

터빈 · 발전기 및 열교환기 강좌(4)

[タービン・発電機および熱交換器]

II. 터빈 · 발전기플랜트의 구성과 계획

II.タービン・発電機プラントの構成と計画

출 처 : 화력원자력발전 2004. 5.

1. 개요

터빈 · 발전기플랜트는 그 사용 목적에 따라 사업용 화력, 자가발전용 화력으로 나눌 수 있는데 열원의 종류에 따라 일반화력, 원자력, 지열 등으로 분류되기도 한다. 이들은 모두 각각의 특징이 있으며 구성되는 내용도 당연히 달라진다. 또한 증기조건 및 단기용량과 함께 열효율이나 경제성의 시스템 구성이 검토된다.

여기서 설명하는 터빈 · 발전기플랜트의 구성과 계획은 한정된 지면 때문에 충분히 기재하기는 불가능하므로 대표적인 설비를 대상으로 그 방법과 방침을 설명하여 참고로 제공하고자 한다.

일반적으로 기력(汽力)발전소 건설계획에 있어서는 검토해야 할 사항이 매우 많다. 사업용 설비에서는 미래의 수요, 사용연료, 전력계통의 특성, 입지조건, 기타 전원과의 관계 등에 대한 예측과 전망을 보다 정확하게 파악하는 것이 중요하다. 자가발전용 설비에서는 공장 내에서의 에너지(증기와 전력) 균형, 사이클의 형성, 용량 선정, 변동부하 처리, 냉각수 등을 잘 검토해야 할 필요가 있다. 단순히 전력수요를 충족하는 것이 아니라 증기와 열수 등의 필요량도 잘 체크하여 사이클에 넣어 에너지의 효과적 이용에 힘써야 한다.

터빈 · 발전기설비는 그 주요부가 거의 발전소 본관 내에 설치되므로 설비의 기기배치도 염두에 두어 계획을 진행해 나가는 것이 바람직하다. 그림1에서는 발전소 본관 내의 터빈 · 발전기설비 외형도를 보여주고 있다. 설비의 기기배치에 대해서는 아래 각 장에서 상세히 설명하므로 그것을 참조하기 바란다.

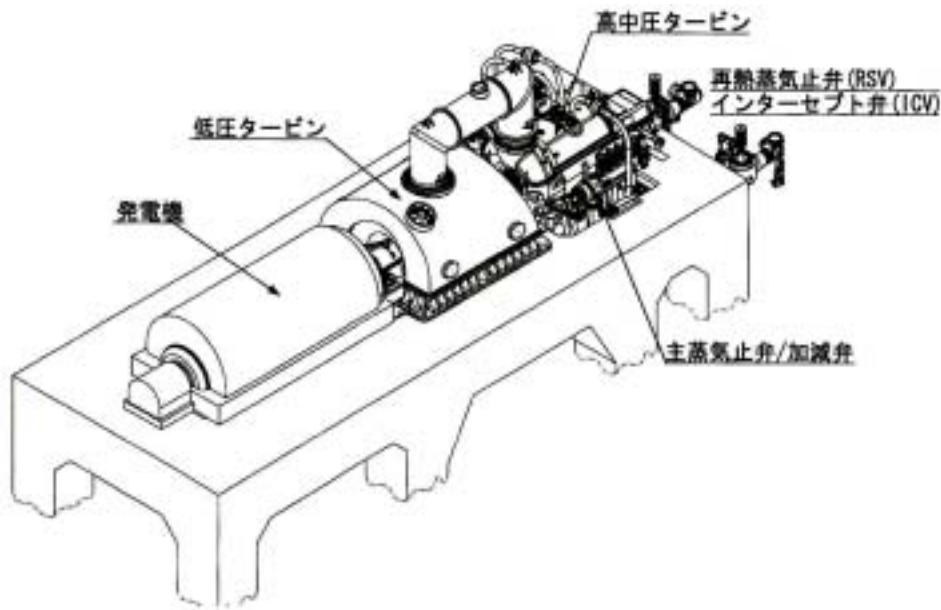


그림1 터빈 · 발전기 외형도

2. 사업용 화력 터빈플랜트의 구성기기

2.1 설비의 개요

화력용 터빈설비는 증기조건의 향상과 단기용량의 증대로 인해 그 설비의 사이클 구성이나 계통이 커지게 됨으로써 복잡해지고 있다. 이는 증기조건이 향상되어 터빈 사이클에 재생·재열방식을 적용한다거나 보일러가 자연 순환방식에서 강제 유동방식으로 변화된 점, 그리고 급수처리가 보다 엄격해졌기 때문이다. 또한 단기용량의 증대로 인해 터빈의 차실이 2개에서 3~5개로 늘어난 것도 하나의 원인이다. 게다가 성능이나 열효율 향상을 위해 급수펌프(BFP)가 단순한 전동기 구동방식에서 증기터빈 구동방식으로 변하고 있다. 이러한 변혁에 대처하기 위해 항상 성능 및 신뢰성 향상을 중심으로 한 연구개발이 이루어지면서 현재의 터빈설비 구성에 이르게 되었다.

그림2는 1,000MW급의 주요 계통구성인데 이 그림에는 설비를 구성하는 주요설비가 나타나있다. 터빈설비를 구성하는 기기는 (가)증기터빈 발전기, (나)복수설비, (다)냉각수설비, (라)급수 가열설비, (마)급수펌프설비, (바)급수 복수처리설비, (사) 기타 부대설비 등이다.

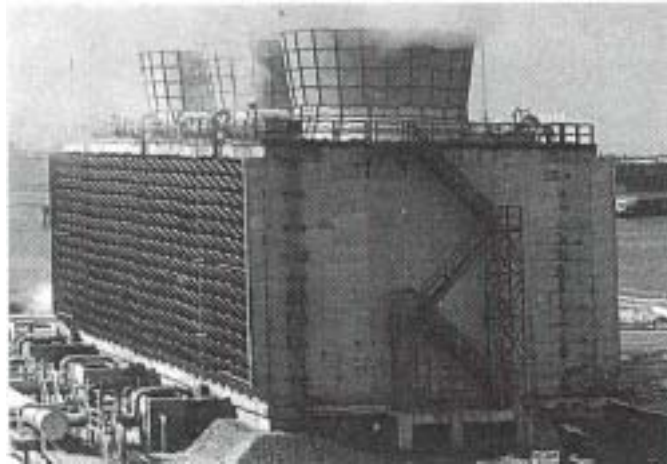


사진1 기계통풍형 습식 냉각탑

(4) 급수가열설비

터빈설비의 열효율을 향상시키기 위해 재생사이클이 사용되고 있다. 급수가열기는 급수를 터빈 추기(抽氣)로 가열하는 것이다. 급수가열장치 안에는 탈기기가 설치되어 있는데 이는 급수 중의 용존(溶存) 산소를 탈기하는 기능도 가지고 있다.

(5) 급수 펌프

보일러로 급수하기 위한 펌프로 일반적인 설비에서는 탈기기의 출구 쪽에 배치된다. 이 펌프는 설비의 보충기계 중에서 가장 중요한 것이므로 2대 이상 설치되는 경우가 많다.

(6) 급수·복수처리 설비

설비에 필요한 물은 외부에서 도입되는데 보일러에서 필요로 하는 물의 순도가 매우 엄격하므로 보급수는 계통에 넣기 전에 충분히 처리하여 고순도의 물로 만들어야 한다. 관류 보일러의 경우에는 더욱 더 수질관리를 엄격하게 할 필요가 있으며 복수기 출구의 복수계통에도 탈염장치 등을 설치한다. 또한 철분 제거를 위해 탈염장치 상류에 전자필터를 설치하는 경우가 있다.

(7) 기타 부속설비

설비마다 계통이나 설비가 다르기 때문에 각각 필요한 설비가 서로 다른데 그 주요사항은 건옥(建屋), 각종 건축물, 배관, 변 등이다.

2.2 구성기기

(1) 증기터빈

사업용 화력발전소에 사용되는 증기터빈에는 대용량, 고효율로 신뢰성이 높고 운전, 보수가 쉬워야 한다.

고효율화를 위한 증기조건으로는 25MPaG, 538~600℃급의 초임계압이 채용되며 단기용량도 450~1,000MW에서 1,050MW까지 이미 운전되고 있다.

사용되고 있는 증기터빈의 형식은 탠덤 컴파운드(꼬치형), 크로스 컴파운드(병렬형)가 있으며 고, 중, 저압 터빈을 조합하여 유닛을 구성하고 있다(그림3). (b), (c)는 탠덤 컴파운드형(TC)을 나타내며 (d), (e)는 크로스 컴파운드형(CC)을 나타낸다. 두 형식 모두 폭넓은 출력범위에서 사용되고 있는데 크로스 컴파운드형은 대용량기에 많이 사용되고 있다.

대용량 터빈에서는 열효율을 향상시키기 위해 거의 모두 재열식을 사용한다. 그림4(a)~(d)에서는 재열식 터빈의 주요부 구성을 보여주고 있다.

터빈속도와 부하는 터빈제어장치에 의해 열기가감변을 조작함으로써 조정되는데 유닛 용량이 커지면 가감변 사이즈도 대형화되고 고감도, 신속한 제어기능이 요구된다. 따라서 전자부품 등으로 구성되는 전기, 유압식 조절장치(거버너)가 사용되고 있다. 또한 전자계산기를 사용한 터빈제어 자동화도 이루어지고 있다.

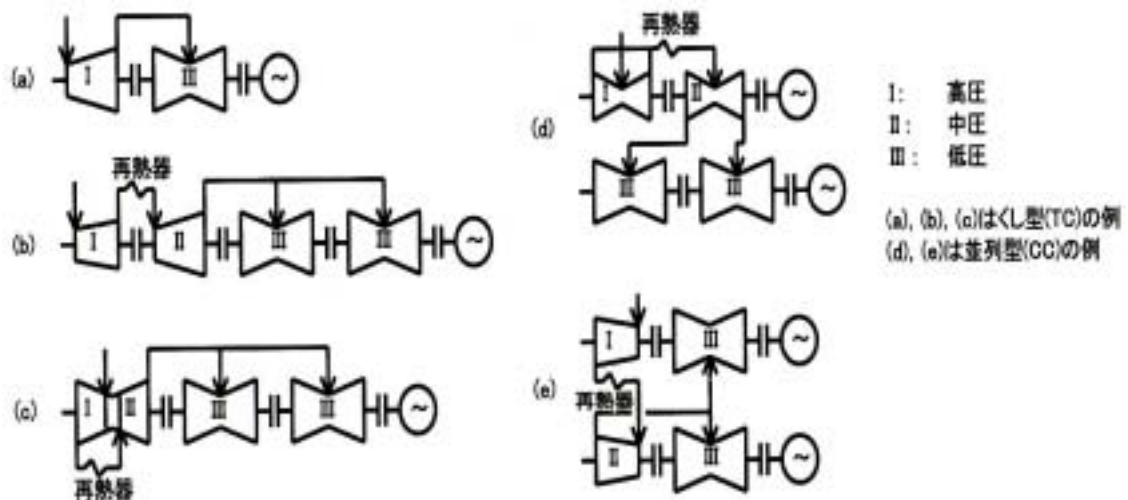


그림3 터빈배열의 예

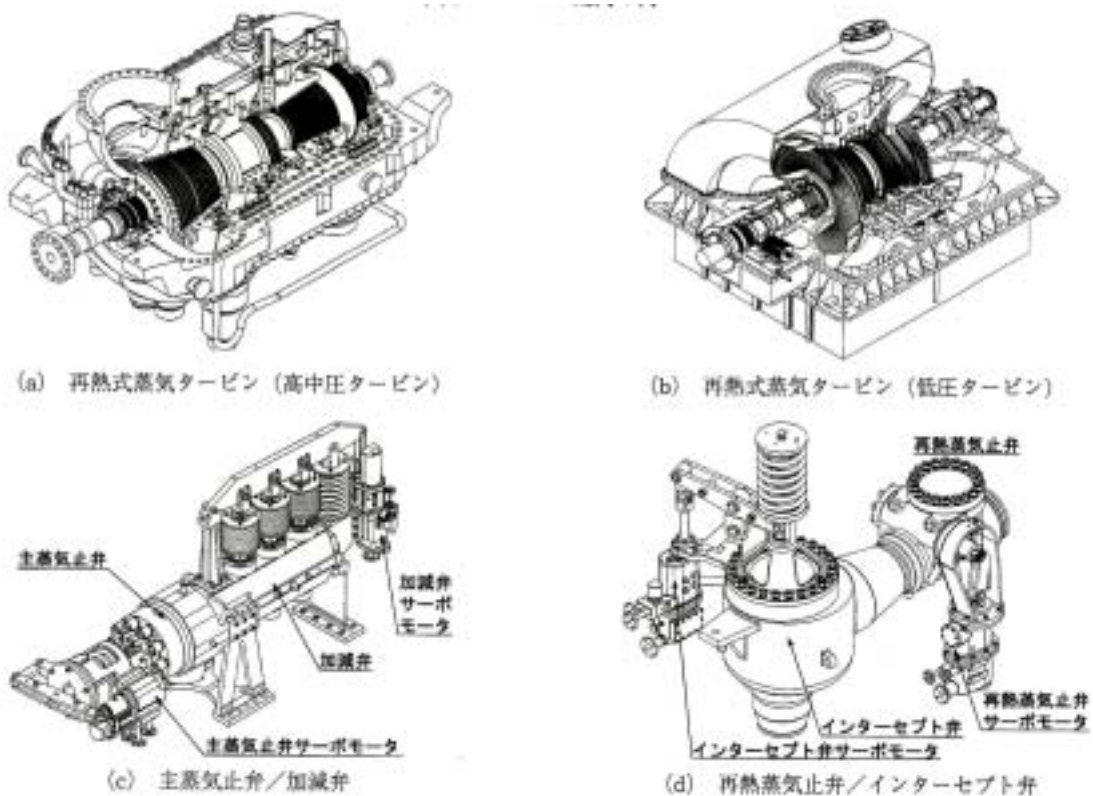


그림4 재열식 터빈 주요부의 구성

- (a) 재열식 증기터빈(고중압터빈) (b)재열식 증기터빈(저압터빈)
(c)주 증기지변/가감변 (d)재열 증기지변 / 인터셉터변

(2) 복수 설비

복수설비는 증기터빈의 배기압력을 내려 증기터빈 안에서의 팽창(열낙차)을 증가시키고 열효율을 상승시킴과 동시에 복수를 회수하는 것이 목적이다.

복수기 : 복수기는 터빈의 배기를 냉각응결하고 진공을 만들어 복수를 회수하는 장치이다. 화력발전소에서는 표면식 복수기가 많이 사용되고 있다.

복수기의 진공도는 사용하는 냉각수 온도와 터빈의 예상부하 상황에 대해 가장 경제적인 점을 선택해야한다.

일본 국내에서 해수를 이용하는 경우에는 3.3~5.1kPa(abs)(722~735mmHg)가 사용되는 경우가 많다.

그림5에서 복수기의 한 사례를 보여주고 있다. 몸통은 증기를 응결시키는

부분으로 다수의 냉각관으로 이루어져 있으며 냉각관의 내부를 흐르는 냉각수와 열 교환이 이루어진다. 몸통의 하부에 포트웰을 설치하여 복수를 저장한다. 냉각관의 재질은 복수기용 황동계목무관 또는 티탄관 등이 사용된다.

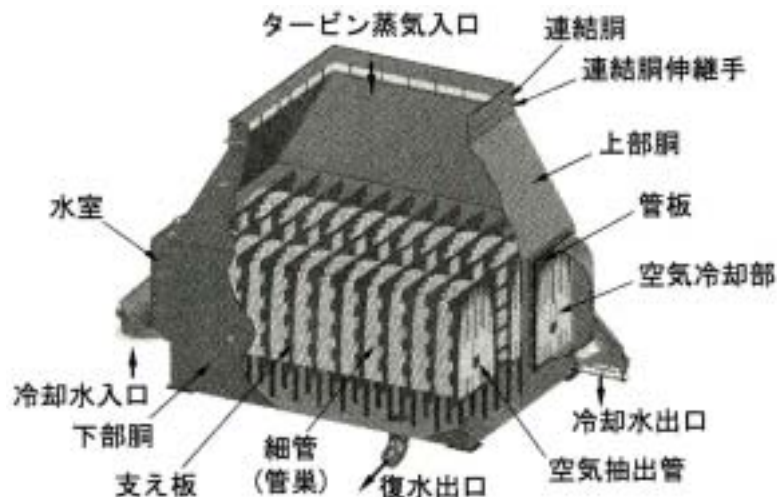


그림5 복수기((주)일립제작소의 슈퍼 발란스드 다운플로형 복수기)

냉각탑 : 냉각탑에는 탑 내 상부에서 온수를 뿌리고 하부에서 받아들인 공기로 직접 냉각하는 습식냉각탑과 탑에 냉각요소를 설치하여 온수는 냉각요소를 통해 간접적으로 냉각되는 건식냉각탑이 있다. 또한 두 방식을 공용한 것도 있다.

공기의 취입방식은 자연통풍에 의한 것과 전력 팬에 의해 강제적으로 통풍시키는 방법이 있다. 외국의 대용량 설비에서는 자연통풍식 냉각탑의 사용이 많다. (사진2)

순환수 펌프 : 순환수 펌프(냉각수 펌프)는 복수기에 냉각수를 공급하는 펌프로 사류펌프가 널리 사용된다. 대형설비에서는 50%용량을 2대 사용하는 경우가 많고 효율향상 차원에서 가동익펌프가 사용되는 경우도 있다.

복수펌프 : 복수펌프에는 다단펌프가 이용되며 입형피트식이 많고 대형설비에서는 50% 용량기 3대를 설치하는 경우가 많다.

공기 추출기 : 복수기 중의 불응축 가스를 배출하기 위해 증기분사식 공기추출기 또는 진공펌프가 사용된다. 증기분사식 추출기는 드럼보일러

와 같이 기동 전에 증기원이 있는 경우에 사용되는 경우가 많고 기동에는 별치 기동용 공기 추출기가 필요하다. 진공펌프는 관류보일러와 같이 기동 전에 복수기 진공을 확보할 필요가 있는 경우에 사용되는 경우가 많고 통상 2대를 설치하여 기동 시 2대, 통상 1대를 운전한다.



사진2 자연통풍식 냉각탑

(3) 급수가열설비

급수가열기 : 급수가열기는 터빈추기 또는 그 밖의 증기로 보일러 급수를 가열하는 것이다. 급수펌프에 따라 고압급수 가열기와 저압급수 가열기로 구분되며 형식으로는 횡형(橫形)과 입형(立形)이 있다.

탈기기 : 터빈의 추기 또는 그 밖의 증기에 의해 급수를 직접 가열함과 동시에 급수 중의 용존산소를 분리제거하는 것이다. 트레이형과 스프레이형, 그리고 그 공용형이 있다. 탈기된 물은 하부의 탱크에 저장되며 분리된 공기는 벤트 콘덴서를 지나 대기로 방출된다.

(4) 급수펌프

급수펌프는 주기와 다름없는 취급을 받을 정도로 중요한 기기의 하나이다. 펌프는 다단원심식이 많이 사용되며 그 구동에는 전동기 또는 증기터빈이

사용된다.

급수량 제어에는 급수 조정변을 이용하는 경우와 펌프(터빈)의 회전수를 바꾸는 방법이 있다. 두 가지 모두 보일러의 드럼수위의 변화, 증기유량의 변화, 급수량의 변화 등을 검출하여 조정변 또는 펌프(터빈)속도를 제어하는 방법이 사용되고 있다.

최근의 대용량 발전설비에서는 대부분 별치증기터빈 구동의 급수펌프가 사용되고 있다.

(5) 급수·복수처리설비

천연수, 공업용수, 상수도수 등의 원수를 설비에 보급하는 데에는 원수에 포함된 각종 불순물을 수처리 설비를 통해 제거하고 고순도의 물로 만드는 과정이 필요하다. 수질관리는 설비를 안전하고 효율적으로 운전하기 위해 중요한 사항이다.

2.3 설비의 기기 배치

화력발전소 본관은 터빈·발전기가 중심이 되며 그 주변에 배관, 계측설비 및 각종 보충기계가 배치된다. 계획 시에는 운전이 능률적으로 이루어지도록 보수점검, 사고 시의 처리 등을 고려함과 동시에 발전소의 운영과 건설비 등 경비면도 고려해서 결정된다.

(1) 주요기기의 배치

터빈·발전기는 견고한 받침대 위에 기계가 수평으로 배치되도록 세심한 주의가 필요하다. 받침대는 부등침하나 기계와의 공진을 일으키지 않도록 설계되어야만 한다.

터빈·발전기의 배열은 로터의 축심을 보일러와 직각으로 배치하는 T형배치와 평행하게 배치하는 I형배치가 있다. 그리고 탠덤 컴파운드형은 터빈발전기가 1축에, 크로스 컴파운드형은 터빈이 2축에(이 경우 발전기도 2대) 배열된다.

터빈·발전기 주변은 발전기 회전자의 제거, 터빈케이싱 및 로터 등 대형 부품의 개방분해를 위해 충분한 공간이 필요하다. 또한 바닥면은 그들의 하중을 견딜 수 있는 강도를 가지는 것이 중요하다.

(2) 보기류의 배치

터빈·발전기 주변기기 : 터빈·발전기의 주변에는 주 증기관, 재열증기관,

추기관 등의 대구경 고온배관과 각종 변이 배치된다. 또한 윤활유 탱크, 기름펌프, 기름 냉각기 등의 윤활유 장치도 배치된다. 제어용 고압유관이나 윤활유관의 배치에 대해서는 화재방지를 위해 고온 증기계와 차단되도록 배려해야만 한다.

복수기, 공기 추출기, 순환수 펌프 : 복수기는 일반적으로 터빈·발전기 아래에 배치되는데 복수기를 터빈축과 평행하게 배치하는 경우와 직각으로 배치하는 경우가 있다. 두 가지 모두 냉각관을 교체할 때 빼낼 수 있는 공간을 고려하여야만 한다.

증기분출식 공기 추출기는 드레인배관이나 소음을 고려하여 보기실 2층에 설치하는 경우가 많다. 또한 진공펌프는 1층에 설치하는 경우가 많다. 순환수펌프는 복수기 근처에 두는 경우와 취수구 근처에 배치하는 경우가 있다. 각각 운전감시, 운전조작이나 건설비 등의 관계를 통해 결정된다.

급수가열기, 탈기기 : 급수가열기에는 횡형과 입형의 2종류가 있다. 두 가지 모두 개방점검을 위해 몸통 및 가열관을 빼내는 공간은 작업 공간을 고려하여 배치를 결정한다. 또한 저압급수 가열기를 복수기 상부 몸통에 넣어 공간을 절약하는 경우도 있다.

탈기기는 일반적으로 급수가열기실의 옥상이나 병커실의 상부에 배치된다.

보일러 급수펌프 : 보일러 급수펌프의 설치 장소는 기능상 보일러실과 터빈실의 중간이 이용된다. 대용량 화력에서는 펌프구동에 증기터빈이 사용되는 경우가 많으므로 설치기초, 증기배관, 윤활유 장치 등은 주변공간도 아울러 주기에 맞춘 배치를 고려해야만 한다.

2.4 부대설비

(1) 취·방수설비

냉각수의 취·방수구는 냉각수에 사용된 온배수가 취수구에 재순환되지 않도록 충분히 떨어진 장소를 선택해야 한다. 또한 하구나 해안에서는 조수 간만에 의한 수위 변화를 고려하여 위치를 선정해야만 한다.

취수구 : 일반적으로 토사의 유입 퇴적을 방지할 수 있는 구조나 위치를 선정한다. 수로에 해초나 조개류가 부착되지 않도록 또한 부유물의

침입을 방지할 수 있도록 대책을 세워야만 한다. 보통 취수구에는 바스크린, 로터리스크린, 화인스크린을 설치하여 이러한 것들의 유입을 막고 있다. 또한 한랭지에서는 동결방지 대책도 필요하다.

방수구 : 대용량 화력의 경우에는 방수량도 많고 방구구의 배수 유속, 흐름의 방향 및 배수온도가 문제가 되므로 선박이나 어업에 대한 배려가 필요하다.

수로 : 발전소 내의 수로에는 개거, 암거, 주철관, 강철관 등이 사용된다.

(2) 건옥(建屋)

화력발전소 구내에는 발전소 본관(보일러, 터빈·발전기 등의 주요 기기를 설치한다), 사무소, 변전소, 창고, 기타 각종 부속건물이 기능적, 합리적으로 배치되어 있다.

발전소 본관은 내진, 내화구조로 부등침하를 일으키지 않도록 견고한 기초를 이루고 있다. 기계 받침대는 정하중 뿐 아니라 중하중도 고려하여 설계한다. 기기의 반입이나 반출을 고려하여 주 크레인을 사용할 수 있는 위치에 충분한 개구부를 설치한다. 중앙제어실은 소음이나 진동이 전달되지 않도록 구조를 정하며 공조 설비도 필요하다.