

# 電氣設備의 故障診斷

## 23. 가스 絶緣 複合機器의 點檢 포인트

### 1. 머리말

가스 絶緣 複合機器는 많은 분야에 걸친 고도의 기술이 집약된 종합장치이며 그 우수한 여러 가지의 성능과 함께 신뢰성, 보수의 간소화, 축소화 등 모두가 사용자의 요구에 적합한 제품으로서 바야흐로 電力用 開閉장치의 主流를 점하기에 이르렀다.

여기서는 가스 절연 복합기기의 일상점검(巡視點檢)에 있어서 어디에 重點을 두어야 하는지, 트러블이 발생한 경우에 어떻게 할 것인지 등에 대하여 설명하기로 한다.

가스 絶緣 複合機器는 무보수, 무점검을 指向하여 이 점에서 진보된 장치라고 할 수 있는데, 이것을 장기간 안전하게 운용하려면 그 構造, 특징 등을 충분히 파악하여 적절한 관리를 하는 것이 예방, 보전의 의미에서도 중요하다.

### 2. 가스 絶緣 複合機器의 구성과 특징

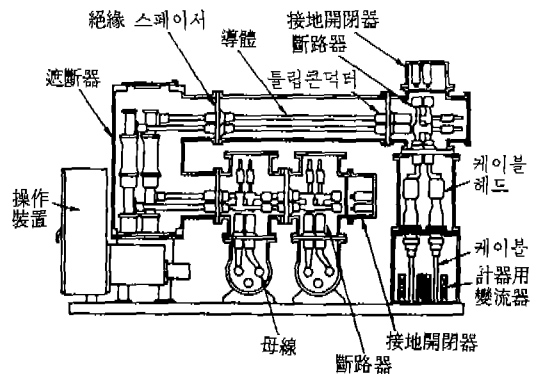
그림 1은 가스 절연 복합기기 구성의 일례이다. 즉 차단기, 단로기, 접속부분 등이 3相 일괄형 또는 單相形의 圓筒形狀으로 구성되고 課電部는 注型絶緣물(스페이서)에 의하여 금속용기에 지지되고 있다. 용기(탱크)내에는 소정의 압력으로 加壓된 SF<sub>6</sub> 가스가 밀봉되어 對地 極間 및 相間의 절연을 담당하고 있다. 스페이서에 의하여 구분되어 있는 가스는 區別로 溫度 補償壓力 스위치에 의하여 밀도감시를 하고 단

약 가스 누설이 발생하게 되면 경보를 발한다.

차단기, 단로기 등 각 機器는 각각의 표준구조 및 定格系列을 가지고 상호간은 주로 틀림콘덕터에 의하여 접속된다. 금속용기는 〇링을 사용하여 플랜지 접속되며 설치오차 및 열팽창을 흡수하기 위해 소요위치에 플렉시블 벨로즈가 설치되어 있다.

複合機器에는 차단기, 단로기 외에 接地裝置, 母線, 피뢰기 변류기 계기용 변압기 등이 용도에 따라 접속되며, 變電機器의 종합장치로 되어 있다.

이와 같이 가스 절연 복합機器는 氣中引部를 제외하고는 충전부가 금속용기 내에 밀봉되어 있기 때문에 순시점검시의 대상은 圓筒 탱크의



<그림 1> 가스 絶緣 複合기기의 構成(一例)

집합체라는 비교적 단순한 구조로 되어 있으며 점검의 포인트는 이 구조에서 특징을 엿볼 수가 있다.

### 3. 가스 絶緣 複合機器의 巡視點檢 포인트

가스 절연 복합기기의 점검 포인트는 그 구조적인 특징에서 가스 壓力과 인간의 5感에 의하여 탱크 내부의 主回路의 이상을 발견해야 된다. 기타 조작기구 및 外部의 구조물에 대해서는 가스 절연 이외의 기기와 마찬가지로이다.

#### (1) 가스 壓力

가스 절연 복합기기에서 가스 壓力의 유지 관리의 중요성은 말할 필요도 없다. 이를 위한 가스 壓力監視는 온도 보상압력 스위치에 의하여 자동적으로 감시하는 방식으로 되어 있으며 보조적으로 壓力計에 의하여 감시하는 것도 가능하다. 가스 壓力을 정기적으로 감시함으로써 온도보상압력 스위치에 의한 경보발생 이전에 누설 가스의 徵候를 포착할 수가 있다.

#### (2) 異常音

공기조작기구에서의 漏氣音, 補器의 콤프레서 모터 등의 回轉異常音이 이상음으로서 상정되는 점은 다른 機器의 경우와 마찬가지로이다. 탱크 내의 主回路에서 만일 이상한 部分放電이 발생한 경우에는 SF<sub>6</sub> 가스 탱크 壁을 통하여 특징이 있는 소리가 들린다. 또한 탱크는 內部道體에서의 電磁力, 靜電氣力으로 微振動을 하고 있으며 볼트 이완 등의 이상이 있는 경우에는 音의 변화로서 나타난다.

#### (3) 發熱, 냄새

通電中인 내부도체에 만일 접촉이상이 발생하면 이상부 부근의 탱크의 發熱로서 외부에 나타난다. 조작기구의 制御 릴레이, 모터 등에서 發熱과 냄새가 발생하는 경우에는 다른 기기와 마찬가지로이다.

#### (4) 녹슬음

녹슬음은 浸水를 나타내는 것으로 浸蝕음동 불량, 접촉불량으로 진전하는 경우도 있다. 녹슬음에 대하여 주의하여 점검할 부분은 탱크 플랜지 접속부 외부접속도체 또는 조작기구부품 등을 들 수 있다.

#### (5) 기타 構造의 눈 點檢

조작기구의 연결기구 핀의 고정용 고리, 割편의 손상 유무, 습기·漏油의 흔적 유무, 링크레버의 變形 유무, 하우징 내의 浸水, 구조물의 변형, 도장의 벗겨짐 등에 대해서는 다른 기기와 같이 점검한다. 가스 절연 복합기기로서 특징적인 構造部分은 壓力計 溫度補償 壓力 스위치 플랜지의 절연부착 외부 접속도체, 가스 배관계, 밸브의 損傷을 들 수 있다.

### 4. 異常發見時的 重點的 點檢 포인트와 異常 調査의 요령

#### (1) 가스 壓力

##### (a) 가스 壓力管理의 중요성

가스 절연 복합장치에는 절연 및 消弧를 목적으로 소정 壓力(밀도)의 SF<sub>6</sub> 가스가 封入되어 있으므로 가스 壓力이 저하되면 절연 성능 소호 성능에 중대한 영향을 미친다. 따라서 가스 절연 복합기기는 高度의 밀봉기술을 적용하여 제조되고 있으며 조립후 全密封場所가 가스리크 디텍터에 의하여 검사되고 있다.

한편 가스 누설의 경우 영향을 최소로 하기 위해 기기별로 가스 區分을 만들어 각각 가스 壓力 스위치에 의한 自動監視를 하는 등의 배려도 하고 있다.

순시점검시에는 가스 壓力을 알 수가 있으며 정기적으로 가스 壓力을 기록함으로써

(i) 가스 壓力 저하정보를 받기 전에 누설 가스의 徵候가 포착된다.

(ii) 누설 가스를 定量的으로 알 수가 있으며 운전의 영향정도(기기 정지의 필요 여부)가 판단된다.

이것은 일상점검의 목적인 異常의 予知, 早期 發見의 취지에 맞는다고 할 수 있다.

(b) 가스 壓力 管理方法

가스 절연 복합기기는 차단기, 단로기, 모선 등의 각 기기별로 가스 區分이 되어 있는 것이 통례이며 이 가스 區分별로 가스 壓力을 알 수 있는 구성으로 되어 있다.

일반적인 가스 절연 복합기기의 가스 區分과 가스 系統을 그림 2에 표시하였다.

이와 같이 가스 區分별로 정기적으로 기록한 가스 壓力과 外氣溫度를 표 1과 같이 종합하였고 기록용지의 사용방법은 표 2에 표시하였다.

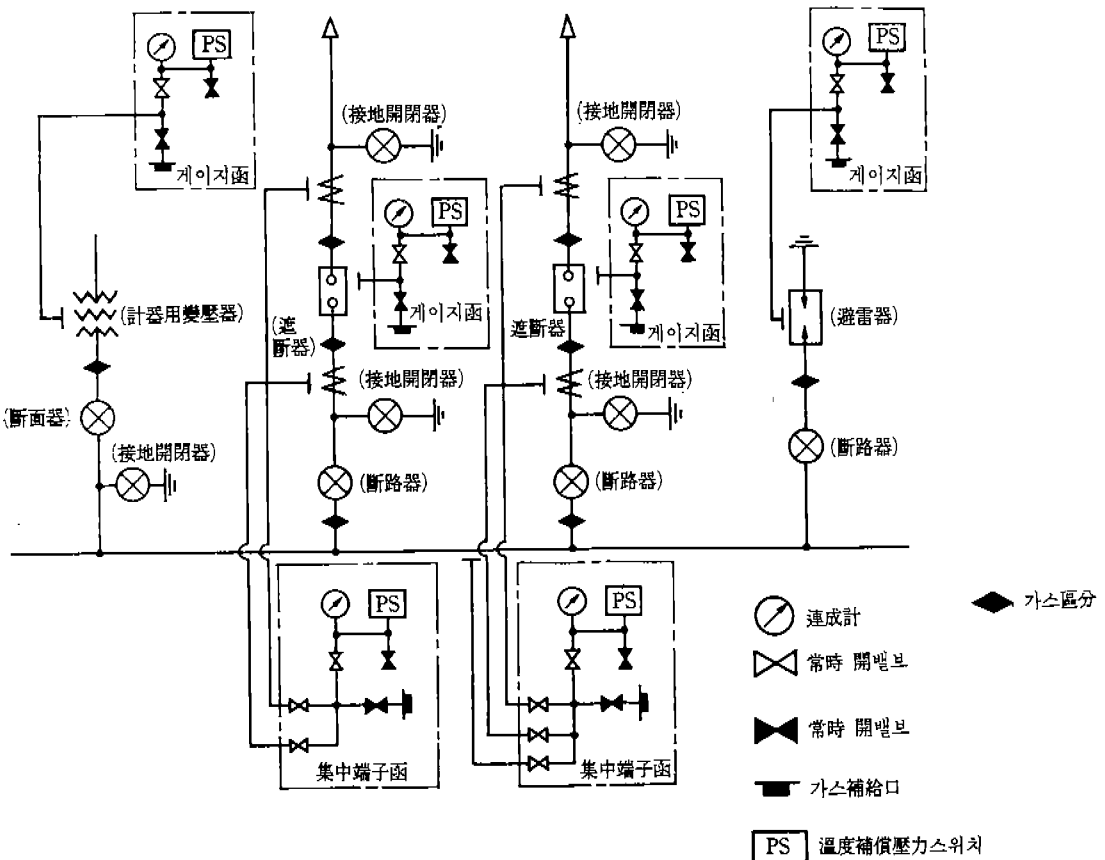
이와 같이 정기적으로 기록한 가스 壓力을 시간이 지나면서 플로트하면 누설 가스의 경향의

유무 또는 누설 가스량이 판명된다. 누설량이 판명되면 가스 低壓정보를 발하는 시기의 산출이 가능하며 따라서 가스 보급의 필요한 시기가 판단된다. 또한 가스 절연 복합기기의 보수기준은 누설 가스의 管理値를 1%/年으로 하고 있다.

(c) 가스 누설이 발생한 경우의 處置

가스 누설의 경향이 인정된 경우에는

- (i) 누설 가스(가스壓 저하)의 속도에 따라 응급적으로 가스 보급을 실시한다(운전을 계속하면서 실시 할 수 있다. 취급설명서 참조).
- (ii) 가스 누설장소를 탐색한다(氣中引出部 부근을 제외하고는 운전을 계속하면서 실시



<그림 2> 가스 絶緣 開閉裝置의 構成(가스 壓力區分 가스 壓力系統)



또한 누설 가스의 경로를 고려하여 가스실부 뿐만 아니라 커짐 볼트 등도 함께 조사한다.

대표적인 탱크플랜지 接續部의 누설 가스 檢出의 예를 그림 3에 들었다.

② SF<sub>6</sub> 가스리크디텍터에 의한 방법

이 방법은 定量的으로 感度가 높게 측정되는 특징이 있으며 널리 적용되고 있다.

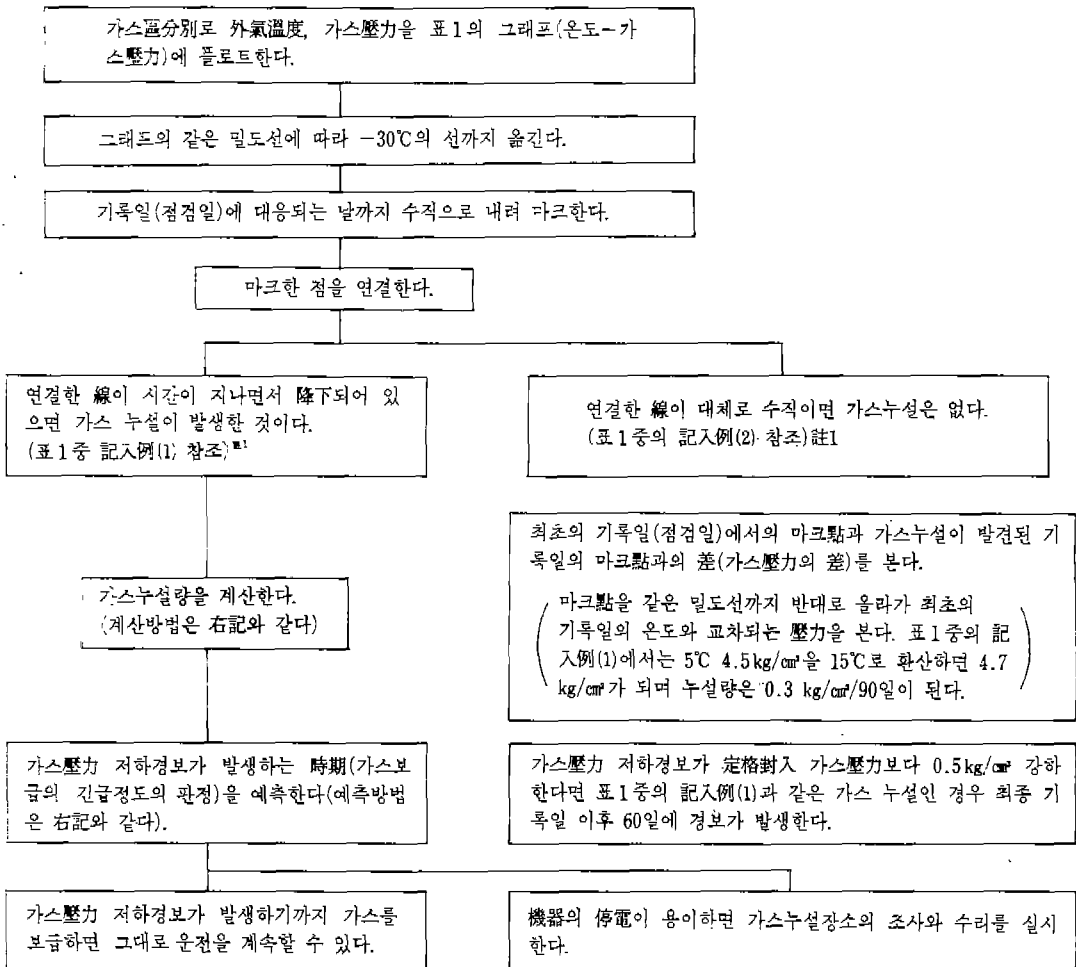
스룩法이라고 하며 가스실部를 비닐시트 등의 密封袋로 싸고 그 공간에 유출된 SF<sub>6</sub> 가스의 농도를 측정하는 방법이 일반적이다. 이 방

법은 극히 미량의 가스 누설의 경우 또는 옥의 설치의 機器에서 바람이 강한 날의 조사에 특히 효과적이다. 가스리크디텍터는 약 0.5 $\mu$ m Vol의 感度를 가지고 있다.

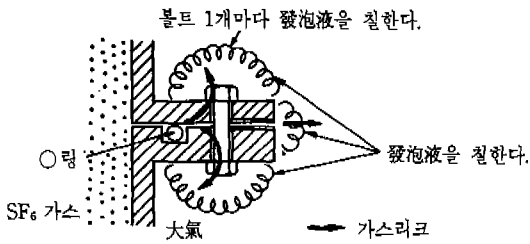
(2) 異常音

순시점검시에 청취되는 소리에는 코로나 放電音, 勵磁音, 補器 모터의 運轉音 등이 있는데 이같은 소리에 대해서는 漏氣音과 같이 이상을 그대로 표시하는 소리와는 다르며 소리의 특성

<표 2> 가스 壓力의 日常點檢 記錄表의 사용방법



註1: 측정상의 불균일이 있으므로 연결한 선은 모두 1직선이 되지는 않아도 시간이 경과되면서 보면 이들의 關係는 용이하다.



<그림 3> 탱크 플랜지부의 漏洩가스 檢出例

변화, 또는 계속시간의 변화에 유의하여 듣도록 한다.

(a) 放電音

탱크 내부에서 만일 부분방전이 발생한 경우에는 「좌아」(탱크에 가는 비가 쏟아지는 소리와 비슷하다)하는 소리가 난다. 部分放電音의 크기는 暗騷音의 수준(40~60폰 A특성)과 같든지 그 이하로 音의 종류가 暗騷音과는 다르기 때문에 判別된다. 탱크에 귀를 가깝게 대어야만 들리는 경우도 있다.

放電音이 미약하여 내부인지 외부의 소음인지는 알 수가 없어도 放電音으로 추정이 될 경우에는 코로나의 전기적인 검출 또는 音의 分析, 가스체커에 의한 가스 分析을 실시하여 내

부의 절연진단을 하는 것도 가능하다.

명백히 放電音이라고 확인된 경우에는 정전 한 후에 내부를 분해조사한다.

(b) 勵磁音


가스 절연 복합기기의 탱크는 電磁力 및 靜電氣力에 의하여 미소하게나마 진동하고 있으며 勵磁音이 들리는 것이 보통이다. 이 여자음이 일상의 순시점검에서 들리는 것과는 異質의인 音일 경우에는 볼트의 이완 등이 상태변화가 있다는 것을 나타내는 것이므로 이것이 점검의 포인트가 된다.

勵磁音은 변압기의 勵磁音과 유사한 소리로 商用周波의 2배인 100~120Hz가 기본파로 되어 있으며 일반적으로 40~60폰(A) 특성의 수준으로 暗騷音과 거의 같다. 相分離의 가스 절연 복합기기에서 相間의 공간에서는 定常波(간섭파)가 있으며 2m 정도의 이동으로 勵磁音의 굴곡이 발생한다.

勵磁音은 電磁力, 靜電力에 따라 탱크 表面의 진동, 커버, 문의 진동 또는 탱크 내부의 部品의 진동을 誘起하여 소리로서 들리게 된다. 이 같은 진동 중 소리로 變換되는 효율이 큰 부분은 비교적 薄板構造이고 또한 면적이 큰 문, 커버 부분이다. 따라서 日常的인 소리와는 다른

발전소를 건설하는 데는 빨라야 5년,  
길면 10년 이상이나 걸리므로 단기간에  
전력공급을 늘리기는 어렵습니다.  
그러므로 전력수급안정을 위해서는  
전기소비를 줄이는 것이 무엇보다도  
중요합니다.

## 전기절약 365일



勵磁音이 발견된 경우에는 이같은 문, 커버類의 볼트의 죄임 등에서부터 점검하여 차례로 낮은 수준의 소리를 탐색해 간다. 특히 문, 커버 등의 박판구조물은 직경이 數 10cm의 범위로 100~120Hz에서 공진하는데 부착 볼트의 죄임에 따라 音質이 변화하므로 판별이 된다.

또한 단일 탱크 내부의 부품 상태가 변화한 것 같은 의심이 들 경우에는 전기적인 불량상태가 병발한 것으로 상정하여 部分放電測定 등의 내부 절연진단을 하면 判斷에 도움이 된다.

계기용 변압기, 변류기, 電磁接觸器(AC 릴레이)의 코어도 磁束을 이용하는 특성상 勵磁音의 원인이 될 수 있으므로 여자음을 탐색하는 경우의 포인트가 되기도 하는 日常의 소리를 기준으로 하여 변화를 포착하는 것이 중요하다.

이와 같은 여자음을 청각, 촉각에 의존하지 않고 定量的으로 측정하려면 騒音計加速度計를 이용할 수가 있다.

이 騒音計 가속도계의 대표적인 예로서 다음의 측정기가 있다.

<B & K 社製 2203形 精密騒音計>

註: 마이크로폰 대신 加速度 센서를  
부착함으로써 미약한 가속도도  
측정이 가능하다.

### 【電磁力的 발생】

가스 절연 복합기기의 主回路의 통전 전류에 따라 비오서벌의 法則의 磁界가 주변에 발생한다.

이 磁界는 탱크, 架臺 등의 철강을 勵磁하여 상호 吸引을 되풀이 함으로써 상용주파의 倍의 진동을 誘起한다. 가령 3相이 병행된 導體에서 도체간에 작용하는 電磁力은 相間 치수가 20cm, 通電電流가 1,000A일 경우에도 2 kg/m 정도 이하가 된다.

### 【靜電氣力的 발생】

가스 절연 복합기기의 内部導體에 電壓이 더해지면 내부도체와 탱크와의 사이에 電界가 발

생하여 兩者間에 電界의 強度에 다른 靜電氣力이 발생한다(쿨롱의 法則).

電界는 商用 周波에서 변화하는데 정전기력은 상용 주파수의 倍가 된다. 單相形의 가스 절연 복합기기에서의 靜電氣力은 1kg/m<sup>2</sup> 정도이다.

또한 가스 절연 복합기기의 탱크 내에는 5 kg/cm<sup>2</sup>(=5×10<sup>4</sup>kg/m<sup>2</sup>) 전후의 SF<sub>6</sub> 가스壓이 더해져 있으며 여기에 걸리는 壓力容器的 구조로 되어 있으므로 전자력, 정전기력의 強度面에서의 열려는 없다.

### (3) 發熱, 냄새

탱크 本體의 온도상승을 상정한 경우에는 巡視點檢中에 탱크에서의 아지랭이 냄새, 난간 등의 온도, 상층 탱크에서의 輻射熱의 감각에서 판별할 수 있는 것인데 通電電流와 日射에 의한 영향이 적지 않으며 발견은 용이하지 않다.

이상한 온도상승이 발생하는 상황은 가령 내부 主回路 도체의 접촉불량이나 外被 탱크에 통전하는 방식에서는 탱크의 접촉도체의 접촉불량이 상정된다.

이상한 온도상승의 의심이 나는 경우에는 온도계로 온도분포를 측정하여 발열장소를 탐색한다. 發熱部의 온도상승치를 공장시험의 데이터와 비교하고 또는 다른 相의 온도상승치와 비교하여 이상의 유무를 판단한다.

内部導體의 접촉불량이 의심되는 경우에는 停電한 후 主回路의 저항을 측정하여 접촉상황을 확인한다.

온도상승의 限度에 대해서는 규격상의 外被 構造物의 온도상승한도가 70deg, 플랜지部의 ○링 절연물의 온도상승한도가 50deg 정도로 설정되어 있다(다만, 주위온도가 최대 40℃인 경우).

가스 절연 복합기기는 定格電流 통전시에 이같은 값 이하가 되도록 설계되어 있으며 통전전류치에 따라 溫度上昇은 크게 영향을 받는다.

導體의 온도상승은 일반적으로 통전전류의

1.7乘 정도로 비례하며 외피구조물도 이에 준한다고 하면 공장에서 이 온도시험 데이터와 환산, 비교할 수 있다(다음의 식 참조).

$$T \propto I^{1.7} \quad T: \text{온도상승}(\text{deg})$$

$$I: \text{통전전류}(\text{A})$$

예: 공장 데이터에서 2,000A 통전시의 온도상승이 20deg였다.

1,000A 통전시에는 6deg가 된다.

$$\frac{20\text{deg}}{x\text{deg}} = \left( \frac{2,000\text{A}}{1,000\text{A}} \right)^{1.7}$$

$$x=6$$

또한 日射에 대해서는 탱크의 표면온도가 일반적으로는 15deg 정도이고 최대 25deg 정도의 영향을 받는다. 플랜지 부근에서의 熱容量이 크며 탱크 표면보다 일반적으로 10deg 정도가 낮다. 탱크 표면의 온도상승을 측정하려면 棒狀溫度計 외에 서미스터나 熱電對를 이용하여 접촉시켜 두기만 하면 測溫할 수 있는 표면온도계가 사용이 편리하다.

조작함 및 制御함의 문을 순시점검을 하기 위해 열게 될 경우에는 電磁弁 코일, 릴레이코일, 補器 모터 또는 스페이스히터의 發熱, 냄새, 變色이 점검대상이 된다.

#### (4) 녹슬음

鹽害 腐蝕性 가스, 기상(온도, 습도, 적설) 등의 환경조건에 따라 녹슬음의 정도가 크게 달라지는데 녹슬음의 徵候가 보일 경우에는 응급적으로 녹의 진행을 정지시키는 처치 및 원인을 조사한다.

탱크 架臺 등의 구조물에 대해서는 플랜지部, 볼트 睚임部, 접지도체 등의 外部 接續導體가 점검의 포인트가 된다.

조작, 제어함 내의 부품의 녹슬음에 대해서는 문, 패킹의 실 상황, 환기구에서의 浸水 유무, 電線管에서의 침수 유무, 結露防止 히터의 운전 유무가 점검의 포인트가 된다. 특히 조작함 下部의 제어선 引入部는 퍼터로 밀봉하지 않으면 습기가 상승하여 함내에서 結露된다.

#### (5) 기타 構造의 點檢

##### (a) 操作裝置의 링크, 레버類의 接續部

조작력을 전달하기 위한 링크, 레버類는 통상 연결 핀에 의하여 접속되어 있다. 핀 고정용 고리 또는 割핀(핀의 양쪽에 핀이 빠지지 않도록 장착된 부분)은 動力의 전달에 중요한 역할을 한다.

이같은 부속기구의 脫落 등의 이상을 쉽게 발견하기 위해 조작함의 저부를 항상 殘留物이 없는 상태로 해두어야 한다.

##### (b) 漏氣, 漏油의 形跡

조작 피스톤을 동작하기 위한 에너지로서 壓縮空氣, 油壓이 사용된다. 저장 탱크, 제어弁, 부속배관 등으로 구성되는 空氣(油壓)系統의 접속부, 실部의 漏氣, 漏油形跡이 점검의 대상이 된다.

##### (c) 造作函內에의 侵入形跡

조작함의 하우징은 내장기기에 대한 防水, 防塵 외에 동작 레버의 보안 커버 역할도 한다. 雨水 또는 먼지의 침입은 내장기기의 녹슬음, 절연불량, 동작지체를 초래할 위험성이 있으므로 浸水, 먼지의 形跡이 點檢 포인트로서 들 수 있다.

##### (d) 기 타

구조물의 變形, 塗裝의 벗겨짐 외에 가스 壓力의 감시를 위해 중요한 부품인 가스 壓力計 자체의 녹슬음의 유무, 가스系 밸브, 가스 配管의 변형, 손상의 유무 및 절연부착부도 중요한 체크 포인트이다.

### 5. 맺음말

電力需要의 증대는 보다더 安全性, 신뢰성을 變電機器에 요구되고 있는데 이상의 해설이 가스 절연 복합기기의 예방, 보전, 트러블의 조기 발견에 조금이라도 도움이 되었으면 다행이겠다.