe는 탱크내의 誘導渦電流에 의한 電磁力으로서 Fc를 억제하는 방향으로 작용하며 탱크의 저항률이 작아지면 커지게 된다. Fm은 탱크 磁化에 의한 電磁力으로서 Fc와 중첩하는 방향으로 작용하며 非磁性 탱크에서는 제로가 된다.

〈圖19〉에 탱크 저항치 및 저항율과 단락 전자력과의 관계를 나타내었다. 그림에서 보면 탱크의 저항치가 동일한 경우 磁性탱크쪽이 非磁性 탱크보다 전자력은 크게 되나 저항치가 작은 경우 양자의 차이는 작게 된다. 또한 알루미늄의 경우 전자력은 이론적 최소치까지 감소시킬 수 있다.

〈圖20〉에 각종 탱크의 電磁力 時間 依存性을 나타내었다. 철, 스텐레스의 경우 최대 전자력의 절대치는 거의 같으나 알루미늄 탱크를 사용하면 약 3/1 정도로 감소된다.



〈圖 19〉 電磁力의 탱크 材質 依存性



〈圖 20〉 電磁力の 時間依存性

7-2. 大口徑 注型 絶緣物

가스 區分用 스페이스에 가스 壓力差가 있는 경우, 스페이스 플랜지측(탱크접속 부근)에는 비교적 큰 휨모멘트가 발생한다. 그리고 기계강도상 구경이 커질수록 스페이스 두께가 증가하기 때문에 플랜지측의 절연물 계면부의 전계강도가 크게 된다.

전계완화의 수단으로서의 外部 Shield를 설치하는 방법과 스페이스 내부에 埋入 Shield를 설치하는 방법이 있다. 스페이스 내부에 埋入 Shield를 설치하는 방법은 접지측 절연물 界面部の 전계 완화에는 효과가 있으나 注型時의 殘留應力, 외력 인가시의 發生應力을 고려할 필요가 있다. 일반적으로 埋入 Shield가 있는 경우, 없을 때보다 埋入 Shield부에 應力集中이 발생하게 된다.

한편, 스페이스의 内部應力을 높이지 않고 플랜지측 절연물 界面部の 전계강도를 완화시키는 수단으로서 外部 Shield를 설치하는 것이 고려되고 있다.

外部 Shield가 없는 경우 전술한 바와 같이 구경이 커질수록 스페이스 플랜지부의 전계는 커지게 된다. 스페이스 界面部는 淸淨時 가스공간과 동등의 절연 성능을 갖으나 미소 금속물 등의 영향을 받기 쉽고 閃落이 발생할 가능성이 있다. 따라서 내전압 성능의 안정화 측면에서 스페이스 沿面, 界面部에 약점이 있는 설계는 바람직하지 않고 界面部の 전계를 최대한 줄일 필요가 있다.

스페이스에 Crack, 剝離가 발생하면 과전압 발생시 부분방전 등에 의한 炭火가 진전될 가능성이 있다. 따라서 스페이스의 신뢰도면에서 이러한 크랙, 剝離에 대한 관리가 대단히 중요하다.

8. 결 론

이상 GIS 형태의 과거에서 현재까지의 변천상황을 개설하고 현재의 각종 기술동향을 파악해 보았으며 C-GIS, 300kV급 GIS, 次期 550kV급 GIS의 형태에 대하여서도 알아보았다.

앞으로의 GIS는 구성기기의 소형화, 고신뢰도화가 이루어짐과 동시에 光 PT/CT와 같이 고도 정보화 사회에 대응한 인텔리전트화, 또한 수요의 다양화에 따른 多技能化를 향해 계속 발전되리라 생각된다. 이를 위해서는 현재까지의 기술을 바탕으로 한 신기술의 개발추진에 배전의 노력을 기울여야만 할 것이다.

또한 GIS에 대해 초보상태인 국내에서도 중전기 업계 및 수용가측의 많은 관심과 연구개발이 있기를 바란다.

산업경쟁력의 강화는 영업비밀의 보호에서 시작됩니다