

# 열병합발전 시스템의 보수유지 및 관리

\* 본 자료는 에너지관리공단의 2003. 열병합발전 기술 가이드북에서 발췌한 것임.

## 1. 가스엔진 시스템

### 가. 일상점검 항목

#### 1) 일상점검의 내용

가스엔진 코제네레이션 각 계통의 기기가 요구된 기능과 성능을 발휘시키기 위해서는 일일의 상태감시가 대단히 중요하다. 상태감시란 데이터로크, 발전기 옆에 설치된 계측기에 의한 데이터를 정확히 기록으로서 남겨 항상 트렌드 데이터로서 비교하여 변화가 있는 것은 그 요인을 파악하는 일이 중요하다.

또 데이터로 판단하는 것만으로는 완전하다고는 말하기 어렵고, 현장 순찰을 하여, 운전자의 오감으로 그 상태를 판단하는 일도 중요하다.

#### 가) 이상음의 확인

이상음의 확인은 가장 감시가 곤란한 항목의 한가지로 데이터로크, 기기에 부착된 기부 계기류 등부터는 읽어낼 수 없고, 또 현재는 센싱(Sensing)이 일반화되어 있지 않다. 수시로 현장을 돌아보면 정상시의 익숙한 소리와 다른소리가 날때는 정상상태가 아니라고 쉽게 판단된다. 기계운동부의 이상마모, 조임 부분이 느슨하여 짐에 따른 간격 증가나 접촉이 이상음의 요인이라고도 생각되며, 상태에 따라서는 이상진동을 동반하는 경우가 있다.

또 엔진의 연소음이나 가스 콤프레사의 작동음과 같이 간헐동작(왕복운동을 회전운동으로 바꾸는)하는 기기에서는 정상시와 다른 음이나 불연속성으로 부터 기계의 고장 판단이 가능하다.

또 각 조임부의 가스의 누출, 공기누출 됨에 따라 이상음이 생기는 경우가 있다. 이것들은 하루에 몇 번씩 현장 순찰을 하고 있으면 조기발견이 가능하다.

#### 나) 진동의 확인

엔진 본체의 연소 불균형이 생긴 경우, 또는 기계

운동부분의 이상마모, 조임부분의 느슨함에 의한 간격의 증가나 접촉, 방진장치의 열화가 이상 진동발생의 요인이라 생각된다.

진동은 기기의 내부의 이상발생에 따른 이상진동 외에 시동 직후나 일시적인 부하 변동시에 생기는 경우도 있어 정상시 운전상태와 비교하여 진동이 크지 않은가 판단할 필요도 있다.

또 실린더 수가 많은 가스엔진은 복잡한 진동이 생기므로 메이커는 이상 진동의 주요 주파수를 계측하여 크랭크축의 회전속도와 대비(진동차수)나 감속 비등으로 부터 기기의 고장부위를 좁혀나가는 일을 하는 경우도 있다. 특히 순찰할 때는 각 배관, 부속품 설치부류의 볼트에 의한 조임부분의 느슨함에 의한 진동이 생기지는 않았나 주시한다.

#### 다) 압력변화의 확인

각 계통에 있어서의 이상을 압력계 등의 지시치(승압 또는 강압)에 의하여 현장에서 판단한다. 구체적으로는 기기의 고장이나 계통 내에서의 폐쇄나 계통에서의 누설 등에 의해 압력 이상이 발생한다. 정상치와의 비교나 일상의 운전기록치와 비교하여 압력 변화의 경향에 주의함과 함께 그 변화가 급격한가 또 완만한가 또는 양쪽의 반복이 있는가 등을 알게됨으로서 고장요인의 규명에 도움이 된다.

예컨대, 펌프축의 휨이나 이물에 의한 계통폐쇄의 경우는 일반적으로 급격한 압력변화가 일어나며 마모나 누설의 경우는 압력변화가 완만하다.

또 유체계통에 공기가 혼입된 경우는 압력치가 변동하는 경향을 볼 수 있다. 때로는 압력계가 운전중의 진동, 순간적 승압에 의해 파손하여 지침만이 흔들리는 경우도 있다.

- 각 계기는 정상적인 위치를 가리키고 있는가?
- 계기의 바늘을 이상하게 떨고있지 않은가?

## 라) 온도변화의 확인

승온 또는 강온이 유량변화나 환경변화(외기온도, 급 배기 팬)등에 따라 발생하기 때문에 각 부위의 온도 이상을 온도계 등의 지시치에 의해 현장에서 판단한다. 정상치와 일상의 운전기록치와 비교하여서 온도 변화에 주의하고 그 변화가 급격한가 완만한가를 알면 고장요인의 규명에 도움이 된다.

예컨대, 급·배기 팬의 고장 등으로 시스템의 주위 온도가 상승한 경우는 필연적으로 각 기기의 냉각효과가 감소하기 때문에 각부의 온도가 상승한다. 또, 냉각수 펌프능력이 떨어진 경우는 냉각수량이 감소하여, 냉각효과가 떨어지기 때문에 관련기기 승온이 발생한다.

엔진에서 실린더 수가 많은 경우 각 실린더가 출력을 균등하게 내고 있으면 각 실린더 배기가스 온도는 거의 균일하게 되는데 연료계통 구성부품의 고장 등이 있으면 각 실린더의 가스온도가 오차를 내게된다.

모터류, 전기부품 및 전선 등도 정격용량 이상으로 되면 가열되기 때문에 주의 할 필요가 있다.

## 마) 누설의 확인

가스엔진 코제네레이션의 경우, 누설확인 대상은 액체에서는 냉각수나 윤활유, 기체에서는 공기나 연료가스 및 연소가스 등이다.

엔진이나 기기 및 배관부터의 누설은 냉각수나 윤활유는 눈으로 보아 확인되고, 공기나 연료가스의 경우는 간단한 방법으로는 비누물 테스트에 의하는데 연료가스의 누설은 가스검지기나 이상한 냄새 등으로 판단한다. 누설의 확인에 있어서도 이상음과 같이 검지장치로의 확인이 곤란하여 정기적인 현장순찰이 효과적이다.

## 바) 이상한 냄새의 확인

액체, 기체 등이 누출되어 냄새가 나는 경우 원인은 쉽게 밝혀지게 되나, 누설이 없어도 과열에 의한 페인트가 누는 냄새, 과전류에 의한 전선의 피복이 누는 냄새, 냉각계의 수질저하에 의한 이상한 냄새 등에 대해서도 충분히 주의할 필요가 있다.

이같은 상태를 신속히 알아야 사고의 미연방지와 직접 관계되므로 정기적인 순찰이 중요하다.

## 2) 점검표 (Check List)

일반적으로 생각할 수 있는 항목을 앞서 말한대로

시동전, 운전시, 정지시의 점검 항목으로서 대표적인 실례를, 또 운전기록으로서는 데이터록 등으로 원격 감시를 하는 경우를 제외하고 일반적으로 점검표를 사용하고 있다.

## 나. 고장시의 대응

### 1) 고장의 종류

가스엔진의 고장에 대해서는 센서에 의한 경보 신호를 내는 일이 미리 법적으로 결정되어 있는 것과 메이커로서의 필요한 것으로도 구분된다. 또 경보는 가벼운 고장과 큰 고장의 2개의 표시되는 것이 일반적이다.

가벼운 고장이란, 시스템 전체를 정지시키는 것은 아니고 시간적 여유를 갖는 고장으로 서 가동상태를 유지하면서 신속하게 조치를 하는 고장이다.

큰 고장이란, 시스템 전체를 정지시키는 것으로 계속 운전을 할 경우 기기가 손상될 가능성이 있는 것이다. 설비의 고장이 발생한 경우, 고장의 내용에 따라 1차 대응을 하고 대응할 수 없는 고장발생 시에는 정비 전문회사에 연락하여 즉시 조치를 하도록 한다. 비상시를 대비한 대응체제를 갖추어 놓는 것이 바람직하다.

### 2) 고장시의 조치

고장이 발생한 경우는 그 원인을 포함하여 점검표에 추가기록하여 경험을 활용하도록 노력하여야 한다.

### 3) 고장복구와 운전재개

고장이 발생한 경우 부품교환 등에 의하여 복구 조치한다. 그 경우, 부품교환에만 그치지 않고, 그 고장 원인을 분석·파악하여 근본적인 대책을 세우는 것이 중요하다.

복구 완료 후 특히 항시 작동되는 부분의 부품교환 설치한 경우는 급회전을 시키지 않고 반드시 서서히 회전을 상승시키는 등 부드러운 운전을 하여서 그 부위에서의 발열 등이 없다는 것을 확인하는 것이 중요하다.

## 다. 경제적인 운전을 하기위하여

### 1) 냉각수 관리의 중요성

냉각수는 엔진 본체를 냉각하는 1차 냉각수와, 인

터쿨러, 유탄유냉각기, 1차 냉각수 냉각기 등 열교환 계통에 사용하는 2계통이 있다.

가) 냉각수 온도의 영향

2차 냉각수 입구 온도가 상승한 경우 1차 냉각수 엔진 출구온도 및 흡기온도·배기온도의 가벼운 고장 등의 경보가 발생한다. 온도가 상승한 채로 정격출력 운전을 계속하면 녹킹 등의 연속이상이 발생하여 엔진 본체가 파손되는 경우가 있어, 복구에 비용과 시간이 걸리게 된다.

엔진에 사용되는 냉각수의 수질관리를 하는 것은 대단히 중요하고 용존물질에 따라서는 냉각수 계통부의 부식, 스케일, 슬라임(조류 등도 포함) 장해 등이 생겨, 기기·부품의 충분한 내구성이 유지할 수 없게 되어 기능저하와 연관된다. 이를 방지하기 위해서 취급설명서에 따른 수질관리를 철저히 하는 것이 중요하다.

나) 발전효율의 영향

관리기준을 벗어난 냉각수를 사용하여 장시간운전을 하면 1차 냉각수 냉각기 및 인터쿨러의 냉각측 튜브내(2차 수로측)에 스케일이 붙어, 열통과율이 저하하여 수량이 부족되어 인터쿨러의 능력저하를 초래한다.

그 결과 과급공기의 냉각이 충분치 않고 온도가 상승하고 따라서 배기 온도도 상승하여 정격출력 운전이 불가능하게 된다. 그림 1-1은 급기온도의 상승에 따른 배기온도 상승의 상황을 나타낸 것으로 그림 중 실린더 출구 배기온도 +10°C 이상에서는 정격출력운전을 하는 것은 위험하다.

이와 같은 출력저하에 따라 크랭크축단의 출력도 감소한다. 이 경향을 그림 1-2에 나타낸다. 그 결과 발전효율도 저하하게 된다.

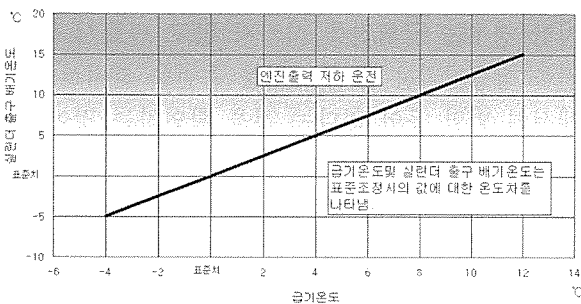


그림 1-1. 흡기온도와 배기온도의관계

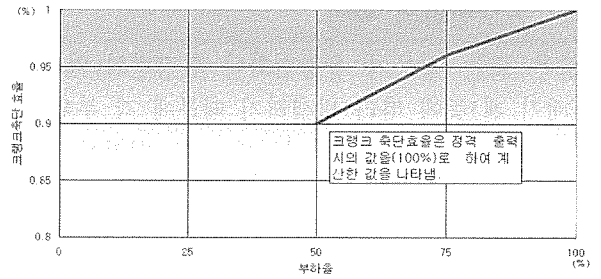


그림 1-2. 부하율과 크랭크축단 효율의 관계

다) 배열회수량의 영향

정격출력이하로 운전하게 되면 보일러 입구 배기 온도가 낮게되고, 또 배가스량이 감소하기 때문에 배열회수량이 적게 된다.

부하율과 배열회수량의 관계의 한 예를 그림 1-3에 나타낸다.

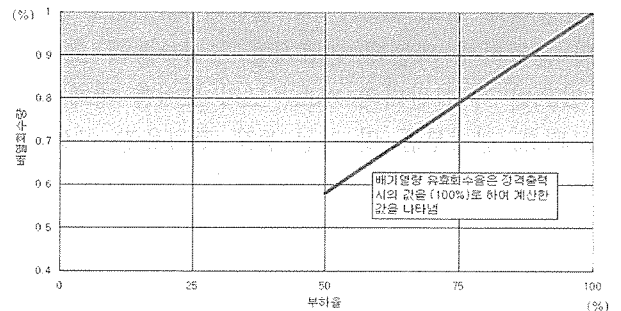


그림 1-3. 부하율과 배기열량 회수량의 관계

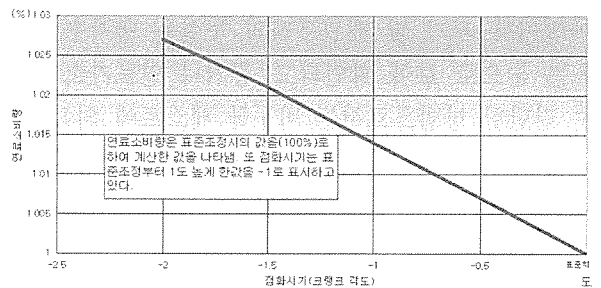


그림 1-4. 점화시기와 연료소비량의 관계

2) 유탄유 관리의 중요성

가) 유탄유 온도의 영향

유탄유 온도가 적정치를 벗어나면 충분한 유막두께가 확보되지 못하고, 축수·피스톤 등에서 타붙는 현상이 발생할 가능성이 있기 때문에 적정한 온도로 운전할 필요가 있다. 또 유탄유는 과열에 의해 성상 열화(性狀劣化)하기 때문에 이같은 점에도 주의하지 않으면 안된다.

### 나) 윤활유 정상열화의 영향

윤활유가 정상열화하면, 각 축수가 손상하여 타블음이 발생하고 경우에 따라서는 크랭크 축의 주축수가 손상하는 일도 있다. 따라서 정기적으로 윤활유 분석을 실시하여 메이커가 정한 기준과 비교하여 사용 가부의 판단을 할 필요가 있다.

### 다) 점화시기, 공연비 관리의 중요성

효율은 운전부하가 동일하면, 점화시기, 공연비, 외기조건에 따라 변화한다. 점화시기와 연료 소비량의 관계를 메이커가 공급한 노모그래프를 참조하도록 한다.

여기서 점화시기는 일단 조정하면 기본적으로 변하지 않는데 해가지날수록 조정치가 달라지는 것도 있어 정기적으로 확인할 필요가 있다.

공연비는 과급기 노즐의 오염, 에어필터의 오염 등의 경년변화(경년변화)와 흡입공기온도의 변화(주위조건의 변화)에 따라 변동한다.

따라서, 메이커가 정하는 관리기준치 내에서 운전하는 것과 메이커가 정하는 정기점검을 정기적으로 실시하는 일이 특히 중요하다.

## 2. 가스터빈 시스템

### 가. 일상점검 항목

Co-Gen을 항상 양호한 상태로 유지하고, 그 신뢰성, 안전성, 경제성을 유지하기 위해서는 보안규정에 규정된 일상점검 및 계획적인 정기점검·정비가 필요하다. 정기점검·정비는 일상점검의 연장선상에 있어, 일상점검의 좋고 나쁨에 의해 설비의 가동률 및 정비비용이 크게 좌우되는 것이다.

따라서 실시방법을 잘 검토하여야 하고 각 기기의 점검의 포인트를 파악하여 효과적으로 수행할 필요가 있다.

#### 1) 일상점검 포인트

##### 가) 이상음 및 진동의 확인

동력 회전기계의 이상 진단으로서 가장 일반적인 방법이다. 방법으로는 청음봉, 진동계에 의하는데, 측정부위에 마킹(표시)을 하여, 같은 부위에서 같은 조건(온도, 부하 등)으로 측정을 하여 비교한다. 현장

에 진동의 트렌드그래프를 게시하여 측정시마다 기입하면 변화를 알기 쉽다. 청음봉에 의한 경우는 매일 음을 들어 정상음을 몸으로 익혀둘 필요가 있다. 배관의 진동은 손가락 접촉에 의하나 고온부도 있으므로 화상을 입지 않도록 주의가 필요하다.

##### 나) 압력 및 온도변화의 확인

진단방법으로는 압력계, 온도계에 의하나 이들의 계기에 정상지시범위를 녹색의 라인으로 하여 경보, 트립(Trip) 값을 적색으로 마크하는 등에 의해 이상을 그 자리에서 판단할 수 있도록 하여둔다.

##### 다) 누설 및 이상한 냄새의 확인

연료가스의 누설에 대해서는 가스검지기로 누설을 확인할 수 있으나, 윤활유, 배기가스, 물, 증기 등의 누설의 경우 목측에 의하지 않을 수 없다. 판내배선, 기기의 소손에 대하여는 냄새와 목측으로 판단되는 경우가 많다.

## 2) 기기별 일상점검 항목

### 가) 가스터빈

배기가스 온도의 상승 또는 연료유량의 증가에 의해 내부 구성품의 성능열화(예컨대, 압축기의 오염이나 터빈날개의 부식 등)외에 흡배기 계통을 포함한 전동로부 내의 기기의 성능열화라든가 손상 등을 추정할 수가 있다. 따라서 이들의 수치를 관리하며, 정기적인 정비작업시에 반영시킨다.

##### 나) 진동

가스터빈은 고속의 회전운동을 하고 있어 일반적으로 레시프로엔진에 비하여 그 진동레벨은 낮다. 그렇지만 축수, 터빈 브레이크 등이 손상에 의해 진동수치가 상승하므로 주의가 필요하다. 진동수치가 상승한 경우 진동의 주파수 분석에 의해 그 요인을 추정할 수가 있는데 이 경우 정상적인 상태에서 주파수 분석을 하므로서 비정상 부위를 알 수가 있다.

또 매일 시동·정지를 할 경우 시동시 마다 가스터빈의 진동치가 스테프 상태로 변화하는 일이 있다. 이것은 로타계의 열의 뒤틀림에 의해 로타의 밸런스가 미묘하게 변화하는 것에 의한 것으로 이상 상태는 아니다. 단 트렌드 그래프상에서 서서히 증가 경향인 경우는 이상 증후이다.

축수의 종류에 따라 축수의 손상이 진동치에 나

타나지 않는 일이 많다. 칩디텍터(이물검출)로 검출된 금속편을 분광 분석한다든가 윤활유의 플로우그래프 분석 등을 병용함으로써 이상의 조기발견에 노력한다.

#### 다) 시동 및 정지시간

가스터빈의 시동 및 정지시간은 제어계통에 이상이 없는 한, 초기와 큰 변화가 없으므로 시동정지의 소요시간을 예측하므로써 스타터의 기능, 성능저하, 엔진, 또는 발전기 내부의 이상, 연료 제어계통의 이상 등을 추정할 수 있다.

가스터빈의 기중에 따라서 로타의 열뒤틀림 방지 때문에 정지 후 모터에 의한 회전을 하고 있는 것도 있다. 이 경우 정지 후 커플링이 미회전 (5~6회전/시간)하고 있는 것을 눈으로 확인해야 한다.

이에 의하여 로타계와 정지부와의 이상한 접촉, 마찰에 의한 고착이 일어나지 않는 일이 확인된다. 또한 정지 후 로타가 회전하고 있는 동안에 제어전류를 끊으면 로타가 록크되어 돌지 않게 되는 위험성이 있다.

#### 라) 물 분사

NOx 저감용으로서 물분사를 채용하고 있는 시스템에서는 물분사량의 관리가 중요하다. 물분사량이 많으면 부하 차단시의 불이 꺼짐(flame out)이 일어나기 쉽다. 또 연료노즐에서의 카본의 부착에 의한 시동시의 착화불량 또는 연소기 내벽에의 카본부착, 카본에 의한 터빈노즐의 부식 등이 발생한다. 메이커 규정치 이하에서 운전하는 일이 중요하다.

또 수질관리를 게을리 하면 연소기 내벽, 터빈 노즐, 터빈 브레이드 등에 이물질이 부착하여 냉각 통로가 폐쇄됨에 따라 고온부위 부품의 손상이나 성능저하가 발생한다.

#### 마) 공기압축기의 청소

공기압축기가 오염되면 출력저하, 연료 소비량의 증가, 배기온도의 상승현상 등이 일어난다. 특히 축류압축기의 경우 그 현상이 많이 나타난다. 따라서 정기적인 압축기 청소가 필요하다.

또한 최근에는 고성능 필터의 도입에 의해 출력 저하가 작고, 압축기 청소가 불필요한 케이스도 많아지고 있다. 청소방법 및 그 주기에 대해서는 각 메이커의 취급 설명서에 따르도록 한다.

#### 바) 가스압축기

- ① 윤활유량을 목측으로 관리한다.
- ② 정지중, 증속기 유면계의 관리치 범위내에 윤활유가 있을것(증속기가 있는 경우)
- ③ 메카니칼 씰로부터 기름누출이 비정상적으로 증가해 있지 않을 것. 허용치는 취급설명서를 참조할 것.
- ④ 운전중의 오일 필터 전후의 차압이 0.1 MPa 이 내일 것.
- ⑤ 전동기, 증속기 등의 축수의 구리스 보급은 명판(Name Plate) 기재사항과 취급설명서를 확인하고 실시할 것. 또한 전동기축수(베어링)의 구리스 주입을 규정대로 행할 것.
- ⑥ 2차 유분리기의 기름회수용 사이트 그라스로 운전중 윤활유의 흐름을 확인할것.
- ⑦ 가스압축기의 전류값이 크게 흔들리지 않는 것을 확인할 것.

#### 3) 발전설비 운전기록

일상의 수시 점검이나 운전기록을 통하여 설비의 상태를 정확히 파악하며, 전기공작물 규정에 의한 보안을 확보 할 필요가 있다.

수시점검 항목 및 운전데이터 관리항목을 포함한 운전일지를 만들어 관리해야 한다. 최근에는 운전데이터를 자동 기록하는 방법을 채용하는 일이 많은데 진동, 압력, 온도 등 현장순찰 점검시 실제로 기록하여, 실제의 움직임과 수치의 관계를 파악하는 것도 예방보전을 위해 중요한 일이다.

#### 나. 정기점검 항목

##### 1) 정기점검의 포인트

가스터빈은 법률에 의해 정기검사 의무가 부가되어 있다. 또 폐열회수 보일러도 용량에 따라서는 법률로 정기점검이 의무화 되어있다. 이들의 검사에 맞추어 설비전체의 정기점검을 계획한다.

##### 2) 기기별 정기점검 항목

###### 가) 가스터빈

###### (1) 부품의 열화와 수명

정기점검의 주요한 목적은 가스터빈의 구성부품의 열화나 손상정도의 파악과 열화 손상부품이나 수명

도달 부품의 수리·교환이다.

운전중인 가스터빈에는 회전수의 자승에 비례한 원심력 등의 기계적 응력과 부하에 비례한 열적인 응력이 작용한다.

한편, 기계적 응력의 변동은 시동-정지 사이클시에 최대로 된다. 시동-정지시에는 열응력이 생기는데 특히 냉각된 상태에서의 시동시 열응력이 충격적으로 작용한다. 때로는 그 진동이 크게되어 열충격으로 되어 작용하기도 한다.

따라서 매일 「시동-정지」를 행하는 운전조건인 쪽이 주야 연속운전인 경우보다 부품의 피로수명에서는 과혹하게 된다.

부품수명에 영향을 미치는 인자들은 시동-정지에 따른 기계적 사이클 피로나 열피로와 같은 사이클에 의존하는 인자외에 크리프(creep), 산화, 부식, 침식(Erosion)이라는 시간에 의존하는 것이 있다. 시간적으로 의존하는 인자는 고부하 운전 시간의 누계가 유지관리상 중요한 요소가 된다. 이들의 인자에 의한 부품의 열화나 수명의 파악은 운전시간에 따라 정기적으로 내부관찰하고, 그 증후의 유무를 조사할 필요가 있다. 피로손상이나 크라프 손상은 눈으로 점검이 불가능하기 때문에 그 부품의 설계수명에 도달한 시점에서 부품교환을 실시한다.

## (2) 점검주기의 기준

부품의 열화나 손상은 앞서 말한대로 단순히 운전 시간만이 아니고 시동횟수·사용연료, 흡기의 청정도, 분사수의 순도 등에 따라서도 영향을 받으므로 점검 주기는 일률적으로 정할 수 없으나 일반적으로 등가 운전시간이라는 척도를 도입하며, 그 값에 의해 갖가지의 점검주기를 정하고 있다. 아래에 그 계산식의 한 예를 나타내는데 가스터빈의 형식, 구조, 사이즈 등에 따라 다르므로 개개의 메이커의 취급 설명서에 따라 실시한다.

$$K = L + \alpha \times H + \beta \times S$$

여기서

K : 등가운전시간(h)

L : 기준부하 이내의 운전시간(h)

H : 고부하(기준부하 이상)운전시간(h)

S : 시동회수

$\alpha$  : 고부하운전계수 3~10

$\beta$  : 등가운전시간계수 10~40

단, 이 계산식은 어디까지나 표준이고, 실제로는 이것을 기준으로 하여 설비도입의 초기에는 다소 짧은 주기로 점검을 하고, 그 결과에 따라 다음 점검시기를 정하는 일이 많다. 아래표는 점검 내용과 그 시기를 나타낸다.

< 정비점검 시기표 (자체검사) >

점 검 내 용	운 전 시 간
수시점검	필요에 따라 행함.
연소기점검	등가운전시간 2,000~8,000 매시간
터빈점검 (보아스코프 점검)	등가운전시간 2,000~8,000 매시간
터빈점검 (고온부 부분 개방점검)	등가운전시간 4,000~16,000 매시간
보수 (Overhaul)	등가운전시간 8,000~30,000 매시간

## (3) 점검요령

각 메이커의 점검기준 및 각 설치자의 운전상황에 의해 점검계획을 수립하고 실시토록 한다.

### 나) 가스압축기

기본적으로는 가스터빈의 정비시기에 병행하며 한다. 상세한 것은 각 메이커의 취급설명서에 따른다.

## 3. 발전장치 및 제어반

### 가. 전기설비의 정기점검 포인트

근년, 생산설비나 정보기기의 고도화에 따라 전기 공급설비의 신뢰성이 대단히 중요시되고 있다. 따라서, 발전기·발전기반 등의 전기 기기에 대하여 취급 설명서에 의한 일상점검 및 원동기의 정기점검에 맞추어 정기점검을 실시하는 것이 요구되고 있다.

### 나. 정기점검의 종류

Co-Gen에 있어서의 주요 전기기기

① 교류발전기

② 발전기반 여자반 여자장치 등

전기기기의 정기점검은 아래표와 같은데, 발전설비로서 구성되는 교류발전기와 발전기반에 대한 하나의 기준을 나타낸 것으로 실용면에 있어서는 설치장소의

환경, 가동율, 부하율(운전출력), 시동, 정지빈도 및 원동기의 정기점검 주기를 결정하는 일이 필요하다.

또한 일상점검 및 간이점검은 수시로 실시할 수 있는 보수점검 항목을 나타내고 보통점검, 정밀점검, 개방점검은 메이커 또는 전문 서비스업자에 의해 보수점검을 실시하는 항목이다.

< 전기기기의 정기점검 예 >

종별 점검주기	일상 점검	간이점검		보통점검		정밀점검	개방점검
		A	B	C	D	E	F
운전시간 또는 년수가 빠른쪽	매일	1,000h	2,000h	4,000h	8,000h	16,000h	32,000h
		-	반년	1년	2년	3년	6년

## 4. 흡수식 냉동기

### 가. 일상의 운전방법

흡수식 냉동기는 진공속에서 냉매(물)를 증발시킴으로서 냉수를 제조하는 기계이다. 냉동능력을 유지하기 위해서는 기기의 진공 및 용액의 상태를 적정하게 유지할 필요가 있다. 또 수냉기계이기 때문에 냉각수의 온도가 이상치였다든가 수질이 나쁜 경우에는 고장을 일으키는 일이 있다. 냉각수를 공급하는 냉각탑과 함께 일상의 관리가 필요하다.

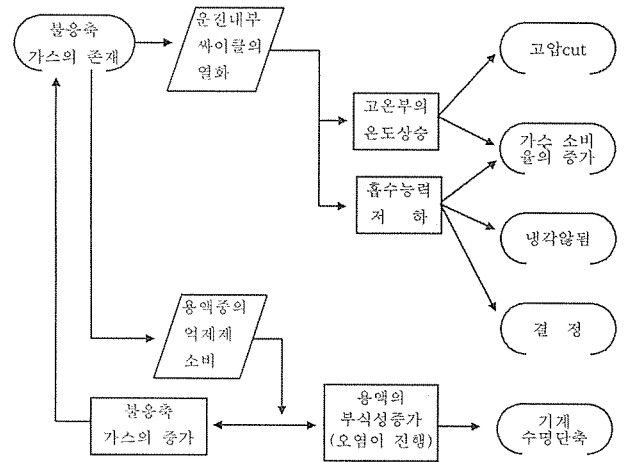
#### 1) 진공관리

##### ① 진공이란?

흡수식 냉동기의 운전시의 기내압력은 이중 효용성에 있어서 가장 높은 곳이 고온재생기로 총 부하시에서 93.3 KPa 전후 가장 낮은 곳이 증발기·흡수기에서 0.87 KPa 전후이다. 정지시는 전기기대가 2.67 KPa 전후의 진공으로 된다. 만약, 수소나 공기 등의 불응축 가스가 존재하면, 그 분압분 만큼 기내압력이 상승한다.

고진공만큼 그 영향은 크고, 그대로 방치되면 아래 그림과 같이 악순환이 생기는 원인으로 작용될 수밖에 없다. 일상의 운전관리에 있어서 진공상태를 점검하여, 필요에 따라 추기조정을 하여, 항상 양호한 진공상태를 유지하는 일이 중요하다.

< 불응축 가스가 존재하는 경우의 영향 >



#### ② 추기장치

흡수식 냉동기에 있어서 불응축 가스가 발생되면, 이것을 모아 밖으로 배출하는 추기장치가 반드시 부착되어 있다.

추기장치의 방식은

- (i) 파라디움 쉘 방식
- (ii) 기계식추기 (추기펌프) 방식
- (iii) 하-메츠크 퍼지방식
- (iv) 물 이젝터 방식

등이 있다. 추기조작을 사용자가 행하는 일은 적어지고 있으나 자세한 것은 설치된 흡수식 냉동기의 취급 설명서를 참조하여 실시하면 된다.

#### 2) 용액 및 냉매관리

##### ① 용액관리

흡수식 냉동기의 용액 성분인 취화리튬(LiBr)은 알칼리금속 Li와 할로젠 원소 Br과의 화합물이다. NaCl(식염)과 같은 성질이 있어 산소가 있으면 금속을 부식시킨다. 이것을 방지하기 위하여 인히비터(부식억제제)가 첨가되어 있다.

또한 용액은 약 알칼리성으로 유지되어 있어, 이것들을 적절한 값으로 조정하여 둘 필요가 있다. 인히비터 알칼리도의 조정은 정기적으로 용액을 샘플링하여 실시한다.

이 같은 작업에 있어서는 상당히 숙련을 요구하므로 메이커의 서비스 대리점에 정기점검 작업으로서 의뢰한다. 또, 용액에는 흡수능력을 촉진하기 위한 고급 알콜(alcohol)이 첨가되어 있다. 이것은 추기 회수

에 비례하여 소모되므로 계절이 바뀔 때마다의 보충이 필요하게 된다.

### ② 냉매관리

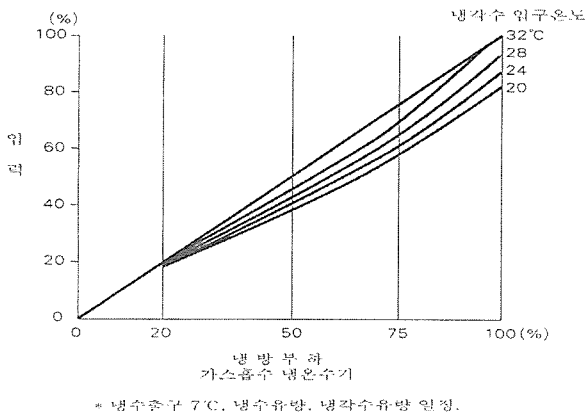
냉매는 추기에 의해 극히 소량인데 외부로 배출된다. 따라서 장시간에 걸쳐서 점차 감소하므로 냉매량의 점검이 필요하다. 또 취화리디움 용액이 냉매에 혼합되면 능력의 저하를 가져오기 때문에 냉매의 재생이 필요하다.

### 3) 냉각수 관리

#### ① 냉각수 온도관리

냉각수 온도가 흡수식 냉동기 운전에 미치는 영향은 대단히 크다. 냉각수 표준 입구온도는 32 인데 이 온도는 한계조건이기도 하다. 최대 부하시에 이것을 초과하면 안전장치가 작동하여 흡수식 냉동기가 정지하는 일도 있다. 냉각수 입구온도가 표준보다 낮은 경우는 그림 5-2와 같이 입력(연료나 증기소비량 등)이 작게 되어 에너지 절약형 운전으로 된다. 그러나 극단적으로 저하하면, 냉매 충전량이 부족하다든지, 결정을 일으킨다든지 하는 경우가 있다. 일반적인 냉각수온도의 제어범위는 22~32 가 바람직하다고 한다.

< 냉방부하 입력과의 관계 >



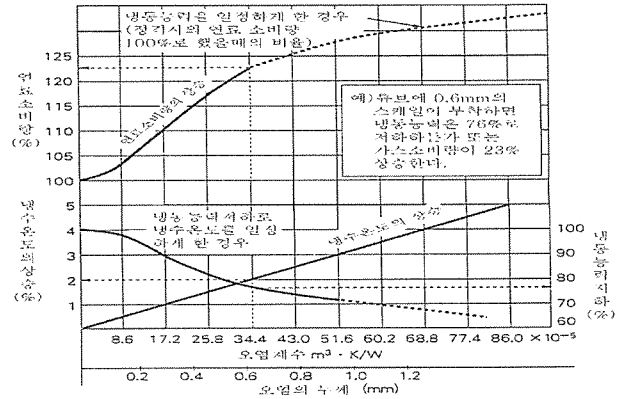
#### ② 냉각수 수질관리

냉각수의 수질이 나쁜 경우에 흡수식 냉동기에 미치는 영향으로서 냉각수계 (흡수기·응축기)의 부식 및 전열관의 오염성분(스케일, 슬라임, 부식물질 등)의 부착에 의한 전열성능 저하가 있다. 후자는 냉동능력의 저하나 재생온도 압력의 상승, 입력(연료나 증기의 소비량 등)의 상승으로 되어 나타난다. (그림 5-3)

수질관리의 방법으로는 냉각수의 일정량을 항상

부로우하여 불순물의 농축을 방지하는 방법이나 냉각수에 수처리제를 첨가하는 방법 등이 있다. 또 시즌 오프(동절기)에는 전열관의 세정을 하여, 스케일이나 스타임을 제거할 필요가 있다.

< 냉각수 오염이 흡수식 냉동기에 미치는 영향예 >



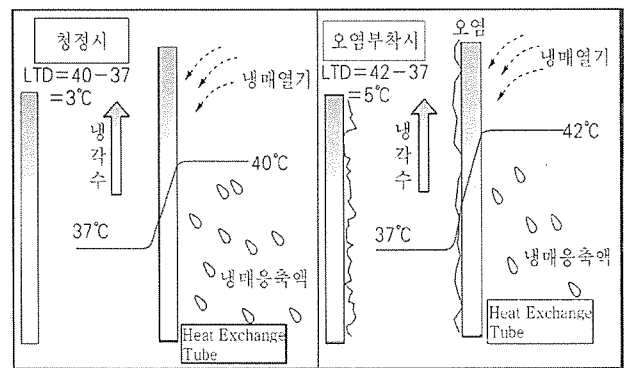
#### ③ 전열관 세정 여부의 판정법

냉각수계 전열관(응축기)에 오염성분이 부착한 경우 이것을 확인하는 방법으로 직접 목측하는 이외에 다음과 같은 징후로부터 판단하는 방법이 있다. 「전열관의 오염 때문에 냉매증기부터 냉각수에 전열이 저해되어 응축기 내의 압력이 상승하여 냉매응축액 온도가 상승한다」라고 하는 것이다.

따라서, 응축기의 오염의 부착상황은 「냉매응축온도」와 「냉각수 출구온도」의 온도차로부터 알 수가 있다. 이 온도차를 LTD(Leaving Temperature Difference)라 부른다.

아래 그림은 오염의 부착에 따라 LTD가 3°C부터 5°C로 상승한 것을 나타내고 있다.

< 오염의 부착에 의한 온도 변화의 예 >



#### 나. 보수관리

흡수식 냉동기를 상시 정상상태로 유지하려면 올



바른 작업기준에 기초하여, 보수관리를 실시하는 것이 필요하다.

### 1) 일상점검

운전 데이터 수집을 매일 하는 것은, 시운전시의 기록과 함께 금후의 운전관리의 참고가 된다. 데이터에 의해서 정상시 기계의 상태가 파악되고 이상 현상 징후의 파악 또는 부적절한 상태의 조기발견이 가능하다. 또 부적절한 상태의 발생시, A/S팀이 출동하여도 판단이 용이해지고 신속한 조치가 되는 경우가 많다.

일상의 운전기록을 정리함으로써 장기간에 걸친 경년변화를 알아 고장부위의 진단이 알기 쉽게 된다.

### 2) 동계·중간기의 냉방운전

- ① 동계나 중간기(4월~5월, 10월~11월)에 냉방운전을 하는 경우 냉각수 입구 온도가 저하하여 과냉각 운전에 의한 결정의 우려가 있다. 일상 점검에 있어서 냉각수 온도의 점검 및 냉각수 온도를 자동적으로 적정범위를 조절하는 콘트롤러의 점검이 필요하게 된다.
- ② 동계·중간기의 냉방운전에 의해 가동기간이 길어지므로 통상운전을 하고 있는 흡수식 냉동기보다도 보수 점검 횟수를 늘릴 필요가 있다.
- ③ 냉수의 동결방지를 냉수에 에치렌글리콜 등의 부동액을 투입하여 동결 방지를 하는 경우, 에치렌글리콜 용액 농도에 의해 흡수식 냉동기의 냉동용량이 작아지게 되므로 주의가 필요하다. 또한 에치렌글리콜의 용액농도에 따라 동결을 방지할 수 있는 온도가 변하므로 이 용액농도를 측정하여 관리할 필요가 있다.
- ④ 냉각탑 물탱크중의 냉각수의 동결방지를 하기 위하여 냉각탑 물탱크에 동결방지 전열히터를 부착할 필요가 있다.

### 3) 정기점검

구성부품의 기능저하나 경년에 의한 열화 등은 기기의 설치조건이나 운전시간 등에 따라 다르다. 정기적인 점검에 의해 정확히 상황을 파악하여 필요에 따라 부품의 교환이나 조정을 하는 일은 기기의 유지관리에 중요한 일이다. 점검항목이나 빈도는 메이커에 따라 다를 수 있으므로 메이커의 권장하는 기준에 따라서 실시할 필요가 있다. 또 정기점검은 항목에 따

라서는 사용자가 하는 것도 있으나 주로 메이커의 서비스 맨이 하고 있다.

## 5. 냉각탑

### 가. 냉각수 관리

#### 1) 냉각수의 수질

냉각수의 수질관리는 대부분이 일상점검의 충실에 의해 충분히 할 수 있다.

#### 2) 냉각탑의 설치환경

냉각탑에서는 냉각수(순환수)와 대기를 접촉시켜 일부를 증발시킴으로서 대기중에 방열을 하여 냉각수를 냉각하고 있다.

냉각탑의 설치환경이 나쁘면 부식성물질에 의한 부식이나 조류(이끼)의 발생 및 매진(Smoke dust)에 의한 스케일 트러블이 발생하는 위험성이 있다. 이와 같이 좋지않은 환경으로부터 냉각탑을 멀리하여 사용할 필요가 있다.

일반적으로 냉각수는 30~40℃라는 조류나 세균류의 생육에 알맞은 수온이다. 증식한 세균류 등은 냉각탑의 물방울의 비산에 의해 인체에의 감염 가능성이 생긴다. 냉각탑의 설치 장소는 공조용 외기 취입구나 탕 및 사람이 통하는 곳부터 충분히 떨어진 장소에 설치할 필요가 있다.

#### 3) 냉각탑의 청소

냉각탑의 청소에 관한 통계자료는 없으나 「월 1회」의 청소가 바람직하다.

#### 4) 냉각수의 블로우(Blow down)

냉각탑은 순환수의 일부가 증발하는 양과 팬에 의해 공기와 함께 물방울로서 증발되는 캐리어 오버되는 양을 보충할 필요가 있다. 아무리 양질인 수도수를 보충해도 순환수중에 용존하는 성분이 잔류하여 농축된다. 불순물의 농도가 규정이상에 달하면 흡수식 냉동기나 냉각탑등으로 트러블을 일으키는 일이다. 이 대책으로서 냉각수의 일부를 배수토록 한다.

순환수를 어느 일정한 농도배수 이하에서 운전하기 위한 배수량 및 보급수량은 다음 계산식부터 구할 수가 있다.

$$M = E + W + B \dots\dots ①$$

$$N = \frac{E + W + B}{W + B}$$

여기서

M : 보충수량 (l/h)

E : 증발 손실량 (l/h)

W : 비산손실량 (l/h)

일반적으로 냉각수 순환유량의 0.1%~0.2% 정도

B : 배수량 (l/h)

N : 농축배수

일반적으로 N = 3~4정도

①②식부터 다음식이 얻어진다.

$$B = \frac{1}{N - 1} \cdot E - W \dots\dots ③$$

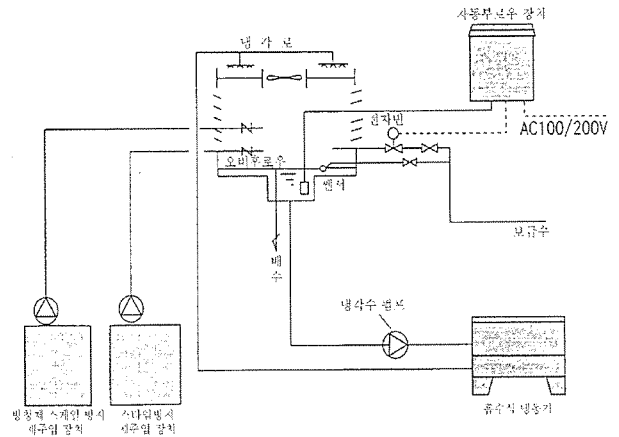
$$M = \frac{1}{N - 1} \cdot E \dots\dots ④$$

또, 증발손실량 (E)는 다음식으로 구할수 있다.

$$E = \frac{\text{냉각탑에 있어서의 냉각열량}}{\text{냉각탑 입구온도에서의 냉각수의 증발잠열}} (l/h) \dots\dots ⑤$$

농축정도는 도전율이나 매값이 변화하는 것에 의하여 알 수가 있으므로 이들의 값을 검출하여 냉각수의 불로우를 자동 콘트롤하는 방법이 있다.

<수처리 시스템의 예>



# 250kW급 고체고분자형 연료전지 열병합시스템의 현장시험

\* 본 자료는 일본 열병합발전센터 자료에서 발췌·번역한 것임.

## 1. 머리말

IT혁명의 진전에 따라 정보통신량이 급증하고 NTT Group의 정보통신시스템에서 사용되는 소비전력도 대폭으로 증가되고 있다. 시산(試算)으로 2010년에 3배가 될것이라는 예측이다. 한편 환경문제, 특히 지구온난화에 대한 사회적 의식이 고조되어 1997년의 COP3 (제3회기후변동방지 조약체결국회의)에서 Kyoto의정서가 결의되고 2001년 마라게슈에서 개최된 COP7에서 미국은 제외되었으나 Kyoto의정서 운용률이 합의되었다. 이로 인하여 세계각국, 각 기업은 온실효과가스 배출삭감을 향한 노력을 강화하지 않을 수 없게 되었다. NTT Group에서는 1987년부터 진행

시켜온 각종 에너지절감시책과 더불어 1997년부터 연구개발로 시스템의 구축·운용에 걸쳐 전체적으로 발본적인 에너지소비구조를 개혁할 TPR(Total Power Revolution)운동을 전개하여 소비전력의 삭감을 목표로 하고있다. 또한 1998년에는 TPR 운동의 확실한 추진과 지구환경문제에 대한 사회적 책무를 부과하기 위하여 「2010년을 향한 전력에너지 삭감비전」을 작성, Group 전체의 노력으로 전력자급율을 30%까지 올릴 것을 목표로 하고있다. 전력자급율의 향상은 청정에너지의 도입에 의한 효과로서 태양광발전이나 풍력발전과 함께 그중 핵의 위치에 있는것이 연료전지 시스템이다.

여기서는 2000년 12월부터 시작된 250kW급 고체고