

8. 기계 및 전기 · 계측제어설비

8. 기계 및 전기·계측제어설비

8.1 총설

8.1.1 기본사항

수도사업에 사용되는 기계·전기·계측제어설비는 취수로부터 배수에 이르기까지 수도 시설의 대부분에 관련되기 때문에 기기 및 장치는 다양하며, 이것들이 맡고 있는 역할의 중요성 때문에 이들 설비의 양부(良否) 및 유기적인 결합도가 급수의 안정성과 경제성에 큰 영향을 미친다.

기계·전기·계측제어설비는 안전성과 효율성을 확보할 수 있는 것이어야 하고 신뢰성이 높고 간소한 설비구성을 기본으로 한다. 기기류의 선정에 있어서는 시방과 기능을 조사하고 가능한 한 실적이 있는 표준품 및 범용품을 채용하며 환경에 대한 부하가 저감되도록 대책을 강구한다. 특히, 지진 등의 재해시에 있어서는 수도시설 전체로서 필요한 최소한의 기능을 유지할 수 있는 설비로 해 두어야 한다.

즉, 고장이 발생한 경우에도 시설전체의 기능을 정지시키지 않도록 하기 위해서 기계·전기·계측제어설비로서의 백업(backup)기능을 구비한다.

안전성을 높이기 위해서는 설비에 이상이 발생한 경우 그것을 검출하고 중고장(重故障), 경고장(輕故障) 등의 이상상태에 대한 운전관리체제 및 급수예의 영향을 고려하여 정지, 경보 또는 표시를 나타낼 수 있는 안전장치나 보호장치를 설치할 필요가 있다.

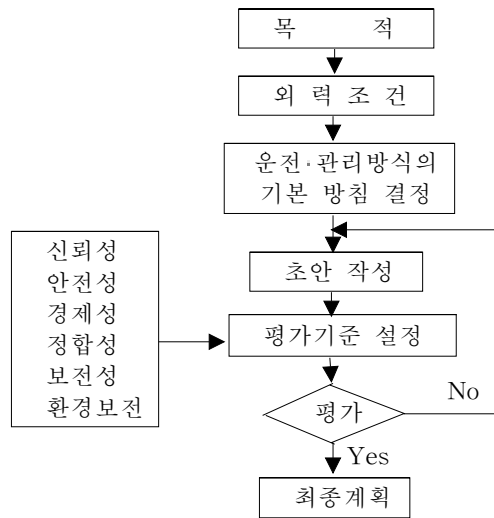
이 밖에 운전원의 오조작 방지대책도 고려해야 한다. 수도시설을 효율적으로 관리하기 위해서 기계·전기·계측제어설비의 자동화나 적용범위의 확대가 이루어지고 있지만, 운전원의 판단에 의한 조작도 대단히 중요하다. 따라서 운전원의 판단착오나 오조작에 의한 사고발생을 최대한 억제하기 위해서 간소하고 안전한 시스템이 되도록 계획해야 한다. 이를 위해서는 과도한 기능부가를 최대한 억제하고 가능한 한 조작의 용이성이나 안전성을 고려한 기기와 장치를 채용하며 운전원의 부담을 경감시키는 설비가 되도록 하는 것이 바람직하다.

기계·전기·계측제어설비는 정수처리 및 수운용에 있어서도 중요한 역할을 담당하며 더구나 다른 시설과 밀접한 관계를 유지하면서 작동하고 있다. 계획·설계에 있어서는 수도시설 전체의 구성을 염두에 두고 장래 도입예정인 설비나 시설이 있는 경우에는 이들과 조화를 이룰 수 있을 뿐 아니라 수도시설내용에 적합한 설비교체를 고려한 구성으로 한다.

기계·전기·계측제어설비의 계획순서는 <그림-8.1.1>에 나타낸 바와 같은 목적을 가능

한 한 정량적으로 설정하여 명확히 하고 설치환경 또는 인적조건의 제약범위 내에서 운전 및 관리의 기본방침을 설정하고 기본계획안을 수립한다. 기본계획은 수도시설의 전체적인 입장에서 신뢰성, 안전성, 경제성, 보전성이나 환경보전대책 등의 평가기준을 설정하고 여기에 기초를 둔 평가를 수행하여 최적계획을 결정하는 것이 바람직하다.

기계·전기·계측제어설비의 계획에 있어서 신뢰성과 안전성을 높이기 위해서는 간소한 설비구성을 기본으로 하고 설비의 중요도, 운용조건 등의 여러 가지 조건을 감안하여 계획을 세운다. 또한 환경보전대책이나 에너지절감·자원절약을 지향하고 생애주기비용(life cycle cost)을 고려한 경제성도 검토하여 합리적이고 효율적인 설비로 한다.



<그림-8.1.1> 계획순서

8.1.2 관계법령

기계·전기·계측제어설비의 설계는 관계법령 등으로 정해진 사항에 대해서는 이를 준수해야 한다.

【해설】

기계·전기·계측제어설비를 설계할 때에는 「수도법」, 「전기사업법」, 「전기공사업법」, 「전기통신기본법」, 「정보통신공사업법」, 「건축법」, 「에너지이용합리화법」, 「산업표준화법」 등에 근거하고 「전기설비에관한기술기준」을 정한 산업자원부령 및 「한국산업규격(KS)」 등 관련되는 법령과 기준에 따라 설계해야 한다.

또한 화재예방이나 고압가스에 의한 재해방지에는 「소방법」, 「고압가스안전관리법」, 「산업안전보건법」 등에 준거하여 필요한 조치를 강구함과 동시에 주변 주민의 생활환경을 보전하기 위해서 「환경정책기본법」, 「수질환경보전법」, 「소음·진동규제법」, 「대기환경보전법」, 「폐기물관리법」 등에 규정된 내용을 기초로 소음, 진동 및 배기가스 등의 대책을 고려하여 설계해야 한다.

이 밖에 노동재해를 방지하기 위해서 「근로기준법」, 「산업안전보건법」, 「전기사업법」 등에 근거한 안전대책을 포함해야 한다.

또 이들 관계법령은 여러 가지 정세에 의해 개정되는 경우가 있으므로 그 동향에 대해서도 주의해야 한다.

8.1.3 설비의 개량·교체

기계·전기·계측제어설비의 개량·교체에는 다음 각 항에 의한다.

1. 보전비의 증대나 기능저하 등을 과학적으로 평가하여 경제성과 함께 적절한 시기에 개량하거나 교체한다.
2. 단지 설비의 개량·교체뿐만 아니라 관련되는 설비간의 조화를 배려하여 유지관리가 용이하고 경제적으로 되도록 개선한다.
3. 설비의 교체기간 중에는 관련되는 시설의 운용에 지장을 주지 않도록 공사계획을 검토한다.

【해설】

기계·전기·계측제어설비는 오랜 기간 사용되며 설치환경에 따라 기능이 나빠지기 때문에 설비의 개량·교체 등을 계획적으로 진행시킬 필요가 있다. 또한 개량·교체에서는 에너지절약 및 환경보전대책 등을 고려함과 동시에 수도시설을 합리적으로 운영할 수 있도록 하고 과도한 설비가 되지 않도록 시설규모에 따른 신기술을 도입해야 한다.

1.에 대하여 ; 기계·전기·계측제어설비의 교체시기는 노후화에 의한 보전비(운전관리비, 보전비)의 증대 또는 재료나 특성의 열화에 의한 기능저하, 또한 기술혁신 등에 의한 기존설비의 진부화(陳腐化) 등을 종합 평가하여 판단해야 한다.

이들의 판단조건은 교체실적과 법정내용연수를 고려하고 설비열화진단기술 등의 과학적인 관리를 받아들인 계획적인 보전관리에 의해 적절한 교체·개량시기를 정한다. 이것이 경제성과 균형이 잡힌 안정급수의 확보로 이어져서 수도사업의 신뢰성을 얻게 된다.

2.에 대하여 ; 설비를 교체할 때에는 교체대상설비의 운전기록, 보전기록 등을 검토하여 불량한 점을 파악하고 그것들을 개선할 수 있는 설비로 한다. 또한 이것과 관련되는 설비·기기와 조화를 고려해야 할 뿐만 아니라 신규설비에 대한 직원들의 기술 수준 및 유지관리체제에 대해서도 배려해야 한다.

설비·기기에서 신기술을 채용할 때에는 신뢰성과 안전성이 높고 보수가 용이한 설비·기기를 채용함과 동시에 가급적 실적이 있는 표준품 및 범용품의 채용 등 경제성에 대해서도 검토한다.

3.에 대하여 ; 설비의 개량·교체에 대해서는 기기의 교체공사기간 중에 관련되는 시설의 기능이 저하되지 않도록 배려한다.

시설의 구성상 기능을 저하시키지 않을 수 없는 경우에는 물 수요가 적은 동절기나 야간에 교체공사를 실시하거나 또는 다른 계통에서의 급수를 검토하는 등 정수처리 및 수운용에 지장이 없도록 한다.

8.1.4 지진 등의 재해대책

기계·전기·계측제어설비를 계획·설계할 때 지진 등의 재해대책은 다음 각 항을 고려하여 정한다.

1. 설비기기 및 장치를 설치할 때에는 앵커볼트의 강화나 전도(顛倒)방지조치 등 직접적인 대책을 고려한다.
2. 재해의 영향을 최소화하기 위해서 이중화, 2계통화 등으로 위험을 분산시킴과 동시에 필요에 따라 백업시스템을 고려한 설비구성으로 한다.
3. 설비의 복구를 쉽게 하기 위해서 가능한 범위로 간소화하고 유니트화하며, 설비의 설치공간, 케이블 및 배관의 부설 노선 등은 복구작업을 고려한 시스템으로 한다.

【해설】

기계·전기·계측제어설비를 계획·설계할 때 지진 등(지진·홍수·낙뢰·화재·정전 등)의 재해 대책을 수도사업자의 실정에 따라 배려한다.

중요한 설비에 대해서는 지진 등의 영향을 고려한 안전성과 신뢰성이 높은 구조·구성으로 해야 한다. 또한 지진 등에 의해 설비가 피해를 받더라도 수도시스템 전체로서의 급수기능을 유지할 수 있도록 고려해야 한다.

강한 지진 등이 있었을 때에 설비의 일부가 손상을 받은 경우에도 시스템 전체로서 가능한 급수기능을 유지할 수 있도록 기간시설의 분산·분할, 예비시설, 계통간의 연락, 전원의 이중화 등의 백업을 배려해야 한다.

1.에 대하여 ; 설비기기의 설치는 건축물과 설비의 양면에서 재해에 강한 입지조건을 선정하는 것이 원칙이지만, 지진에 의한 액상화(液狀化)의 가능성이 있는 지역에서는 미리 대책을 강구한다. 설비의 설치의 중요도에 따라 건축물의 내진성을 높이는 특별한 설계를 하지만, 기본적으로는 기초 또는 건축 구조체에 견고히 고정시켜 무너짐·이동·낙하를 방지한다. 또 펌프설비와 같이 펌프기초와 일체가 아닌 부분의 배관이나 건축물의 관통부분에는 지진시의 부등침하나 부상(浮上)으로 파손될 가능성이 있으므로 가변성 조인트(flexible joint)로 접속한다.

2.에 대하여 ; 재해의 영향을 최소화시키기 위해서는 중요도가 높은 설비인 전원, 동력, 제어 및 정보통신 등의 설비는 이중화, 2계통화 하고, 분할 및 분산화 함과 동시에 필요에 따라 백업시스템을 확립해 놓는다. 또 위험물 등에 재해를 당하였을 때 주변에 영향을 미칠 가능성이 있는 설비에 대해서는 관계법령 등에 근거하여 안전대책을 강구한다.

3.에 대하여 ; 복구를 쉽게 하기 위해서 설비는 가능한 표준화·범용화된 제품을 채용하거나 간소화하고 유니트화 한다. 또 설비는 기기의 설치 공간, 케이블·배관의 부설노선 등을 고려하여 배치한다. 이에 따라 설비가 재해를 받더라도 빠르고 용이하게 복구할 수 있다.

특수시방의 설비 등으로 빠른 복구가 곤란한 경우에는 복구용 기자재의 조달이나 공급방법을 검토한다.

상기 설비의 내진설계에 대해서는 각 설비에 관련되는 각종 법령에 기초를 둔 설계기준 등으로 함과 동시에 관련문헌 등의 지침을 참고로 한다.

8.2 펌프설비

8.2.1 총칙

펌프설비의 운전방식을 정할 때에는 에너지 절약을 염두에 두고 설비의 규모, 토출량의 변동 폭 등을 감안하여 대수제어, 밸브개도제어, 각종 방식에 의한 회전속도제어나 임펠러의 교체방법(여름용, 겨울용) 등 여러 각도로 검토가 필요하다.

펌프설비의 제어에는 원격제어방식이나 자동제어방식이 많이 채용되고 있지만, 원격지에 설치되어 있는 펌프장은 무인화를 원칙으로 한다(8.9.2 시설의 무인화(P))를 참조).

펌프설비는 계획수량과 수압을 만족하는 것이어야 하므로 펌프의 선택이나 대수의 결정에는 펌프자체의 성능을 숙지해야 한다. 또 캐비테이션(공동현상)이나 수격작용 등의 수리현상에 대하여 적절한 조치를 강구함과 동시에 펌프흡수정, 펌프기초 등의 구축물에 대해서도 배려해야 한다.

또 정수장 내에서 사용되는 세척펌프, 약품주입펌프, 슬러지펌프 등은 5.정수시설(P)을 참조한다.

8.2.2 펌프설비의 계획

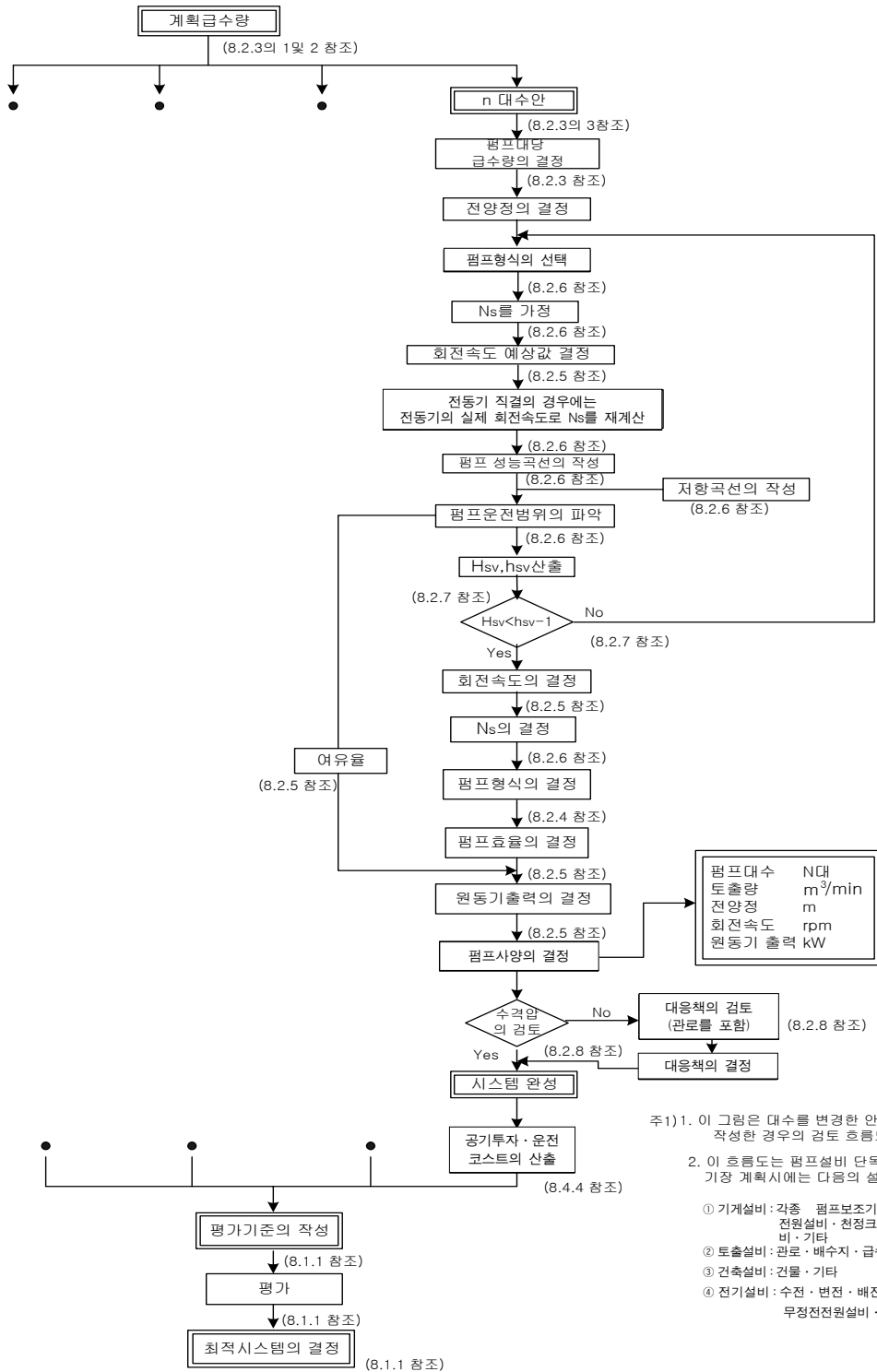
펌프설비의 계획은 안정적인 급수를 목표로 기계, 전기, 계측제어, 토목, 건축 등 각 기술분야를 포함한 종합적 견지에서 검토한다.

【해설】

펌프설비는 신뢰성과 안전성이 높고, 계획수량과 수압을 만족함과 동시에 관로를 포함한 시스템으로서 계획을 세운다.

즉, 계획수량을 충족시키는 펌프대수, 토출량, 양정, 원동기출력 및 회전속도 등의 펌프제원을 결정한다. 관로의 상황에 따라서는 수격압의 검토가 필요로 하게 되고 그 대책으로서 펌프장 내 설비뿐만 아니라 조압수조 등을 관로에 설치할 필요가 있는 경우도 있으므로 관로를 포함한 시스템으로서 검토해야 한다.

펌프는 제어방식에 따라서 운전비용이 변하며 제어반 등 제어관련기기의 구성도 달라지기 때문에 생애주기비용(life cycle cost)을 고려하여 합리적이고 효율적인 설비로 해야 한다. 이 밖에 입지조건에 따라서는 소음방지대책도 검토해야 한다. 상세한 최적방안의 작성 흐름도(flow sheet)를 <그림-8.2.1>에 나타내었다.



<그림-8.2.1> 최적인 작성 흐름도

8.2.3 계획수량과 대수

펌프용량과 대수의 결정은 다음 각 항에 의한다.

1. 취수(取水)펌프 및 송수(送水)펌프는 펌프효율이 높은 점에서 정해진 수량(水量)으로 운전이 가능한 용량과 대수로 한다.
2. 배수(配水)펌프는 수량의 시간적 변동에 적합한 용량과 대수로 한다.
3. 펌프의 대수는 계획수량(최대, 최소, 평균) 및 고장시를 고려하여 결정한다.
4. 펌프에는 예비기가 설치되어야 한다. 다만, 펌프가 정지되더라도 급수에 지장이 없는 경우에는 예비기를 필요로 하지 않는다. 예비기를 필요로 하는 경우는 설비의 중요도와 운용조건을 고려하여 결정한다.

【해설】

펌프대수를 결정할 때는 우선 계획수량이 기본으로 되지만, 수량결정은 3.1.2 계획취수량(P), 6.1.2 계획송수량(P), 7.1.3 계획배수량(P)을 참조한다.

본편에서의 용도별 펌프의 정의는 다음과 같다.

- (1) 취수펌프 ; 하천수나 지하수를 취수하여 착수정까지 양수하는 펌프를 말한다.
- (2) 송수펌프 ; 정수지(배수지)에서 배수지로 송수하는 펌프를 말한다.
- (3) 배수펌프 ; 배수지에서 직접 배수하는 펌프를 말한다.
- (4) 증압펌프 ; 일부 배수구역의 부족압력을 보충하기 위하여 배수관로에 설치하는 펌프를 말한다.

1.에 대하여 ; 취수·송수량은 계절변동(하절기-동절기)은 있지만, 배수량에 비하여 시간적 변동은 적다. 따라서 취수펌프와 송수펌프의 설비용량을 결정하기 위한 시간수량은 계획1일최대 송수량의 24시간 평균수량으로 하며 가능한 한 높은 효율로 운전할 수 있는 것으로 한다.

2.에 대하여 ; 배수펌프를 계획할 때에는 장래의 물 수급계획과 맞도록 배려하고 과다한 선행투자가 되지 않도록 펌프규모를 결정한다.

배수펌프의 용량을 결정하기 위한 계획시간수량은 계획시간최대배수량으로 하지만, 야간 등의 시간최소배수량도 고려해야 한다.

배수량은 시간적으로 변동될 뿐만 아니라 계절, 요일, 날씨에 따라서도 크게 변한다. 1년 중 수량변동의 폭도 하절기 시간최대배수량과 동절기 시간최소배수량과의 사이에는 상당히 큰 차이가 있는 경우가 많다. 따라서 배수펌프는 이들 조건에 적응하도록 결정한다.

배수펌프는 용량 및 대수결정과 함께 배수규모, 수량변동을 고려하여 펌프의 제어방식(대수제어, 밸브제어, 회전속도제어 또는 하절기·동절기에 임펠러 교환)을 검토한다.

소규모의 수도에서는 화재시의 소화용수를 위한 소화전용펌프를 설치하거나 또는 배수펌프에 이에 상당하는 여유를 보지 않으면 안 되는 경우도 있다.

증압펌프에 대해서는 배수펌프에 준하지만, 펌프의 흡입 측에 극단적인 수압저하가 생기지 않도록 특히 조심해야 한다.

인라인 가압펌프(inline booster pump)를 기동할 때 펌프 상류 측 관로의 수압이 떨어지므로 도·송수관로에 직접 펌프를 설치할 경우에는 상류 측 관로에서 부압이 발생하지 않는 지점을

선정할 필요가 있다. 또 배수관로 중에 인라인형 증압펌프를 설치할 경우에는 펌프를 운전하더라도 상류 측 관로에 최소압력수두가 15 m(1.5 kg/cm²) 이상 유지될 수 있는 지점을 선정해야 한다.

3.에 대하여 ; 펌프의 설치대수는 수요수량특성을 고려하여 각 제어방식에 있어서의 대수(안)를 복수로 작성하고, 안전성, 경제성 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

또 펌프 1대당의 토출량은 KS규격의 펌프를 적용할 수 있는 범위 내에서 검토하는 것이 바람직하다. **8.2.5 펌프의 제원(P)** <표-8.2.1>를 참조한다.

일반적으로 펌프토출량이 많을수록 펌프효율은 높고 운전경비를 저감할 수 있으며 또한 대수가 적어지기 때문에 전기설비나 건물 등을 포함한 초기투자는 작아지는 경향이 있다.

배수펌프의 설치대수는 고장 또는 점검시 급수에 미치는 영향을 적게 하고 설치공간 등을 고려해야 하므로 예비기를 포함하여 통상 3~5대로 결정하는 경우가 많다.

또 대수를 결정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 계획최종연도에 이르는 사이의 수요수량의 동향.
- (2) 펌프는 가능한 한 동일용량으로 하여 소모품 및 예비품의 호환성을 꾀한다.
- (3) 수량변화가 큰 경우, 대소 두 종류의 펌프를 설치하거나 또는 회전속도제어 등에 의해 토출량을 제어한다(**8.3.3 유량제어(P)** 참조).

(4) 주야간, 계절별 등으로 양정변화가 클 때에는 고양정과 저양정의 두 종류의 펌프로 나누거나, 또는 임펠러를 교체하여 양정을 변화시키는 방법도 검토한다.

4.에 대하여 ; 고장이나 보수 등으로 펌프가 정지되어 급수에 지장이 되지 않도록 예비기를 설치한다. 예비기를 필요로 하는 경우의 대수는 동일 펌프를 설치하는 경우에는 동일용량 1대를, 용량이 다른 펌프를 설치하는 경우에는 대용량의 펌프 1대로 하는 것이 일반적이다.

또 펌프가 정지되더라도 즉시 상류측이나 다른 계통으로부터 백업을 할 수 있는 등 급수에 지장이 없는 경우에는 예비기를 필요로 하지 않는다.

8.2.4 펌프형식의 선정

펌프의 형식은 다음 각 항에 의한다.

1. 계획토출량 및 전양정을 만족하는 것으로 운전범위 내에서 효율이 높아야 한다.
2. 계획흡입양정으로 캐비테이션이 발생하지 않아야 한다.
3. 각종 펌프의 형식은 운전방법, 보수 및 분해정비 등 유지관리의 장단점을 검토하고 결정한다.

【해설】

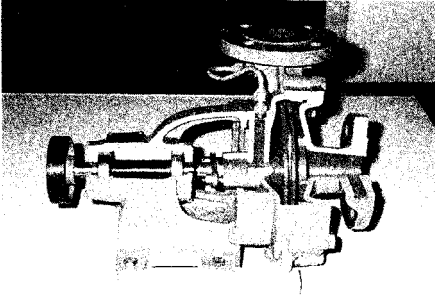
수도용으로 사용되는 펌프는 그 거의가 별류트펌프이다. 중소규모의 펌프설비에서는 KS 규격에 적합한 것이 많으므로 이들을 채용하는 것이 바람직하다. KS규격에서는 다음 것이 있다.

소형별류트펌프(KSB 7501) (40~200 mm),

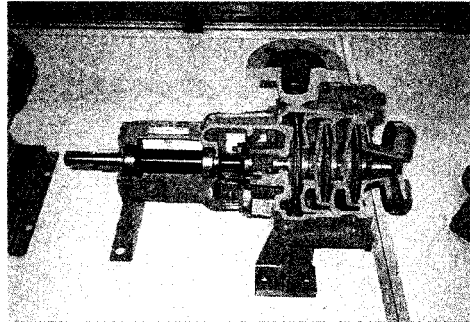
양쪽흡입별류트펌프(KSB 6318) (200~500 mm).

펌프형식에는 동작원리에 따라 터보형, 용적형, 특수형으로 분류할 수 있으며, 터보형에는 원

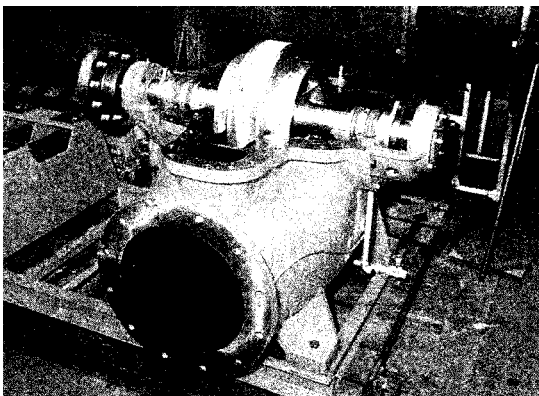
심펌프, 사류펌프 및 축류펌프가 있다. 원심펌프는 벌류트(volute)펌프(<그림-8.2.2>, <그림-8.2.3>, <그림-8.2.4>, <그림-8.2.7>)와 디퓨저(diffuser)펌프로 분류된다. 또한 특수형식으로서 펌프와 전동기를 일체화한 수중모터펌프가 있다.



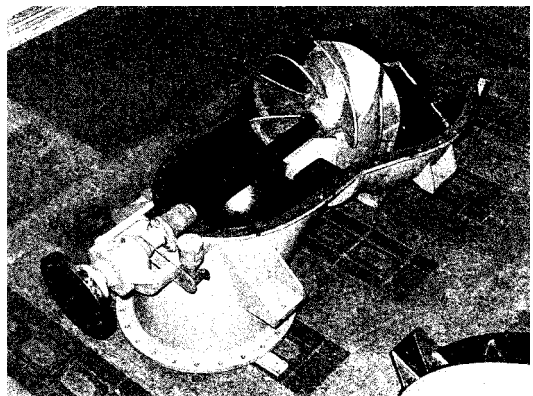
<그림-8.2.2> 횡축편흡입 단단 벌류트 펌프(구조단면)



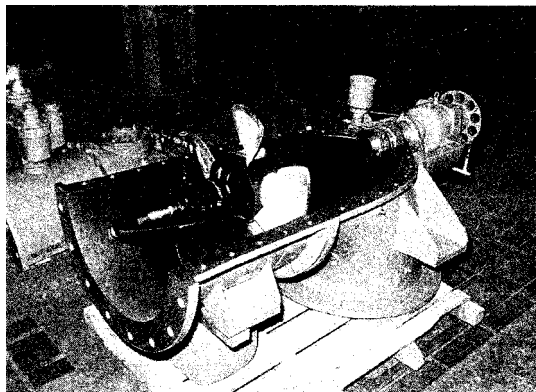
<그림-8.2.3> 횡축 편흡입 다단(3단) 벌류트펌프



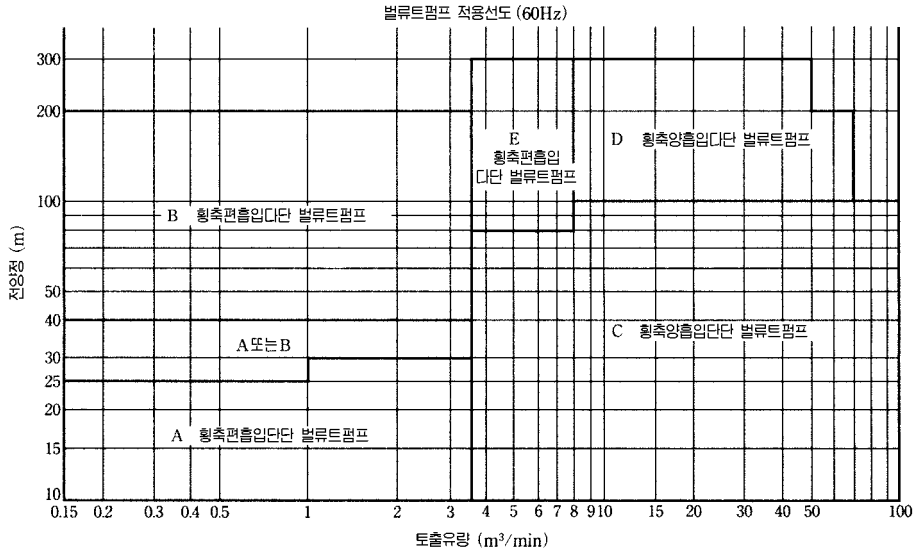
<그림-8.2.4> 횡축 양흡입 벌류트 펌프



<그림-8.2.5> 횡축사류펌프



<그림-8.2.6> 횡축축류펌프



<그림-8.2.7> 벌류트펌프의 적용선도 예

이러한 펌프의 특징은 다음과 같다.

1) 원심펌프

원심력의 작용에 의해서 임펠러 내의 물에 압력 및 속도에너지 주고 이 속도에너지의 일부를 압력으로 변환하여 양수하는 펌프이다.

압력변환을 벌류트케이싱 내에서 하는 것을 벌류트펌프라고 하고 케이싱 내의 가이드베인 (guide vane)으로 하는 것을 디퓨저펌프라고 한다.

2) 사류펌프(<그림-8.2.5>)

원심펌프와 축류펌프의 중간적인 특성을 가지며 원심력 및 베인의 양력작용에 의해 임펠러 내의 물에 압력 및 속도энер지를 주어서 벌류트케이싱 또는 디퓨저케이싱에서 속도에너지의 일부를 압력으로 변환하여 양수작용을 하는 펌프이다.

3) 축류펌프(<그림-8.2.6>)

베인의 양력작용에 의해서 임펠러 내의 물에 압력 및 속도에너지 주고 더욱이 가이드베인으로 속도에너지의 일부를 압력으로 변환하여 양수작용을 하는 펌프이다.

또 펌프는 주축방향, 임펠러의 형상 또는 임펠러의 단수에 따라 다음과 같이 분류한다.

(1) 주축 방향

주축의 방향이 수평면에 대하여 평행인 횡축펌프, 수직인 입축펌프가 있다.

(2) 임펠러의 형상

흡입구가 단일로써 한 쪽에서 흡입하는 편흡입형 펌프와, 좌우 대칭으로 흡입구가 있는 양흡입형 펌프가 있다.

(3) 임펠러의 단수

임펠러의 수가 1단으로 이루어진 단단 펌프와, 복수로 이루어지는 다단펌프가 있다.

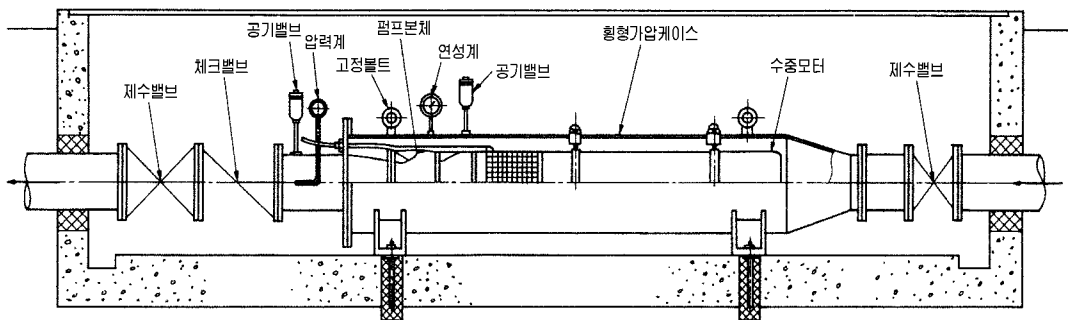
1.에 대하여 ; 펌프형식의 선정에 대해서는 8.2.6 펌프형식과 운전점(P)의 항을 참조한다.

2.에 대하여 ; 흡입양정과 캐비테이션과의 관계에 대해서는 8.2.7 캐비테이션(P)의 항을 참조한다.

3.에 대하여 ; 횡축펌프는 입축펌프에 비하여 보수가 용이하고 수도용 펌프로서 많이 사용되고 있다. 입축펌프는 전동기를 펌프의 상부에 설치하는 구조로 전동기를 떼어낸 후에 펌프를 분해하기 때문에 분해정비 등은 횡축펌프에 비하여 어렵다.

입축펌프는 횡축펌프에 비하여 설치면적이 작고 펌프부분이 수중에 있으므로 시동용의 마중물장치가 필요하지 않으며 캐비테이션특성(8.2.7 캐비테이션(P)을 참조)에 유리한 면이 있다.

지하수를 양수하는 경우에 그 수위가 낮을 때에는 수중모터펌프를 채택한다. 수중모터펌프는 펌프부와 모터부가 일체구조로 되어 있고 펌프와 전동기를 수중에 설치하고 운전하며 비교적 소규모시설의 취·송·배수설비용으로 사용된다. 또 국지적인 증압용에 쓰이며 이 경우 구조로서는 출입구관을 구비한 외통 케이스 속에 수중모터펌프를 부착시킨 인라인(in-line)형이 자주 사용된다(<그림-8.2.8> 참조).



<그림-8.2.8> 인라인형 수중모터펌프

8.2.5 펌프의 제원

펌프의 제원 결정에는 다음 각 항목을 검토한다.

1. 전양정
2. 토출량
3. 구경
4. 원동기출력
5. 회전속도

【해설】

1.에 대하여 ; 펌프가 규정유량을 흡입수면에서 토출수면으로 양수하기 위해서는 그 수위차와 관이나 밸브 등의 저항보다 큰 에너지가 필요하다.

이들 수위 차 및 저항을 에너지로 나타낸 것을 수두라고 하며 펌프가 발생하는 수두를 양정이라고 한다. 이들의 수두에는 실양정, 속도수두, 압력수두, 관로마찰손실수두가 있으며 그들을

합한 것을 전양정이라고 한다.

1) 전양정의 산출방법은 다음과 같다(<그림-8.2.9> 참조).

$$H = h_a + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

여기서

H : 전양정(m)

$H = H_d + H_s$ (압입의 경우는 “-”)

H_d : 토출전수두(m)

H_s : 흡입전수두(m)

h_a : 실양정(m)

$h_a = h_{ad} + h_{as}$ (압입의 경우는 “-”)

h_{ad} : 토출수두(m)

h_{as} : 흡입수두(m)

h_l : 관로마찰손실수두(m)

$h_l = h_{ld} + h_{ls}$

h_{ld} : 토출관로의 마찰손실수두(m)

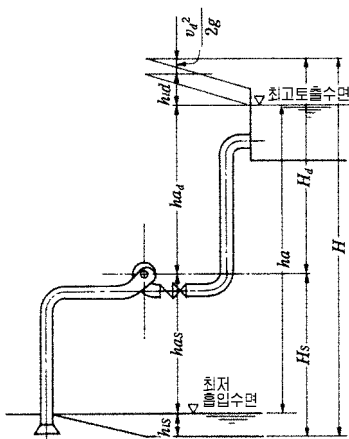
h_{ls} : 흡입관로의 마찰손실수두(m)

v_d : 토출관에서의 유출속도(m/s)

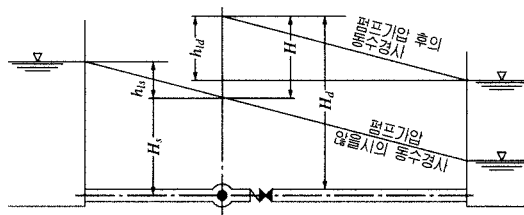
g : 중력가속도(9.8 m/s²)

2) 송수펌프의 전양정 계산에는 속도수두가 관로의 마찰손실수두에 비하여 지극히 작기 때문에 생략하고 <그림-8.2.10>과 같이 두 개의 동수경사선의 차를 펌프의 전양정(부족수두) H 라고 한다.

3) 배수펌프의 경우에는 배수관 말단에서의 필요최소동수압에 배수펌프와 배수관 말단의 지반고 차와 마찰손실수두를 합한 것을 전양정으로 한다.



<그림-8.2.9> 횡축펌프(흡입)의 전양정



<그림-8.2.10> 증압펌프의 전양정

[참고-8.2.1] 관과 밸브의 손실수두

(1) 직관의 손실수두

비교적 긴 관로에서 관경 50 mm이하에 대해서는 9.2.3 관경(P), 관경 75 mm 이상에 대해서는 7.4.4 관경(P)에 준하는 외에 펌프장 내와 같이 짧은 관로에서는 다음 달시·와이즈바하(Darcy-Weisbach)식을 원칙으로 한다.

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

여기서

h_f : 관손실수두(m)

λ : 손실계수

$$\lambda = 0.020 + \frac{0.0005}{D} \quad (\text{새로운 주철관의 경우})$$

L : 관 길이(m)

D : 관경(m)

v : 관내 유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8 m/s²)

이 λ 의 값은 노후화됨에 따른 녹 발생상황에 따라 1.3~1.5배의 값을 갖는다.

(2) 각종 관의 손실수두

각종 관의 형상 및 마찰에 의한 손실수두 h_f (m)는 통상 다음 식으로 구한다.

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

여기서

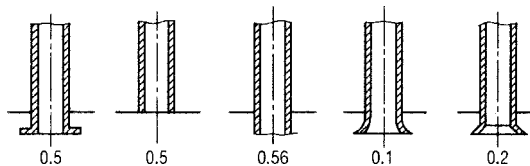
f : 손실계수

v : 관내유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8 m/s²)

① 흡입구의 형상과 손실계수 f_i (<참고도-8.2.1>)

흡입구의 손실계수 f_i 는 <참고도-8.2.1>에서 보는 바와 같이 형상에 따라 상이하며 또한 구경이 크면 작은 값으로 된다.



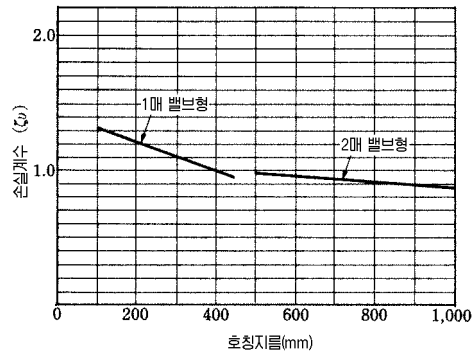
<참고도-8.2.1> 흡입구의 형상과 손실계수

② 밸브류의 손실계수 (<참고도-8.2.2>)

각종 밸브류의 손실계수(<참고도-8.5.1>를 참조한다)

פות밸브 0.8~1.2(스트레이너가 없을 때)

1.5~2.0(스트레이너가 있을 때)



<참고도-8.2.2> 스윙체크밸브의 전개(全開)시 손실계수

③ 곡관류의 손실계수
점축관

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$f = 0.011 \theta^{1.22}$$

점축관

$$h_f = f \frac{(v_1 - v_2)^2}{2g}$$

$$f = \frac{0.025}{\sin(\theta/2)}$$

곡관

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$f = [0.151 + 1.847(d/2r)^{0.5}] \times \sqrt{\theta/90}$$

f 값

r/d	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0
θ					
15	0.24	0.12	0.07	0.06	0.054
22.5	0.293	0.146	0.085	0.072	0.068
45	0.41	0.208	0.12	0.104	0.095
60	0.47	0.27	0.137	0.12	0.11
90	0.586	0.29	0.17	0.145	0.134

2.에 대하여 ; 펌프의 계획토출량은 계획수량 및 대수로 결정한다(8.2.3 계획수량과 대수(P) 참조).

3.에 대하여 ; 펌프의 크기는 구경으로 나타낸다. 입축축류펌프, 입축사류펌프 및 수중모터펌프의 경우에는 토출구경, 그리고 흡입구경과 토출구경이 다른 펌프의 경우에는 흡입구경과 토출

구경으로 표시하며 개략적인 구경은 다음 식으로 나타낸다.

$$D = 146 \sqrt{\frac{Q}{v}}$$

여기서

D : 펌프의 구경(mm)

Q : 펌프의 토출량(m^3/min)

v : 흡입구 또는 토출구의 유속(m/s)

펌프의 흡입구의 유속은 2.0 m/s 를 표준으로 한다. 다만, 벌류트펌프에 대해서는 구경 500 mm 까지 토출량과 흡입구경과의 관계에 대하여 <표-8.2.1>과 같이 정하고 있다.

<표-8.2.1> 벌류트펌프의 토출량과 흡입구경(단위 : m^3/min)

흡입구경		40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
토 출 량	2급	0.20 이하	0.12 ~0.40	0.25 ~0.80	0.50 ~1.60	1.00 ~3.15	1.60 ~8.00	-	-	-	-	-	-	-	-
	4급	-				0.80 ~2.50	1.00 ~4.00	2.00 ~6.30	2.5 ~8.0	5.0 ~16	7.1 ~22.4	(10~ 31.5)	14 ~45	-	-
	6급	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5 ~16	(7.1~ 22.4)	10~ 31.5	(14 ~45)	20~6 3
	8급	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(10~ 31.5)	14~4 5

4.에 대하여 ; 원동기의 출력은 다음 식으로 계산한다.

$$P = \frac{0.163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_p} (1 + a) \quad (\text{전동기 직결인 경우를 나타낸다})$$

여기서

P : 원동기의 출력(kW)

γ : 액의 단위체적당 질량(kg/L)

Q : 펌프의 토출량(m^3/min)

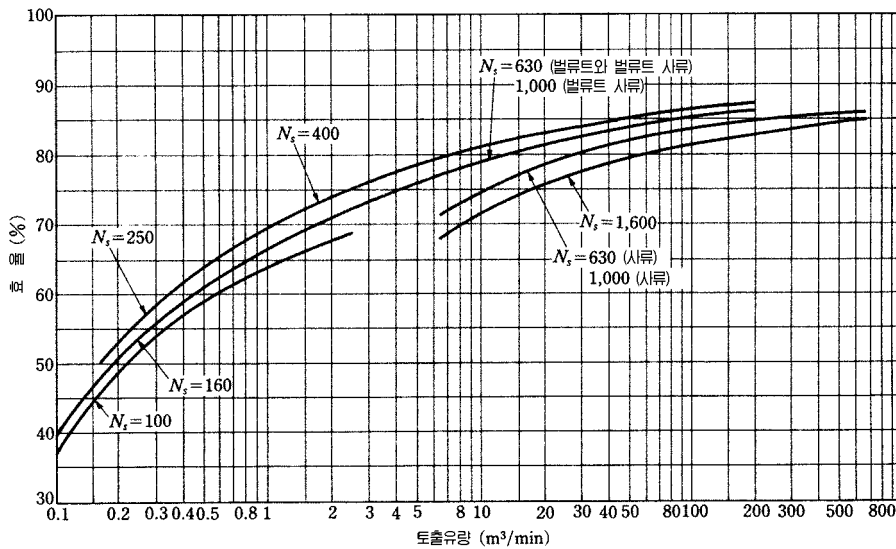
H : 펌프의 전양정(m)

η_p : 펌프의 효율(<그림-8.2.11>을 참조한다)

a : 여유율 $0.1 \sim 0.15$ (전동기의 경우)

<그림-8.2.11>은 최고효율치에 관한 참고값이다. 원동기의 출력은 계획상의 오차, 펌프의 운전범위 변화에 따라 축동력이 변하기 때문에 원동기에 과부하를 주지 않도록 운전범위 내의 최대 축동력을 원동기출력으로 한다.

5.에 대하여 ; 펌프의 회전속도가 클수록 전동기가 소형경량으로 되어 가격이 저렴해지므로, 캐비테이션이 발생하지 않는 범위에서 높은 회전속도로 한다. 캐비테이션에 대해서는 8.2.7 캐비테이션(P)을 참조한다.



<그림-8.2.11> 토출유량과 펌프효율

8.2.6 펌프형식과 운전점

펌프는 계획수량, 동수압, 관로특성 등의 계획조건에 가장 적합한 형식의 것으로 효율적인 운전을 할 수 있는 것으로 한다.

1. 펌프의 형식은 사용조건에 가장 알맞은 비속도(N_s)의 펌프를 선정한다.
2. 계획급수량, 동수압 및 관로특성에 따라 펌프운전 범위를 파악하여 캐비테이션의 발생 유무를 검토한 다음 최적의 제어방식을 채용한다.

【해설】

1.에 대하여 ;

1) 펌프의 비속도 N_s

N_s 란 펌프 임펠러의 형상을 나타내는 값으로 다음 식으로 표시된다.

$$N_s = N \times \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots (8.1)$$

여기서

N : 회전속도(rpm)

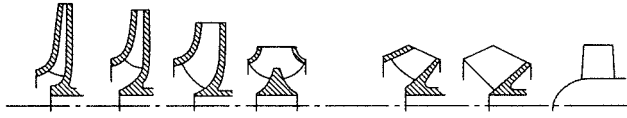
Q : 토출량(m^3/min)(양쪽흡입인 경우에는 한 쪽의 유량을 취하여 $Q/2$ 로 한다)

H : 전양정(m)(단단펌프인 경우는 1단당 전양정으로 한다)

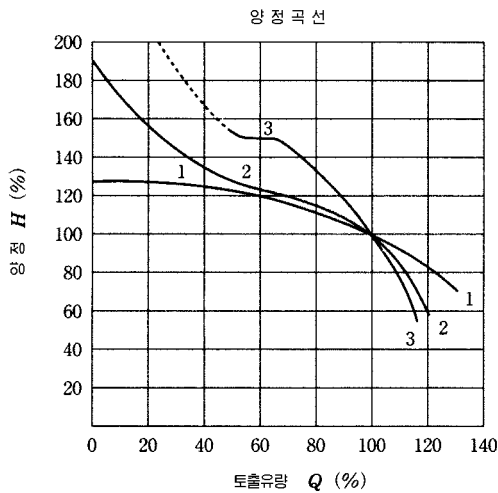
N_s 와 임펠러의 형상 및 펌프의 형식과의 관계는 <그림-8.2.12>에 보인 바와 같이 N_s 가 작게 됨에 따라서 임펠러 외경에 대한 임펠러의 폭은 작아지고 커지게 되면 임펠러의 폭도 넓어진다. 더욱이 N_s 가 크게 되면 사류형으로 되고 계속 커지면 축류형으로 된다.

N_s 는 식(8.1)로 표시된 바와 같이 N_s 가 작으면 일반적으로 토출량이 적은 고양정의 펌프를 의미하고, 크면 토출량이 많은 저양정의 펌프로 된다. 또한 토출량 및 전양정이 동일하면 회전

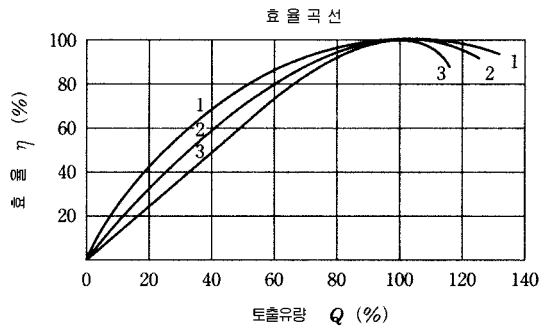
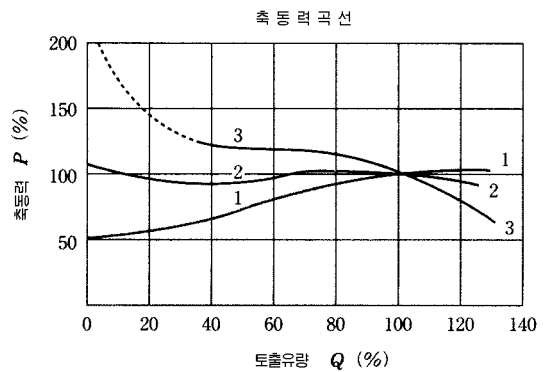
속도가 클수록 N_s 가 크고 따라서 소형으로 되며 일반적으로 가격이 저렴하게 된다. N_s 가 어떤 형식이든 임의로 취할 수 있는 경우에는 사용하는 장소의 조건에 따라 최적의 것을 선정한다. N_s 가 결정되면, <그림-8.2.13>을 참고로 펌프특성곡선을 작성한다.

임펠러의 형상								
N_s 개략치	100	200	300	400	800	1,000	1,200 이상	
펌프의 형상	편흡입 벌류트펌프			양흡입 벌류트펌프		사류펌프		축류펌프

<그림-8.2.12> 임펠러형상, N_s , 펌프형식의 관계



곡선 1 $N_s = 300$ 벌류트펌프
 곡선 2 $N_s = 850$ 사류펌프
 곡선 3 $N_s = 1500$ 축류펌프



<그림-8.2.13> 펌프의 형식과 특성곡선

2) 펌프특성곡선의 변화

수도용 펌프의 경우에는 회전속도, 임펠러의 외경 및 깃 부착각도 중 어떤 것을 바꾸는 것에 의해 특성을 바꿀 수 있다.

(1) 회전속도의 변경

펌프를 규정 회전속도 이외의 회전속도로 운전하는 경우에 특성은 다음과 같이 변한다.

$$Q' = Q \times \frac{N'}{N} \dots\dots\dots(8.2)$$

여기서

N : 규정 회전속도(rpm)

N' : 규정 이외의 회전속도(rpm)

Q : 규정 회전시의 토출량(m^3/min)

Q' : N' 회전시의 토출량(m^3/min)

$$H' = H \times \left(\frac{N'}{N}\right)^2 \dots\dots\dots(8.3)$$

여기서

H : 규정회전시의 전양정(m)

H' : N' 회전시의 전양정(m)

$$P' = P \times \left(\frac{N'}{N}\right)^3 \dots\dots\dots(8.4)$$

여기서

P : 규정회전시의 축동력(kW)

P' : N' 회전시의 축동력(kW)

식(8.2)~(8.4)는 $\frac{N'}{N} = 0.8 \sim 1.2$ 의 범위에 있어서 적용한다.

[참고-8.2.2]

<참고도-8.2.3>과 같은 양정곡선인 경우에 운전점 B의 회전속도 및 축동력을 구한다.

$n\%$ 회전속도일 때의 B점은 규정회전속도일 때(100% 회전속도일 때)에는 A점으로 되며 B점과 A점과는 원점을 지나는 2승 곡선상에 있으며 그 관계식은 $H = aQ^2$ 으로 된다.

계수 a 는 위의 식에 $Q_B = 29.5 \text{ m}^3/\text{min}$, $H_B = 42 \text{ m}$ 을 대입하면

$$a = \frac{42}{29.5^2} = 0.0483$$

으로 되며 B점과 A점을 지나는 곡선식은

$$H = 0.0483Q^2 \text{으로 된다.}$$

그리고 A점은 <참고도-8.2.3>에서

$$Q_A = 36 \text{ m}^3/\text{min}, H_A = 62.5 \text{ m}$$

로 읽어낼 수 있다.

따라서 B점의 회전속도는 식(8.2)에서

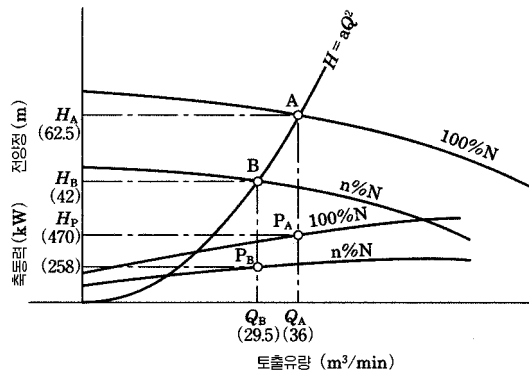
$$\begin{aligned} N_B &= N_A \times \left(\frac{Q_B}{Q_A}\right) = 100 \times \left(\frac{29.5}{36}\right) \\ &= 81.9 (\%) \end{aligned}$$

또한 축동력은 식(8.4)에서 구한다. P_A 는 축동력곡선에서 470 kW이기 때문에

$$P_B = P_A \times \left(\frac{N_B}{N_A}\right)^3 = 470 \times \left(\frac{81.9}{100}\right)^3$$

$$= 258 \text{ (kW)}$$

로 된다.



<참고도-8.2.3> 회전속도 변경에 따른 펌프특성의 변화

(2) 임펠러 외경의 변경

벌류트펌프의 임펠러 외경을 변경하는 경우에 특성은 다음과 같이 변한다.

$$Q' = Q \times \left(\frac{D'}{D}\right)^m \dots\dots\dots(8.5)$$

$$H' = H \times \left(\frac{D'}{D}\right)^n \dots\dots\dots(8.6)$$

$$P' = P \times \left(\frac{D'}{D}\right)^{m+n} \dots\dots\dots(8.7)$$

이 지수 m, n 은 펌프에 따라 다르지만, N_s 가 작을 때 $m = 2, n = 2$ 에 가까운 값으로 되며 N_s 가 커지면 $m < 2, n > 2$ 로 되는 경향이 있다.

여기서

D : 정규 임펠러의 외경

D' : 변경 후 임펠러의 외경

Q, Q', H, H', P, P' 는 각각 D 및 D' 에 대응하는 토출량, 전양정 및 축동력이다.

즉, D 와 D' 의 두 종류의 임펠러를 제작하면, 동일한 펌프로 대소 2종의 펌프를 겸할 수 있다.

[참고-8.2.3]

<참고도-8.2.4>와 같은 성능을 갖는 양흡입형 벌류트펌프의 운전점을 B로 변경하고 싶은 경우의 임펠러의 외경절삭률, 양정곡선, 축동력곡선 및 효율곡선을 구한다.

다만, 본 펌프의 특성은 토출량 및 전양정 모두 임펠러 외경비의 2승에 비례한다.

우선, 원점과 점 B를 연결하여 양정곡선과의 교점을 C라고 하고 <참고도-8.2.4>에서 C의 토출량 46.4 m³/min, 전양정 58 m를 읽어낸다. 식(8.5)을 변형하면

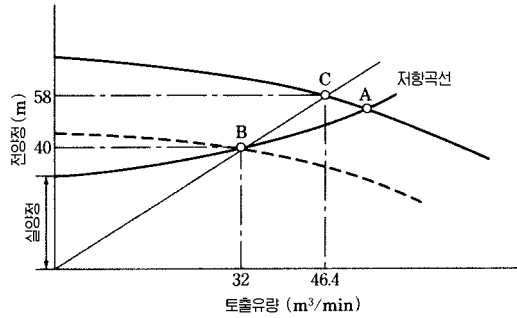
$$\frac{D'}{D} = \left(\frac{Q'}{Q}\right)^{1/2}$$

으로 되고, 수치를 대입하면 외형비는

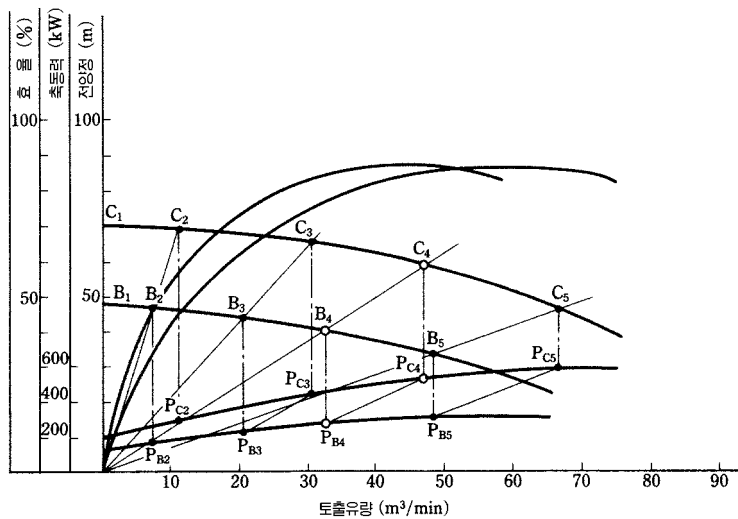
$$\frac{D'}{D} = \left(-\frac{32}{46.4}\right)^{1/2} = 0.83$$

으로 된다. 절삭률은 17%로 된다.

다음에 임펠러외형을 절삭한 경우의 양정곡선과 축동력곡선을 구한다.



<참고도-8.2.4> 임펠러외경 변경에 따른 양정곡선의 변화



<참고도-8.2.5> 임펠러외경 변경에 따른 펌프특성의 변화

<참고도-8.2.5>와 같이 양정곡선상에 토출량 $C_1 (= 0)$, C_2 , C_3 , C_4 , C_5 의 각 점을 잡는다. 다음에 각 점과 원점을 지나는 직선을 긋는다. 절삭률은 17%이기 때문에 예컨대, C_2 점을 잡으면 식(8.6)에서

$$H = 70 \times 0.832 = 48.2 \text{ (m)} \text{를 구하며,}$$

$$\text{식(8.5)에서 } Q = 10.7 \times 0.832 = 7.4 \text{ (m}^3\text{/min)} \text{를 구하면, 그 교점이 } B_2 \text{점으로 된다.}$$

이상과 같이 하여 산출한 결과를 그림에 플롯하여 각 점을 맺으면 양정곡선을 얻을 수 있다.

다음에 축동력곡선은 식(8.7)에 의해

$$P' = P \times \left(\frac{D'}{D}\right)^4$$

이므로 가령, C_5 점을 잡은 경우 P_{C5} 가 580 kW이기 때문에

$$P_{B5} = 580 \times 0.834 = 275 \text{ (kW)}$$

로 된다. 이하 같은 방법으로 구하여 각 점을 이으면 축동력곡선을 완성할 수 있다.

효율은 임펠러의 절삭에 의해 약간 저하된다고 생각되지만, 여기서는 절삭전의 $C_2, \dots, C_5$ 에 대응하는 효율치를 각각 절삭 후의 $B_2, \dots, B_5$ 에 대응하는 같은 값으로 선을 그린다.

임펠러의 외경 가공에 대해서는 다음 각 점에 주의해야 한다.

- ① 가공률($\frac{D-D'}{D} \times 100$ (%))는 약 20 %가 한계이다.
- ② 제질에 따라서는 외경가공을 할 수 없는 것이 있다.

2.에 대하여 ; 펌프의 운전점은 <그림-8.2.14>에 나타난 바와 같이 양정곡선과 관로저항곡선과의 교점으로 구해진다.

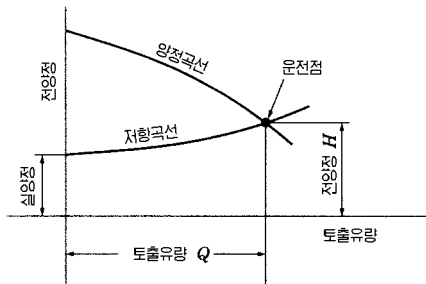
관로저항곡선은 실양정과 토출량에 따른 관로계의 손실수두를 더한 곡선이다.

1) 주요 제어방식에서의 운전점

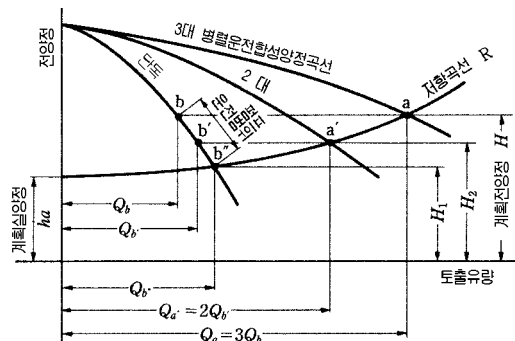
주요 제어방식에서의 운전점에 대해서는 본 항 및 다음 항에서 설명하지만, 구체적인 제어방법과 기기에 대해서는 8.3 펌프의 제어(P)를 참고로 한다.

(1) 대수제어

동일 성능의 여러 대 펌프를 공통관로에서 병렬 운전하는 경우에는 <그림-8.2.15>과 같이 각 펌프의 동일 전양정에 대응하는 토출량을 대수로 곱한 펌프 전대수의 합성양정곡선과 저항곡선 R 과의 교점 a 가 펌프의 운전점으로 된다.



<그림-8.2.14> 펌프의 운전점



<그림-8.2.15> 동일성능 펌프의 병렬운전

3대 운전시의 각 펌프의 운전점은 a 점과 동일 양정비의 b 점으로 된다. 또한 동일저항곡선으로 2대 운전시의 각 펌프의 운전점은 b' 점으로 되며 1대 운전의 경우에는 b'' 점으로 된다. 그림에서 명백한 바와 같이 b 점이 펌프의 시방점으로 되면, b'' 점은 과대유량역으로 되어 캐비테이션이 발생할 우려가 있으므로 펌프설비의 계획에 대해서는 주의해야 한다. 그 밖의 각종 대수제어 방식에 대해서는 [참고-8.2.4]에서 설명한다.

[참고-8.2.4] 각종 대수제어방식

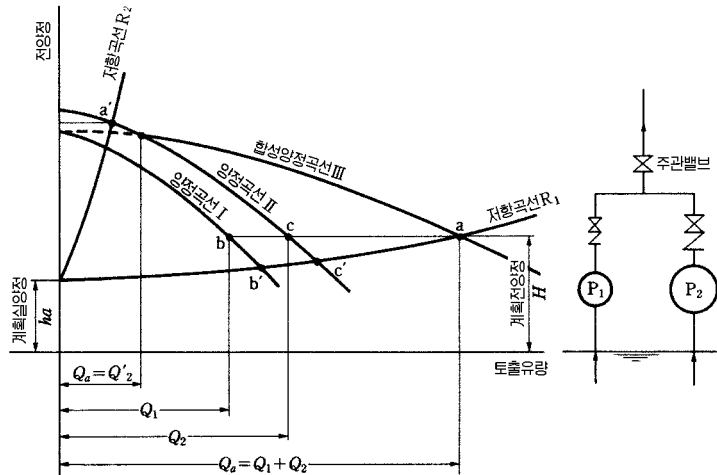
1. 성능이 다른 펌프의 병렬운전

이 경우의 합성양정곡선은 <참고도-8.2.6>에 보인 바와 같이 각 펌프의 동일 양정에 있어서의 토

출량을 더함으로써 구할 수 있다.

각 펌프의 운전점은 합성양정곡선 III과 저항곡선 R_1 과의 교점 a와 동일양정의 b점, c점으로 된다.

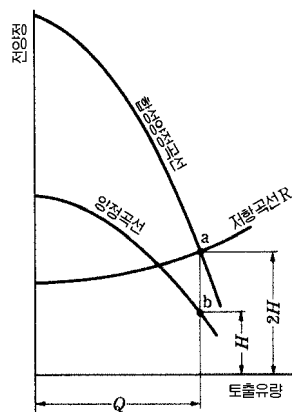
이 병렬운전으로 그림에 나타난 바와 같은 본관밸브를 닫아서 저항곡선을 R_1 로부터 R_2 로 한 경우의 펌프운전점은 합성양정곡선 III과의 교점 a'로 된다. 이 점의 양정이 소용량 펌프 P_1 의 차단양정보다도 높으면, 펌프 P_1 는 송수하지 못하게 된다. 이와 같은 송수계통이 되는 경우에는 1대만의 운전으로 하거나, 측관을 설치하는 등의 과열방지 조치를 하여 펌프를 보호해야 한다.



<참고도-8.2.6> 성능이 다른 펌프의 병렬운전

2. 동일 성능의 펌프 직렬운전

복수대의 펌프를 단일의 관로에서 직렬 운전하는 경우에는 <참고도-8.2.7>와 같이 동일 토출량에서의 양정을 대수로 곱한 합성양정곡선과 저항곡선 R과의 교점이 펌프의 운전점으로 된다. 교점 a의 유량 Q가 토출량으로 되며 각 펌프의 운전점은 b점이 된다.



<참고도-8.2.7> 동일성능 펌프의 직렬운전

(2) 밸브개도제어

<그림-8.2.16>에 나타난 바와 같이 펌프가 밸브의 전개(全開)상태로 양정곡선과 저항곡선 R_1 의 교점 A_1 에서 운전되고 있을 때에 밸브를 조이는 경우, 저항곡선은 R_1 로부터 R_2 로 이동하고 운전점은 점 A_2 로 된다.

A_2 점의 외견상의 효율은 η_2 이지만, 실제로는 η_3 로 된다. 왜냐하면, A_2 점과 A_3 점의 동력은 동일하므로

$$\eta_2 = 0.163\gamma \frac{Q_2 H_2}{P}$$

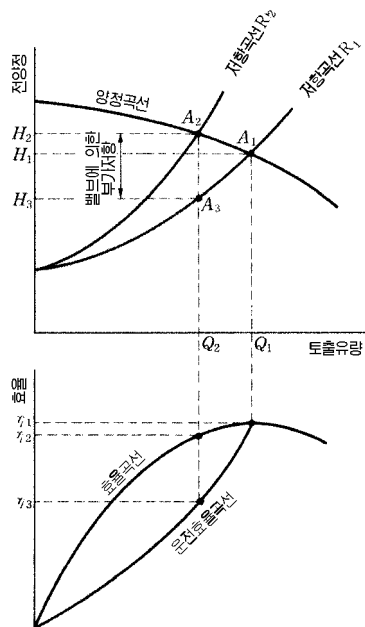
$$\eta_3 = 0.163\gamma \frac{Q_2 H_3}{P}$$

의 관계에서

$$\frac{\eta_2}{\eta_3} = \frac{H_2}{H_3}$$

$$\eta_3 = \eta_2 \times \frac{H_3}{H_2}$$

로 되며 그림에 있어서 $H_3 < H_2$ 이므로 $\eta_3 < \eta_2$ 로 되기 때문에 결국 펌프의 운전효율은 η_3 로 떨어진다.



<그림-8.2.16> 밸브개도제어

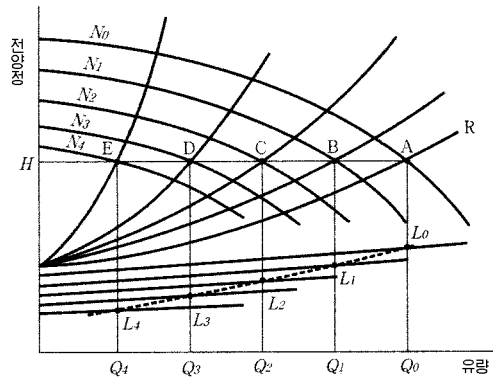
(3) 회전속도제어

운전점에 대해서는 앞에서 설명한 “1.에 대하여”의 (1) 회전속도의 변경을 참조한다.

2) 자동제어방식에서의 운전점

(1) 토출압력 일정제어(회전속도제어의 경우)

<그림-8.2.17>에서 회전속도제어로 토출압력 일정제어를 하는 경우에는 수량이 Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 로 감소하면 회전속도는 N_0, N_1, N_2, N_3 로 변하며 운전점도 A, B, C, D로 변하고 전압정은 H 로 유지된다.

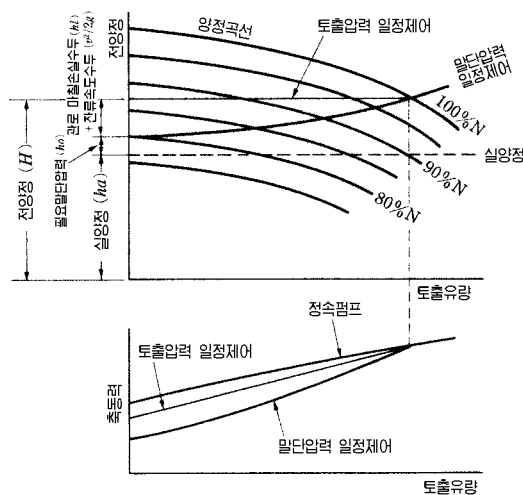


<그림-8.2.17> 토출압력 일정제어

(2) 말단압력 일정제어(회전속도제어의 경우)

이 제어는 수량이 변하더라도 관로 말단에서의 수압을 일정하게 유지하는 방법으로 실측방식(말단압력 일정제어)과 연산방식(추정말단압력 일정제어)이 있다(8.3.4 압력제어(P))를 참조한다.

<그림-8.2.18>에 나타난 바와 같이 말단압력을 일정하게 하기 위해서 펌프 운전점은 사용수량의 변화에 따라 저항곡선 상을 이동한다. 이 때의 축동력 변화를 토출압력 일정제어와 비교하면 에너지절약효과가 있다는 것을 알 수 있다.



<그림-8.2.18> 말단압력 일정제어

[참고-8.2.5] 관로계에서의 운전점

(1) 실양정이 변동하는 경우

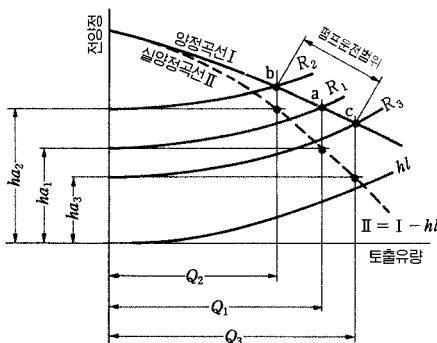
흡입수면이나 토출수면이 변동하는 경우 등은 <참고도-8.2.8>에 나타난 바와 같이 펌프의 실양정 변동($h_{a1} \rightarrow h_{a2}$ 또는 h_{a3})에 따라 저항곡선도 상하로 평행 이동하여 R_1, R_2, R_3 로 되기 때문에 운전점은 a에서 b 또는 c로 된다.

실양정의 변동은 배수펌프 등에서 많이 볼 수 있고 고효율의 운전을 하기 위해서는 실양정의 변동 폭과 변동빈도를 고려해서 펌프의 최고효율점 위치를 계획해야 한다.

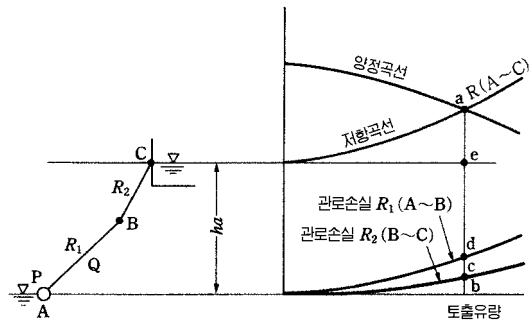
또 전양정 H 로부터 관로손실 h_l 을 뺀 실양정곡선 Π 을 그려 놓으면, 변동하는 실양정에 대하여 펌프의 토출량이 용이하게 구해진다.

(2) 저항이 다른 직렬관로의 경우

저항이 다른 관로가 직렬로 배치된 관로계에서 송수하는 경우, 펌프의 운전점은 <참고도-8.2.9>에 나타난 바와 같이 펌프 P 에서 점 B 까지의 저항곡선 R_1 과 B 점에서 C 점까지의 저항곡선 R_2 를 동일유량으로 가산한 합성저항곡선 R 과 펌프의 양정곡선과의 교점 a로 된다.



<참고도-8.2.8> 실양정이 변동하는 경우



<참고도-8.2.9> 저항이 다른 직렬관로의 경우

(3) 저항이 다른 분기관로의 경우

<참고도-8.2.10>에 나타난 바와 같이 실양정 h_a 은 같고 저항이 다른 AB, AC의 분기관로로 송수하는 경우이다.

합성저항곡선 R 은 AB간의 저항곡선 R_1 과 AC간의 저항곡선 R_2 를 동일 양정으로 가산한 것으로 되며 펌프의 운전점은 양정곡선과 합성저항곡선과의 교점 a로 된다.

(4) 저항 및 실양정이 다른 분기관로의 경우

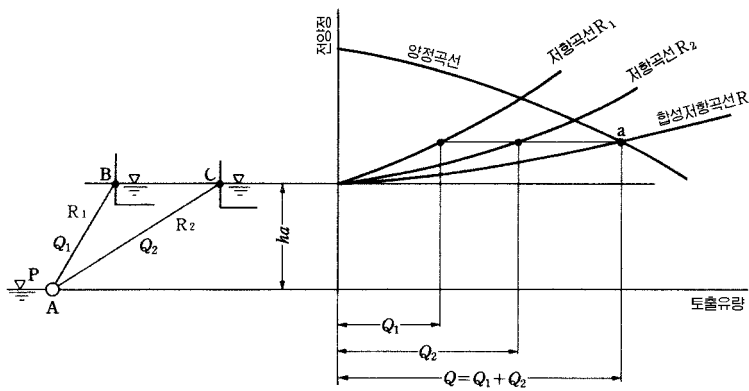
<참고도-8.2.11>에 나타난 바와 같이 실양정이 각각 h_{a1}, h_{a2} 으로, 저항곡선이 AB간에 R_1 , AC간에 R_2 인 경우의 합성저항곡선 R 은, R_1, R_2 를 동일 양정으로 가산한 것으로 되며 펌프의 운전점은 이 합성저항곡선과 양정곡선과의 교점 a로 된다.

(5) 관로의 도중에서 저항과 실양정이 다른 분기관로에 송수하는 경우

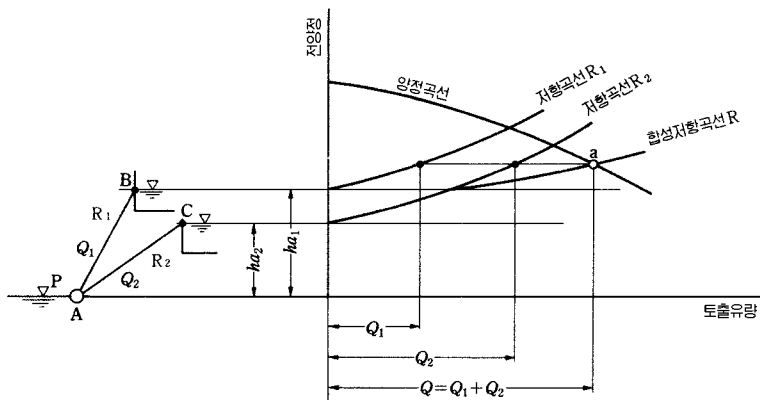
<참고도-8.2.12>에 나타난 바와 같이 펌프 P 에서 1개의 관로에 의해서 실양정 h_{a1} 의 B점까지 송수하고 거기서 2개의 관로로 분기되며 실양정이 각각 h_{a2}, h_{a3} 인 C, D의 두 지점에 송수하는 경우이다.

관로의 저항곡선을 AB간은 R_1 , BC간은 R_2 , BD간은 R_3 로 하고, 또한 펌프양정곡선 I에서 R_1 을 뺀 실양정곡선을 Π 로 한다. B점에서 C, D점으로 분기 송수하는 경우의 합성저항곡선 R 은 각각 저항곡선 R_2, R_3 를 동일양정으로 가산한 것으로 된다. 펌프의 토출량은 이 합성저항곡선 R 과 실양정곡선

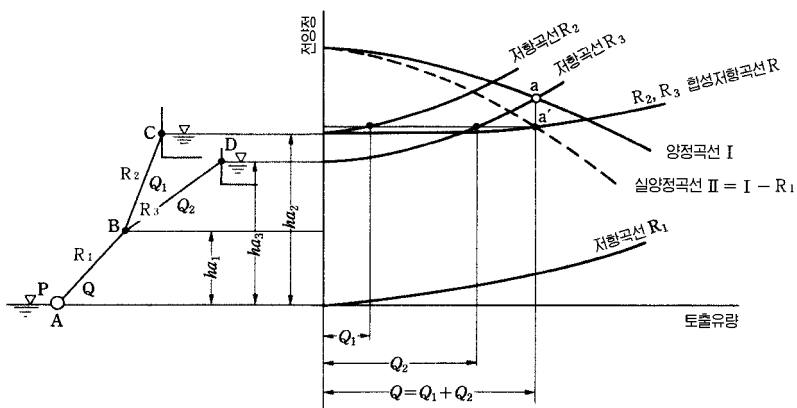
II의 교점 a' 의 유량으로 되며 펌프의 운전점은 a 로 된다. 또 C점과 D점에서의 토출량은 각각 a' 점과 동일양정으로 저항곡선 R_2 , R_3 와의 교점의 유량 Q_1 과 Q_2 로 된다.



<참고도-8.2.10> 저항이 다른 분기관로의 경우



<참고도-8.2.11> 저항 및 실양정이 다른 분기관로의 경우



<참고도-8.2.12> 관로 도중에서 저항 및 실양정이 다른 분기관로의 경우

8.2.7 캐비테이션(공동현상)

캐비테이션은 펌프에 진동, 소음, 침식(erosion)을 발생시키며 또 양수불능 등 치명적인 영향을 주기 때문에 이것을 피하기 위해서 다음 각 항에 관해 검토해야 한다.

1. 가용유효흡입수두(<그림-8.2.19>)
2. 필요유효흡입수두
3. 캐비테이션대책

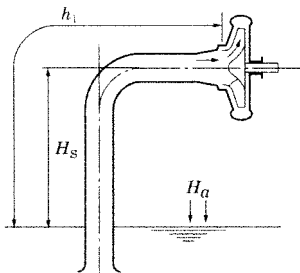
【해설】

펌프의 내부에서 유속의 급변이나 와류의 발생, 유로의 장애 등에 의해 유체의 압력이 저하되어 포화수증기압에 가까워지면, 물 속에 용존되어 있는 기체가 액 중에서 분리되어 기포로 되며 더욱이 포화수증기압 이하로 되면 물이 기화되어 흐름 중에 공동이 생기는 현상이다.

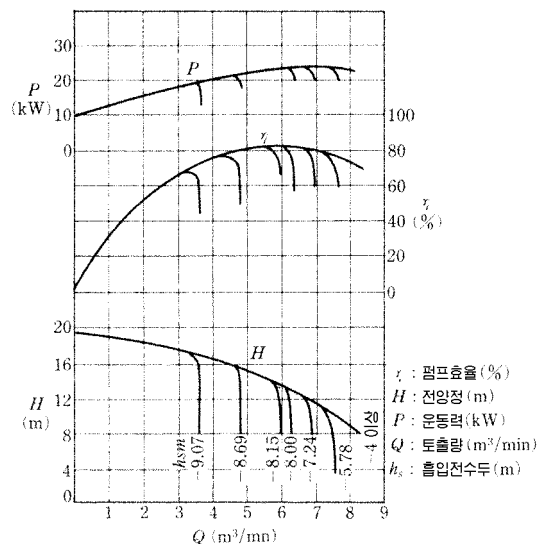
이것을 캐비테이션(cavitation)이라고 하며 펌프에서는 임펠러의 입구에서 발생하기 쉽다. 이 기포는 흐름을 타고 이동하여 고압부에 오면 거기서 붕괴되고 순간적으로 파괴된다. 이 현상이 끊임없이 계속되면, 펌프의 성능은 저하되고 진동·소음을 수반하며 양수불능으로 되는 경우가 있다. 또한 캐비테이션이 오랫동안 지속되면, 기포가 붕괴될 때 생기는 부분적인 충격압에 의해 임펠러, 케이싱 등이 부식을 일으켜서 짧은 기간에 손상될 수도 있다. 송·배수 펌프설비로서는 규정 토출량을 대폭 초과하는 과대토출 유량역에서 발생하는 캐비테이션이 문제로 된다. 펌프의 종류에 따라서는 과소유량역의 캐비테이션이 문제로 되는 경우도 있다.

캐비테이션이 발생한 벌류트펌프의 성능곡선 변화의 일례를 <그림-8.2.20>에 나타내었다.

흡입 측 양정이 작은 경우(그림의 -4 m 이상)에는 펌프가 정상적인 상태를 보이고 있지만, 흡입양정이 커지면 양정, 효율 및 축동력곡선 모두가 하강하기 시작하며 흡입양정이 클수록 작은 수량에서 성능저하를 일으킨다.



<그림-8.2.19> 이용 가능한 유효흡입수두



<그림-8.2.20> 캐비테이션에 의한 성능곡선의 변화

1.에 대하여 ; 펌프가 캐비테이션을 발생하지 않고 운전되기 위해서는 이용할 수 있는 가용 유효흡입수두(available NPSH ; net positive suction head)가 어느 값 이상인 것이 필요하며 가용유효흡입수두(h_{sv})는 다음 식으로 나타낸다.

$$h_{sv} = H_a - H_p + H_s - h_l$$

여기서

h_{sv} : 가용유효흡입수두(m)

H_a : 대기압을 수두로 표시한 것(m)(<표-8.2.3>를 참조한다)

H_p : 그 수온에서의 포화증기압을 수두로 나타낸 것(<표-8.2.4>를 참조한다)

H_s : 흡입실양정(m)

흡상(sucking up)할 때 (-)부호

압입(pushing in)할 때 (+)부호

h_l : 흡입관의 손실수두(m)

<표-8.2.3> 해발고도와 대기압의 수두표시(m)

해발고도(m)	0	50	100	150	200	300
대 기 압(m)	10.33	10.27	10.21	10.15	10.09	9.97

<표-8.2.4> 수온에 해당하는 포화증기압

수 온(℃)	5	10	15	20	25	30
H_p (m)	0.089	0.125	0.174	0.238	0.323	0.432

2.에 대하여 ; 펌프는 전양정, 토출량 및 회전속도가 다를 때마다 운전에 필요한 유효흡입수두의 한계가 있으며 이것을 필요유효흡입수두(required NPSH : H_{sv})라고 한다. 이것은 펌프가 캐비테이션을 일으키지 않고 물을 임펠러에 흡입하는데 필요한 펌프의 흡입기준면에 대한 최소한도의 수두로서 펌프에 따라 고유한 값을 갖는다. 펌프의 필요유효흡입수두는 흡입성능 및 흡입비속도(suction specific speed)를 사용해서 다음 식으로 구한다.

$$H_{sv} = \left(\frac{N\sqrt{Q}}{S} \right)^{4/3}$$

여기서

H_{sv} : 펌프의 필요유효흡입수두(m)

N : 펌프의 회전속도(rpm)

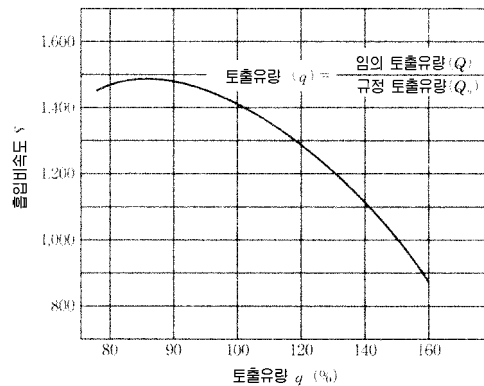
Q : 펌프의 토출량(m^3/min , 양흡입의 경우는 유량의 1/2로 한다)

S : 흡입비속도

임펠러입구의 형상이 같으면 임펠러의 외경을 변경시키더라도 같은 유량의 점에서 캐비테이션이 발생한다고 생각하는 관점에서 도입된 것으로 <그림-8.2.21>에 벌류트펌프의 흡입비속도의 값을 나타내었다. 이 그림의 적용범위는 비속도(Ns) = 120~650 이다.

캐비테이션에 대해서 안전하기 위해서는 이용할 수 있는 유효흡입수두가 펌프에서 필요로 하는 유효흡입수두보다 커야 한다.

즉, 일반적으로 $h_{sv} - H_{sv} > 1$ m로 하는 것이 좋다.



<그림-8.2.21> 벌류트펌프의 흡입비속도

3.에 대하여 ; 캐비테이션 발생을 방지하기 위해서는 다음과 같은 대책을 들 수 있다.

- (1) 펌프의 설치위치를 가능한 한 낮추어 h_{sv} 를 크게 한다.
- (2) 흡입관의 손실을 가능한 한 작게 하여 h_{sv} 를 크게 한다.
- (3) 펌프의 회전속도를 낮게 선정하여 H_{sv} 를 작게 한다.

(4) 운전점이 변동하여 양정이 낮게 되는 경우에는 토출량이 과다하게 되기 때문에 이것을 고려하여 충분한 h_{sv} 를 주거나 밸브를 잠궈서 과대토출량이 되지 않도록 한다. 또한 펌프계획상 전양정에 여유가 너무 많으면 실제 운전시에 과대토출량으로 운전되어 캐비테이션이 발생할 염려가 있으므로 주의를 요한다.

(5) 동일한 토출량과 동일한 회전속도이면, 일반적으로 양흡입펌프가 편흡입펌프보다 캐비테이션 현상에서 유리하다.

- (6) 악조건에서 운전하는 경우에 침식을 피하기 위해서 캐비테이션에 강한 재료를 사용한다.
- (7) 흡입측 밸브를 완전히 개방하고 펌프를 운전한다.

[참고-8.2.6] 캐비테이션의 검토 예

- (1) 펌프 사양

형식 : 횡축 양흡입 단단 벌류트펌프

구경 : 700 mm×500 mm

규정 토출량 : 50 m³/min

규정 전양정 : 55 m

회전속도 : 590 rpm

전동기 출력 : 620 kW

- (2) 펌프설치상태 : <참고도-8.2.13> 참조

- (3) 펌프성능곡선 : <참고도-8.2.14> 참조

- (4) 펌프장의 조건

대기압 $H_a = 10.33$ m (<표-8.2.3>에서 해발고도 0 m일 때)

포화증기압 $H_p = 0.238$ m (<표-8.2.4>에서 수온 20℃일 때)

흡입실양정 $H_s = -5.5$ m

규정 토출량일 때 흡입관의 손실수두 $h_{in} = 0.1 \text{ m}$

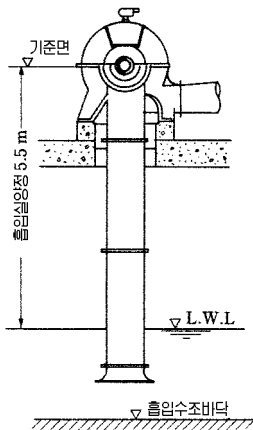
(5) 캐비테이션 검토

이상의 조건을 기초로 유량비 0.8~1.3의 범위에서 다음 계산을 수행한다.

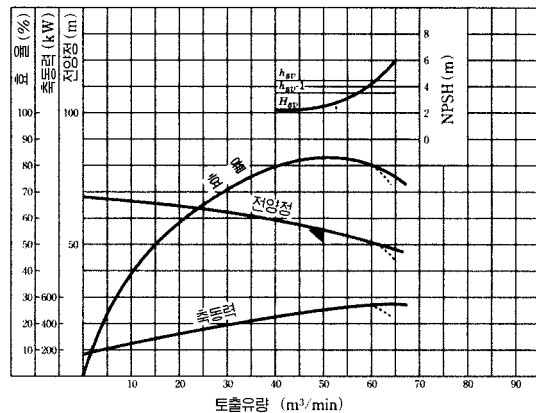
Q : 각 유량비에서의 토출량 $Q = 50 \times (Q/Q_n)$
 h_l : 각 유량비에서 흡입관의 손실수두 $h_l = h_{in}(Q/Q_n)^2$
 h_{sv} : 가용유효흡입수두 $h_{sv} = H_a - H_p + H_s - h_l$
 N : 규정회전속도 590 rpm
 S : 흡입비속도 <그림-8.2.21>에서 산출

$$H_{sv} : \text{필요유효흡입수두} \quad H_{sv} = \left(\frac{N \sqrt{Q}}{S} \right)^{4/3}$$

계산결과를 정리하면 <참고표-8.2.1>과 같다.



<참고도-8.2.13> 펌프 설치상태



<참고도-8.2.14> 펌프성능곡선

이 표를 참조하면 Q/Q_n 가 1.2와 1.3일 때 H_{sv} 가 $(h_{sv}-1)$ 보다 커서 캐비테이션이 발생한다. <참고도-8.2.14>에 나타난 바와 같이 펌프성능곡선도 내에서 토출량 Q 에 대하여 h_{sv} , H_{sv} 와 $(h_{sv}-1)$ 을 그래프로 표시하면, 캐비테이션이 발생하지 않기 위해서는 $H_{sv} < (h_{sv}-1)$ 가 되어야 하므로 H_{sv} 와 $(h_{sv}-1)$ 의 교점보다 적은 유량범위에서 캐비테이션이 발생하지 않는 것을 명확히 알 수 있다. 따라서 이 예에서는 토출량이 $57 \text{ m}^3/\text{min}$ 가 한계이다.

<참고표-8.2.1> 계산 결과

Q/Q_n	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
$Q(\text{m}^3/\text{min})$	40	45	50	55	60	65
$h_l(\text{m})$	0.064	0.081	0.100	0.121	0.144	0.169
$h_{sv}(\text{m})$	4.528	4.511	4.492	4.471	4.448	4.423
$N(\text{rpm})$	590	590	590	590	590	590
S	1,470	1,475	1,400	1,280	1,095	870
$H_{sv}(\text{m})$	2.181	2.349	2.701	3.244	4.233	6.608
$h_{sv}-1(\text{m})$	3.528	3.511	3.492	3.471	3.448	3.423

8.2.8 펌프계의 수격작용

펌프계의 수격작용에 대해서는 다음 각 항에 유의한다.

1. 펌프의 급정지시에 발생할 수 있는 수격작용의 유무를 검토해야 한다.
2. 수격작용의 우려가 있는 경우에는 그 경감책을 고려해야 한다.

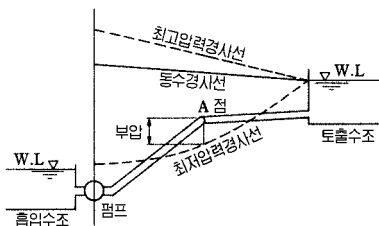
【해설】

1.에 대하여 ; 관내를 충만하여 흐르고 있는 물의 속도가 급격히 변하면 수압이 심하게 변화를 일으킨다. 이 현상을 수격작용(water hammer)이라고 한다.

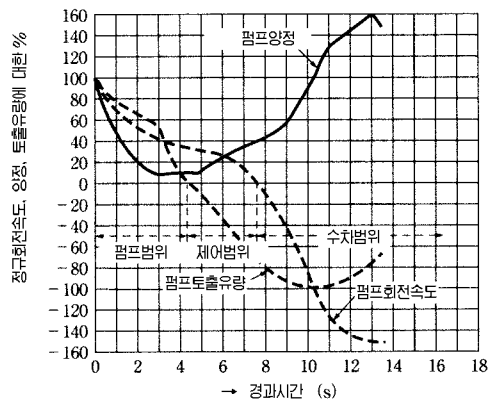
정전 등의 사고에 의해 운전중인 펌프가 갑자기 구동력을 소실하면, 펌프의 회전속도 저하에 의해 토출능력이 없어지고 송수관내의 압력이 갑자기 저하되며 <그림-8.2.22>와 같은 관로의 경우에는 A점 부근에 부압(negative pressure)으로 되는 지점이 생기며 이 부(-)의 압력이 약 -10m까지 떨어지면, 관내의 물에 공동부가 발생하여 수주(水柱)가 분리된다.

수주분리(column separation) 후에 어느 시간이 경과하면, 상류와 하류 쪽의 물기둥이 재결합할 때 매우 높은 충격압을 발생시킨다.

이러한 현상은 배관길이가 길수록 일어나기 쉬우며 관로의 파손사고 등을 일으킬 우려도 있으므로 사전에 그 대책을 강구하는 것이 중요하다.



<그림-8.2.22> 수격현상



<참고도-8.2.15> 과도현상의 예

[참고-8.2.7] 펌프계에서의 수격현상

펌프가 동력을 잃었을 때의 변화를 보면, 다음과 같이 된다. <참고도-8.2.15>를 참조한다.

제1단계(정회전 정류 ; 펌프범위)

펌프는 갑자기 동력을 잃더라도 전동기와 펌프의 관성력에 의해서 회전한다. 이 회전속도는 급속히 저하되기 시작하며 펌프의 양정도 회전속도의 저하에 따라 감소한다.

한편, 관내의 물은 지금까지의 유속과 같은 운동을 계속하고자 하기 때문에 펌프출구 쪽에서 압력이 떨어진다. 이 떨어지는 정도는 배관 중의 물 관성에 의해 좌우된다. 펌프의 회전속도가 어느 정도 이하로 되면, 드디어 양수가 중단되고 흐름은 일시적으로 정지된다.

제2단계(정회전 역류 ; 제동범위)

일단 정지된 물은 다음 순간부터 역류되기 시작하며 펌프의 회전속도는 점점 더 떨어지고 드디어 정지한다(보통의 펌프계에서는 이 역류가 시작될 때 체크밸브가 닫힌다).

제3단계(역회전 역류 ; 수차범위)

체크밸브가 없는 경우에는 펌프는 역회전하기 시작하고 수차상태로 되어 무부하의 상태로 돌게 된다.

2.에 대하여 ; 수격작용을 방지하기 위한 주된 방법은 다음과 같다.

1) 부압(수주분리) 발생의 방지법

(1) 펌프에 플라이휠(fly-wheel)을 붙인다.

펌프에 플라이휠을 붙임으로써 관성효과를 크게 하여 펌프의 토출압력이 급격하게 저하되는 것을 완화시킨다. 플라이휠을 채용할 때에는 그 중량을 고려하여 베어링과 시동방법을 검토해야 한다.

(2) 토출측 관로에 표준형 조압수조(conventional surge tank)를 설치한다.

표준형 조압수조에 의해 그 하류 측의 관로는 수격작용으로부터 분리하여 끊어버린다. 또 압력상승을 흡수하고 압력강하에 대해서는 물을 보급하여 부압을 방지한다.

표준형 조압수조는 가장 안전하며 또한 확실한 수격작용의 방지대책이다. 채용할 때에는 다음 조건을 검토해야 한다.

① 펌프의 양정이 큰 경우에는 높은 탑으로 된다.

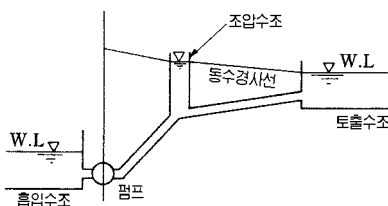
② 표준형 조압수조는 펌프 가까이 설치하는 것이 보통이지만, 관로에 따라서는 최대 부압(-)이 생기는 장소에 설치한다.

③ 펌프의 정상적인 기동, 정지 및 운전시의 수량변화에 대하여 조압수조 내의 수면변동을 흡수하기 위해서 충분한 수면면적을 갖도록 한다. <그림-8.2.23>을 참조한다.

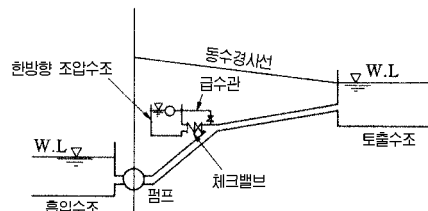
(3) 토출 측 관로에 한 방향형 조압수조(one-way surge tank)를 설치한다.

한 방향형 조압수조는 압력이 떨어질 때에 필요한 충분한 물을 보급하여 부압을 방지하는 것만을 목적으로 하는 것으로 체크밸브에 의해 통상시에는 관로에서 분리된다. 표준형 조압수조(conventional surge tank)에 비하여 일반적으로 소형으로 되지만, 경우에 따라서는 여러 개가 필요하게 된다. 또한 탱크 내에 물을 보급하기 위해서 탱크 높이를 정수두(靜水頭) 이하로 해야 하고 한냉지에서는 동결을 방지할 필요가 있으며 정수(淨水)일 경우에는 수질을 유지하기 위해서 물을 교체할 수 있도록 고려해야만 하는 것 등 건설 및 유지관리에 대해 검토해서 정해야 한다. <그림-8.2.24>을 참조한다.

또 탱크의 수위변화를 기록하기 위한 수위기록계를 관리실 등에 설치하는 것이 바람직하다.



<그림-8.2.23> 표준형 조압수조



<그림-8.2.24> 한 방향 조압수조

(4) 압력수조(air-chamber)를 설치한다.

펌프가 급정지된 후에 발생하는 압력저하를 방지하기 위하여 압력수조 내의 물을 내부의 공기압력에 의해 관로로 내보내고 압력상승도 흡수한다.

2) 압력상승 경감방법

펌프트출 측의 체크밸브가 역류개시 후 갑자기 닫히는 경우에는 압력이 상승된다. 이러한 상승압을 경감시키는 주된 방법으로는 다음과 같은 것들이 있다.

(1) 완폐식 체크밸브에 의한 방법

관내 물의 역류개시 직후의 역류에 대하여 밸브디스크가 천천히 닫히도록 하는 것으로 역류되는 물을 서서히 차단하는 방법으로 압력상승을 완화시킨다.

(2) 급폐식 체크밸브에 의한 방법

역류가 커지고 나서 급폐(急閉)되면 높은 압력상승이 생기기 때문에 역류가 일어나기 직전의 유속이 느리게 될 때에 스프링 등의 힘으로 체크밸브를 급폐시키는 방법으로 역류개시가 빠른 300 mm 이하의 관로에 사용된다.

(3) 콘밸브 또는 니들밸브에 의한 방법

정전과 동시에 콘밸브 또는 니들밸브의 유압조작기구에 의해 밸브개도를 제어하여 자동적으로 완폐시키는 방법으로 유속의 변화를 작게 하여 압력상승을 억제할 수 있다.

[참고-8.2.8] 수격압의 검토

수격압을 예측하는 방법으로는 축차계산법, 도식계산법 및 특성곡선법 등이 있으며 복잡한 관로계나 밸브제어 등을 포함하는 경우에는 컴퓨터에 의한 처리가 일반적이다.

또 단순한 관로계에서는 간이계산도표(Parmakian's Chart)에 의해 예측하는 것도 가능하다. 다음에 간이계산도표를 사용한 계산순서와 계산의 예를 들었다.

<참고표-8.2.2>는 펌프 및 전동기의 시방 등 주어진 조건과 그것에 근거하는 계산순서 및 계산의 예를 정리한 것이다. 또 <참고도-8.2.16>과 <참고도-8.2.17>은 계산에 필요한 전동기의 GD^2 선도이다.

이 <참고표-8.2.2>를 기초로 수격현상을 검토한다.

1) 최저압력경사선도의 작성

<참고표-8.2.2>의 계산순서에 따라 구해진 수치로부터 최저압력경사선도를 작성한다.

(1) 관로종단도를 작성한다(<참고도-8.2.18>을 참조한다).

(2) 관로손실과 펌프규정 전양정의 비율 $[(\frac{H_i}{H_n}) \times 100\%]$ 에서 관로손실도 가운데 0%, 30%, 60% 중 가까운 그림을 선정한다(<참고도-8.2.19~8.2.21>를 참조한다).

계산의 예로는 이 값이 30(<참고표-8.2.2> No.24를 참조한다)이기 때문에 <참고도-8.2.20>를 사용한다.

(3) 이 도표상에서 $K \cdot \mu$ 값과 관로상수($2p$)곡선과의 교점으로부터 세로축의 $H(\%)$ 를 읽어내면, 펌프 직후의 경우 25%, $L/2$ 지점의 경우 41%, $3L/4$ 지점의 경우 54%의 값을 얻을 수 있다.

(4) 다음의 식에서 펌프직후와 $L/2$ 그리고 $3L/4$ 지점의 최저압력을 계산한다.

$$\text{최저압력} = \frac{H(\%)}{100} \times H_n (m)$$

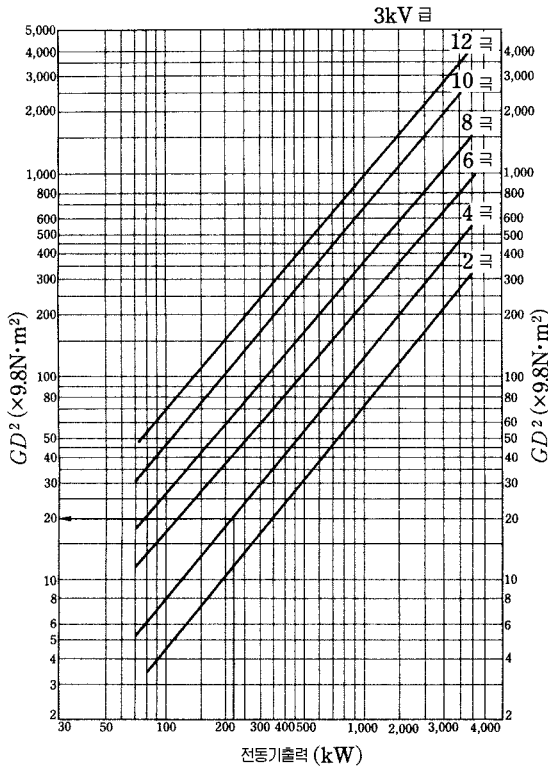
이 예에서는 <참고표-8.2.3>과 같이 각각 25, 41, 54가 구해진다.

<참고표-8.2.2> 계산순서의 예

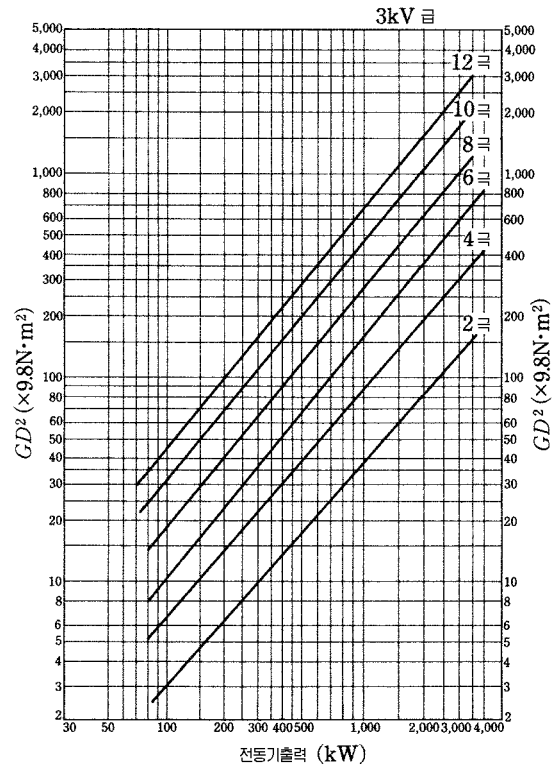
No.	기 호	계 산 항 목	계 산 식	계 산 예	비 고
1	N	펌프대수		1	
2	Q_n	펌프 규정 토출량	m ³ /s	0.133	
3	H_n	펌프 규정 전압정	m	100	
4	N_n	펌프 규정 회전속도	rpm	1760	
5	η_n	펌프 효율		0.75	
6	γ	물의 비중		1.0	
7	P	전동기 정격출력	kW	220(권선형)	
8	$(GD^2)_2$	전동기 관성효과	<참고표-8.2.17>에서 구한다. N · m ²	196	
9	$(GD^2)_1$	펌프의 관성효과	$\frac{1}{2}(GD^2)_2 \times 0.1$ N · m ²	$196 \times 0.1 = 19.6$	8
10	$(GD^2)_3$	펌프의 플라이휠 효과 (부속된 경우만) $G = \frac{\pi}{4} D_f^2 \cdot B \cdot \gamma_f$ N D_f : 플라이휠의 외경 (m) B : 플라이휠의 폭 (m) γ_f : 비중량 = 76,440 N/m ³	$G \cdot \frac{D_f^2}{2}$ N · m ²	490	
11	(GD^2)	회전부분의 전 관성효과	$(GD^2)_1 + (GD^2)_2 + (GD^2)_3$ N · m ²	$19.6 + 196 + 490 = 705.6$	8, 9, 10
12	P_n	펌프 축동력	$\frac{9.8 \cdot \gamma \cdot Q_n \cdot H_n}{\eta_n}$ kW	$\frac{9.8 \times 1.0 \times 0.133 \times 100}{0.75} = 173.8$	2, 3, 5, 6
13	M_n	펌프 토크	$\frac{9545.2 P_n}{N_n}$ N · m	$\frac{9545.2 \times 173.8}{1760} = 942.6$	4, 12
14	K	펌프의 관성계수	$\frac{375 M_n}{(GD^2) \cdot N_n}$	$\frac{375 \times 942.6}{705.6 \times 1760} = 0.285$	4, 11, 12
15	Q	관로 규정유량	$N \cdot Q_n$ m ³ /s	$1 \times 0.133 = 0.133$	1, 2
16	D	관로 내경	m	0.3	
17	L	관로 길이	m	1000	
18	V_n	관로 규정유속	$\frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$ m/s	$\frac{0.133}{\frac{\pi}{4} \cdot 0.3^2} = 1.88$	15, 16
19	a	압력파전파속도 $\sqrt{\frac{1425}{1 + \frac{\gamma}{E} \cdot \frac{D}{t}}}$ m/s κ (물의 체적탄성률)= 2.24×10^9 N/m ² D (관 내경) m E (관 재료의 종탄성계수) t (관 두께) m 강 관 : 2.07×10^{11} N/m ² 덕타일주철관 : 1.72×10^{11} N/m ² 주 철 관 : 1.52×10^{11} N/m ² 염 화 비닐관 : 3×10^9 N/m ²	1128 덕타일주철관 3종		
20	$2P$	관로정수	$\frac{a}{9.8} \cdot \frac{V_n}{H_n}$	$\frac{1128}{9.8} \cdot \frac{1.88}{100} = 2.16$	3, 18, 19
21	μ	압력파 왕복시간	$\frac{2L}{a}$ s	$\frac{2 \times 1000}{1128} = 1.77$	17, 19
22	$K \cdot \mu$	Parmakian의 계수	$K \cdot \mu$	$0.285 \times 1.77 = 0.5$	14, 21
23	H_i	관로손실	별도계산 m	30	
24		관로손실과 펌프규정 양정의 비율(%)	$\frac{H_i}{H_n} \times 100$ %	$\frac{30}{100} \times 100 = 30$	

<참고표-8.2.3> 최저압력계산결과

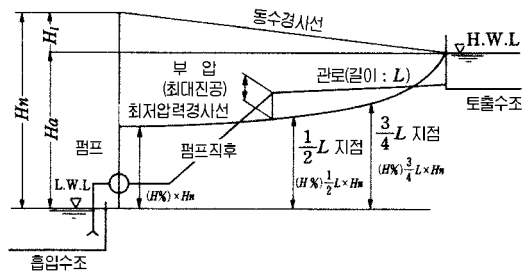
펌프 직후의 최저압력	$\frac{25}{100} \times 100 = 25$	<참고도-8.2.20> (1)
$\frac{1}{2} L$ 점의 최저압력	$\frac{41}{100} \times 100 = 41$	<참고도-8.2.20> (2)
$\frac{3}{4} L$ 점의 최저압력	$\frac{54}{100} \times 100 = 54$	<참고도-8.2.20> (1)



<참고도-8.2.16> 권선형전동기 출력-GD²선도

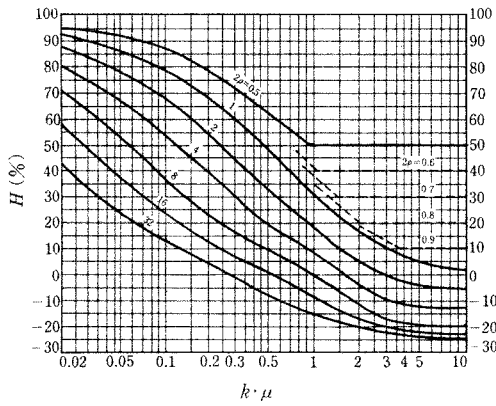


<참고도-8.2.17> 농형전동기 출력-GD²선도

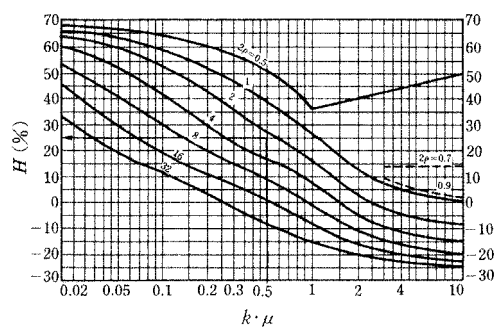


<참고도-8.2.18> 최저압력경사선도

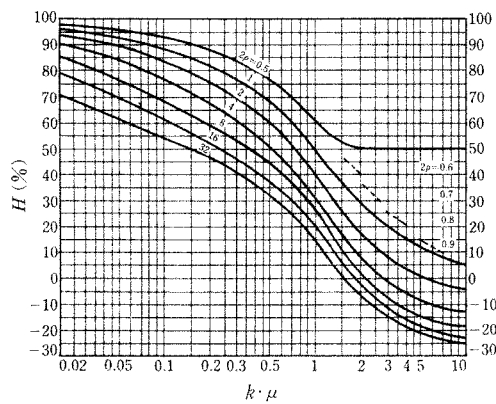
(1) 펌프 직후의 최저압력



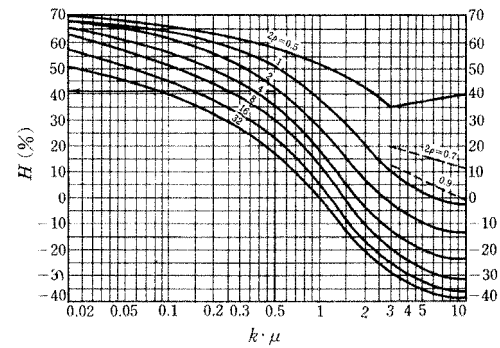
(1) 펌프 직후의 최저압력



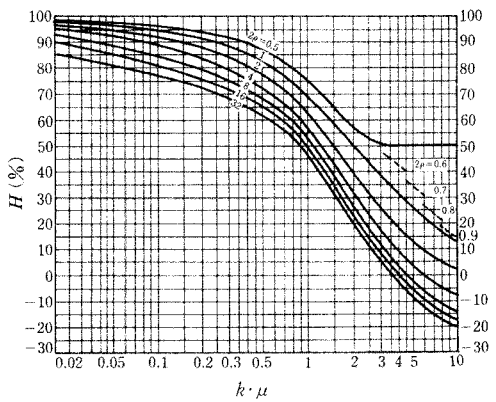
(2) 1/2L점의 최저압력



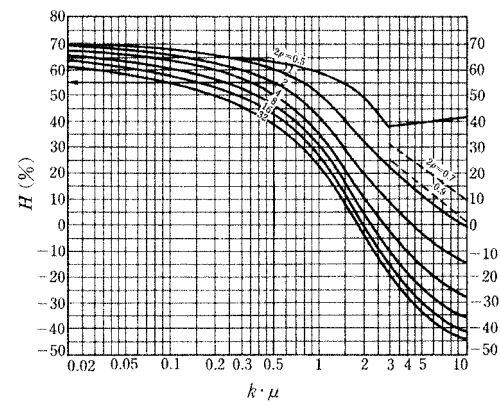
(2) 1/2L점의 최저압력



(3) 3/4L점의 최저압력



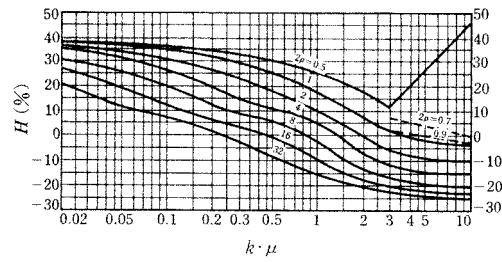
(3) 3/4L점의 최저압력



<참고도-8.2.19> 관로손실 0%의 경우

<참고도-8.2.20> 관로손실 30%의 경우

(1) 펌프 직후의 최저압력



최고압력경사선도는 최저압력경사선도를 최고토출 수위를 중심으로 대칭의 위치에 그린다. 즉, 최고토출수위에서 최저압력까지 떨어진 값(예컨대, $-H_0$, $-H_{L/2}$ 및 $-H_{3L/4}$)을 대칭으로 플롯팅(plotting)하여, 각 압력점을 연결하면 최고압력경사선도를 작성할 수가 있다(<참고도-8.2.22>참조).

이 때까지의 최저 및 최고압력경사선도는 관로 내 압력의 개략치를 구하는 방법을 보인 것으로 관로를 상세 설계하는 경우에는 실제의 펌프특성 및 밸브특성뿐만 아니라 정확한 관로 조건 등을 정하고 컴퓨터를 사용하여 정확하게 압력변동을 구하는 것이 바람직하다.

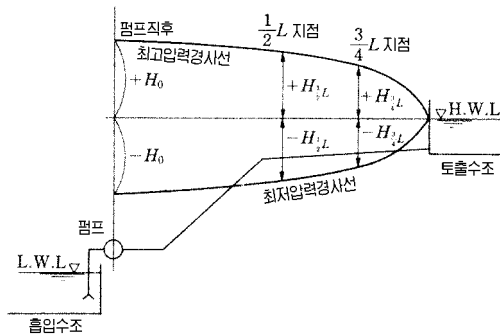
3) 관경

(1) 이 부압이 약 10 m가 되면 수주분리가 일어난다.

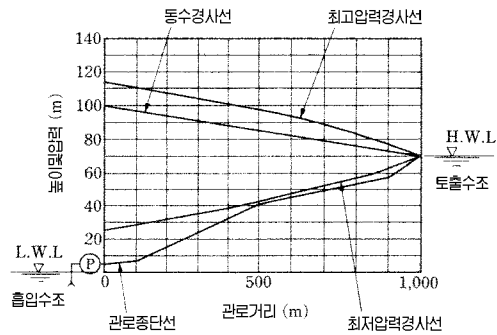
(2) 계산상의 오차 등을 고려하여 이 부압이 5~7 m 이내로 되도록 대책을 강구한다.

(3) 계산예의 결과

계산예의 최저압력경사선은 <참고도-8.2.23>과 같이 관로종단선보다 아래에 있는 점이 없고 부압이 발생하지 않는 관로이므로 수주분리는 일어나지 않는 것을 알 수 있다.



<참고도-8.2.22> 최고압력경사선도



<참고도-8.2.23> 압력경사선도

8.2.9 펌프설치 및 부속설비

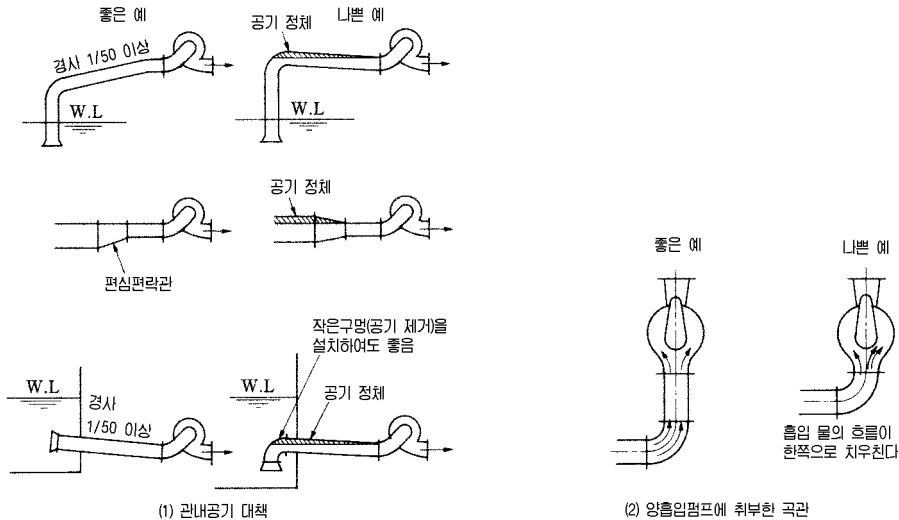
펌프 및 부속설비의 설치는 다음 각 항에 의한다.

1. 펌프의 흡입관은 공기가 간하지 않도록 배관을 시공한다.
2. 펌프의 토출관은 마찰손실이 작도록 고려함과 동시에 펌프의 토출관에는 체크밸브와 토출밸브를 설치한다.
3. 펌프 흡수정은 펌프의 설치위치에 가능한 한 가까이 축조하고 난류나 와류가 일어나지 않는 형상으로 한다.
4. 펌프의 기초는 펌프의 하중 및 진동에 대하여 충분한 강도를 가지고 있어야 한다.
5. 흡상식의 펌프에서 풋밸브를 설치하지 않은 경우에는 마중물용의 진공펌프장치를 설치한다.
6. 펌프의 운전상태를 알기 위한 설비를 설치한다.
7. 필요에 따라 축봉용, 냉각용, 윤활용 등의 급수설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 흡입관의 접합부는 플랜지이음으로 하고 접합부에서 공기가 들어가지 않도록

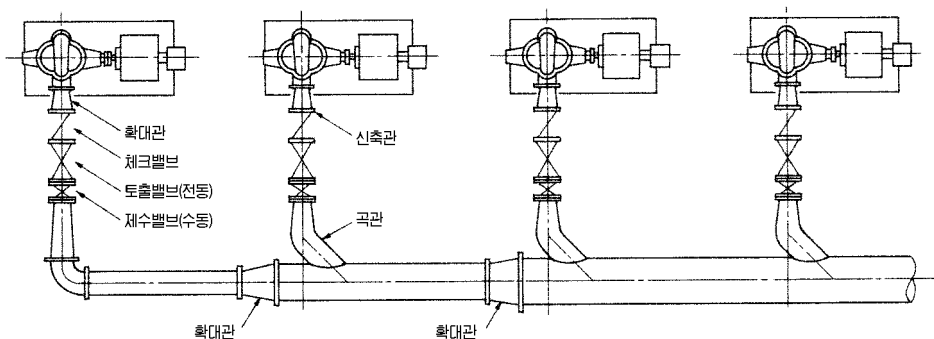
한다. 또 흡입관은 가능한 한 길이를 짧게 하고 경사를 두어서 공기가 괴지 않는 배관으로 한다. 또한 흡입배관 내의 유속은 1.5 m/s 이하를 표준으로 하고 펌프 흡입구가 작은 경우에는 편락관을 설치한다. <그림-8.2.25>을 참조한다.



<그림-8.2.25> 펌프 흡입관 양부(良否)의 예

2.에 대하여 ; 펌프 토출구에서의 유속이 큰 경우에는 점차적인 확대단관을 붙여서 관내 유속을 3 m/s 이하로 한다. 체크밸브와 토출밸브는 통상 확대관의 하류 측에 부착한다. 이 때에 펌프나 밸브류의 철거 등을 고려하여 필요에 따라 펌프 주변에 가변성 조인트(flexible joint) 또는 신축이음을 설치한다.

또 펌프를 여러 대 설치하는 경우에는 토출관이 모이는 부분은 관로의 마찰손실수두를 감소시키기 위하여 <그림-8.2.26>에 보인 바와 같은 배관으로 하는 것이 바람직하다.

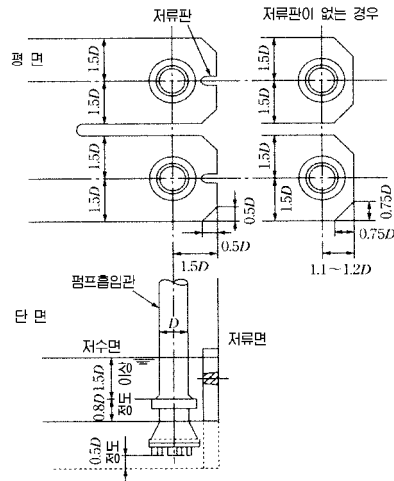


<그림-8.2.26> 펌프 토출관의 예

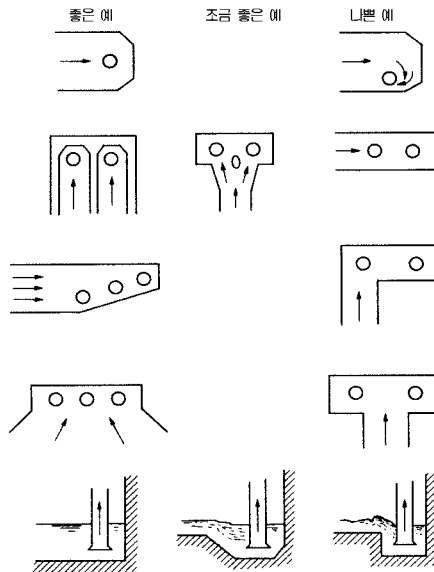
3.에 대하여 ; 펌프 흡입수조는 흡입관이 짧고 흡입측 손실수두가 작아지도록 가능한 한 펌프 설치위치에 가까이 축조한다. 흡수정을 2개 이상으로 분할해 놓으면, 청소, 보수 등의 유지관

리에 편리하다.

펌프 흡수정은 구조, 형상, 크기, 인입관거의 설치 등이 적당하지 않으면 흡수정 내에 난류가 발생하며 그에 따라 공기의 혼입 등으로 펌프의 운전상태가 불안정하게 되거나, 펌프가 제대로 능력을 발휘하지 못하게 되기도 한다. 따라서 흡수정 내에서 편류가 생기지 않도록 고려하고 2대이상의 펌프를 설치하는 경우에는 각 펌프의 흡입조건이 같게 되도록 한다. 흡수정 내의 편류를 방지하기 위해서는 흡수정 내에 정류벽, 저류판 등을 설치하면 효과가 있다. <그림-8.2.27>과 <그림-8.2.28>을 참조한다.



<그림-8.2.27> 흡입수조의 크기와 구조



<그림-8.2.28> 흡입수조의 형상과 흡입관의 배치 예

4.에 대하여 ; 펌프의 기초는 원칙적으로 콘크리트 구조로 하며 펌프와 전동기의 기초를 일체로 한 구조로 한다.

펌프를 흡수정 위에 설치하는 경우에는 하부구조 전체에 강성을 충분히 갖게 해야 하며 펌프의 기초부분은 필요한 크기와 두께를 갖게 해야 한다. 독립된 기초의 중량은 기계중량의 약 3배 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또한 부득이 플레이트 거더(plate girder) 등 콘크리트 이외의 기초를 할 때에는 그 강도와 함께 진동을 억제하는 데 충분한 강성을 갖게 해야 한다.

5.에 대하여 ; 흡상식 펌프를 기동할 때에는 펌프본체 및 흡입관 내를 만수로 할 필요가 있으므로, 마중물용의 진공펌프가 필요하다.

진공펌프는 상용과 예비를 설치한다. 주 펌프 1대의 마중물에 요하는 시간은 3~10분 정도의 것이 일반적이다.

6.에 대하여 ; 펌프의 운전상태를 알기 위해서 펌프의 흡입 측에는 진공계 또는 연성계(compound gauge), 토출 측에는 압력계를 보기 쉬운 위치에 부착해야 한다.

7.에 대하여 ; 펌프의 축봉용, 펌프 및 전동기의 베어링 등의 냉각용, 또는 수중베어링의 윤활용 등 배관의 도중에는 적당한 지점에 조인트를 설치하여 분해·정비를 용이하게 할 수 있도록 배려한다.

또 냉각수 등으로 수돗물을 사용하는 경우에는 역류에 의해 수돗물이 오염되지 않도록 설계해야만 한다.

8.3 펌프의 제어

8.3.1 총칙

펌프의 제어에 있어서는 자동운전용 기기를 써서 안전하고 원활하게 기동하거나 정지시키고, 필요에 따라 자동적으로 펌프 토출량과 토출압을 조절한다.

펌프의 제어에는 지령을 운전원이 수동으로 주는 것(기기측 또는 원격제어)과, 계측기 등으로부터 신호에 의해 자동적으로 지령을 주는 것(자동제어)이 있다. 이들 중의 어떤 방식으로 할 것인가는 그 시설의 규모, 신뢰성, 경제성 및 운전관리방법 등을 종합적으로 검토하여 결정한다.

운전 중인 펌프의 토출량을 제어하기 위해서는

- ① 펌프의 운전대수를 제어하는 방법
- ② 펌프의 회전속도를 제어하는 방법
- ③ 밸브의 개도를 제어하는 방법

이 있다. 또한 압력제어에는 ②와 ③의 방법이 있으며 각각 설치하는 기기와 운전효율에 특징이 있으므로 제어방식은 이들 특징을 살려서 결정한다.

펌프, 원동기 및 이들의 부속설비에 발생하는 고장 또는 사고에 대처하기 위한 보호장치를 계획한다.

8.3.2 자동운전용기기

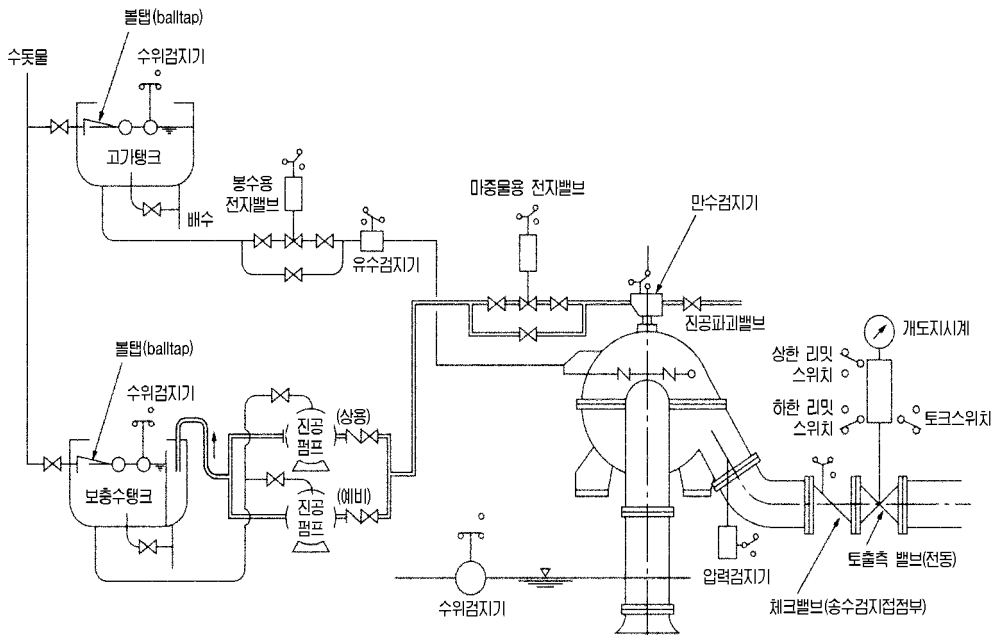
펌프를 자동 또는 원격제어에 의해 운전하는 경우에는 다음 각 항의 필요한 장치를 설치해야 한다.

1. 펌프케이싱 내가 만수된 것을 검지하기 위한 만수검지장치
2. 펌프의 토출압력을 검지하기 위한 압력검지장치
3. 펌프축봉수, 냉각수 및 윤활수 등의 흐름을 검지하기 위한 유수검지장치
4. 마중물, 축봉수, 냉각수 및 윤활수 등의 소비관 도중에 필요한 지점에 전동밸브 또는 전자밸브 등의 유수개폐장치
5. 토출밸브의 동작 확인과 보호를 위한 리미트스위치(limit switch) 등

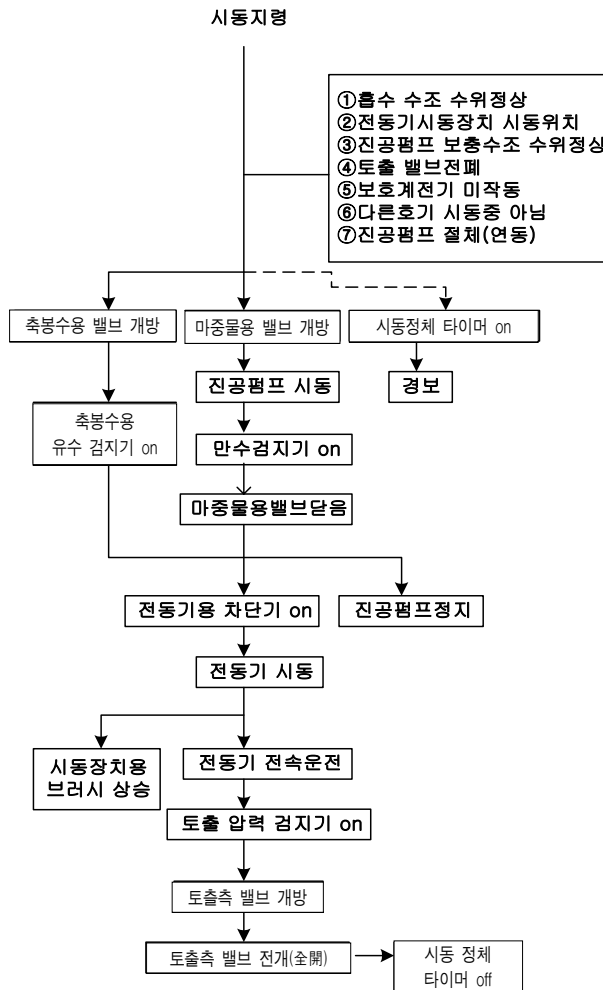
【해설】

펌프를 자동 또는 원격제어에 의해 기동 및 정지시키는 경우에는 필요에 따라 펌프 기동시의 마중물, 원동기의 기동, 토출밸브의 열림작동 등 일련의 기동공정 또는 이들의 반대순서인 정지공정을 순차적으로 자동으로 원활하게 이루어지게 하기 위해서 필요한 장치를 설치해야 한다.

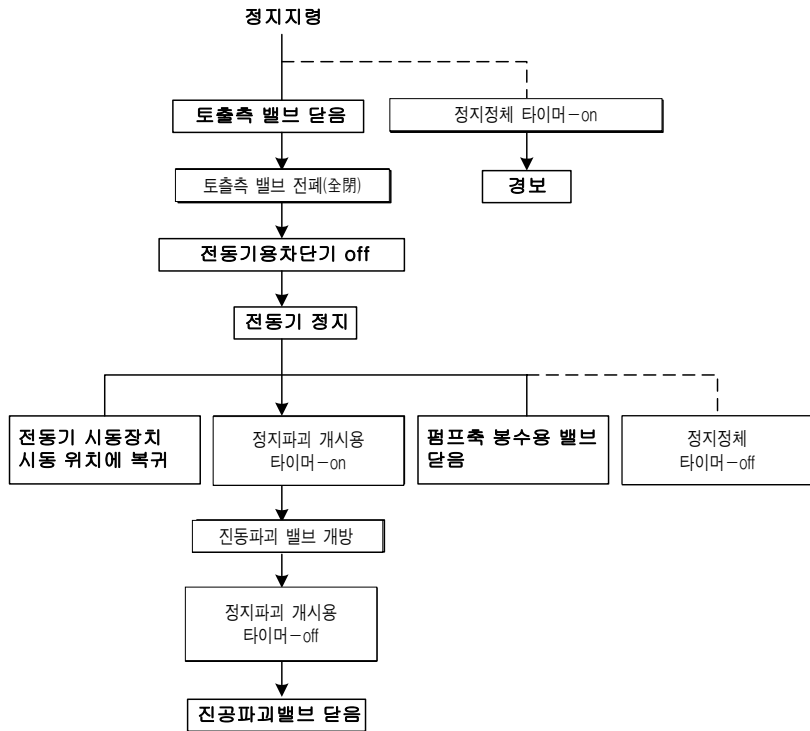
<참고도-8.3.1>~<참고도-8.3.4>를 참조한다.



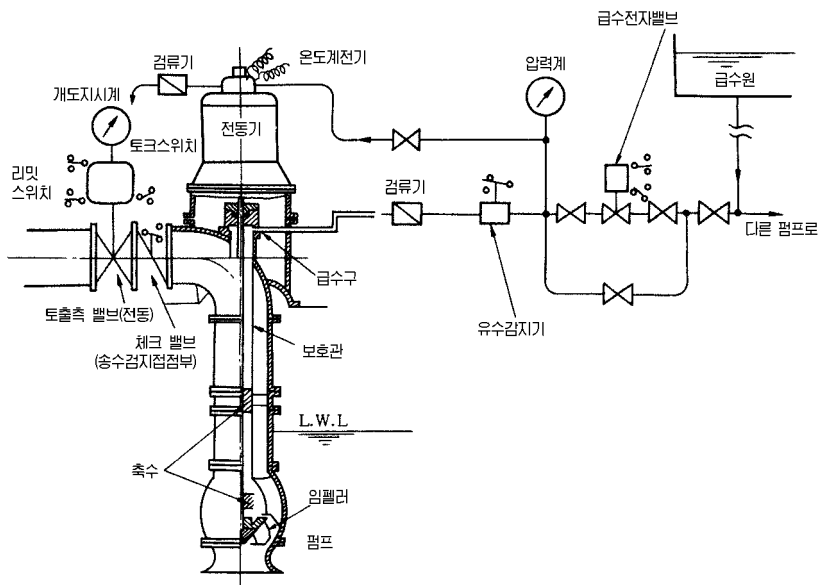
<참고도-8.3.1> 횡축펌프의 자동운전 예



참고도-8.3.2 기동공정의 흐름



<참고도-8.3.3> 정지공정의 흐름



<참고도-8.3.4> 입축펌프의 자동운전 예(외부급수방식의 경우)

1.에 대하여 ; 만수검지장치에는 기계식(float식)과 전기식(전극식)이 있으며 확실하게 동작하는 것을 선정해야 한다.

2.에 대하여 ; 펌프가 기동 중에 토출압력이 규정수압에 도달한 것을 검지하고 토출밸브에 열림지령을 발신하기 위하여 압력검지장치를 설치한다. 압력검지장치는 펌프운전 중의 토출압력 또는 그 밖에 배어링냉각수, 축봉수 등의 급수압력에 대한 비정상적인 저하를 검지하고 경고 또는 고장표시를 하는 보호장치로도 사용된다.

3.에 대하여 ; 펌프가 기동 중에 축봉수, 냉각수 및 수중배어링의 윤활수가 흐르고 있는 것을 검지하여 펌프의 기동공정을 진행시키기 위하여 유수검지장치를 설치해야 한다. 또한 유수검지장치는 펌프운전 중에 윤활수, 냉각수 및 축봉수 등이 단수 또는 과소 수량으로 되었을 때에 경고 또는 고장표시를 하는 보호장치로도 이용된다.

4.에 대하여 ; 마중물용, 축봉수용, 냉각수용 및 윤활수용 등의 소비관 도중의 밸브를 전기적으로 개폐하기 위해서는 전동밸브 또는 전자밸브(solenoid 밸브)를 사용해야 한다.

5.에 대하여 ; 토출밸브를 전폐, 전개 또는 소정의 개도에서 밸브의 작동을 멈추게 하기 위한 전동밸브로는 스트로크(stroke or position) 리미트스위치를 설치해야 한다. 또 전동밸브에 이물질이 끼었을 경우나, 밸브의 개폐시에 과대한 토크(torque)가 걸렸을 경우를 위해 토크리미트스위치(torque limit switch)를 설치하여 밸브구동용 전동기를 보호해야 한다. 이 밖에 수동으로 개폐 조작할 때에는 전동조작이 되지 않도록 하기 위한 인터록(interlock)을 설치하여 운전원의 안전을 기해야 한다.

[참고-8.3.1] 자동기동정지 흐름(flow)의 한 예

권선형유도전동기 직결인 횡축벌류트펌프에서 진공펌프에 의해 마중물을 하는 경우의 예를 보면 <참고도-8.3.1>과 같다.

기동하는 경우에 주 조작스위치를 기동 쪽으로 넣거나, 또는 다른 것으로부터의 기동지령에 의해 <참고도-8.3.2>와 같이 기동공정이 순차적으로 자동으로 진행된다. 다만, 흡입수면보다 낮은 위치에 펌프를 설치한 경우나, 입축펌프와 같이 펌프케이싱 내가 항상 만수상태인 것은 별도의 마중물을 필요하지 않는다. 풋밸브식인 경우에는 보급수 탱크로부터 급수하고 보급수 탱크의 수위에 따라 만수를 검지하는 것이 많다.

정지하는 경우에는 주 조작스위치를 정지 쪽으로 넣거나, 다른 것으로부터의 정지지령에 의해 <참고도-8.3.3>과 같이 정지공정이 순차적으로 자동으로 진행된다.

한편, 입축펌프는 마중물이 별도로 필요하지 않으며 횡축형에 비하여 기동공정이 간단하고 자동운전에 적합하다. 입축사류펌프는 물윤활의 수중배어링이 사용되고 있기 때문에 수중배어링에 확실히 급수되는 것을 기동공정의 중점으로 한다. <참고도-8.3.4>를 참조한다. 또 경질 세라믹배어링과 텅스텐강 슬리브를 사용하는 무급수방식도 실용화되고 있다.

8.3.3 유량제어

유량의 제어는 펌프의 운전대수, 회전속도 또는 밸브의 개도 중 어느 하나를 적절하게 제어하거나 또는 이들의 제어를 병용하여 수행한다.

【해설】

1) 운전대수제어

운전대수제어는 <그림-8.2.15>에 보인 바와 같이 운전대수의 변경에 의해 유량을 제어한다. 제어방법이 간단하고 대수분할에 의하여 위험을 분산할 수 있지만, 제어량이 단계적으로 된다.

흡입 또는 토출수면의 수위와 연동하여 운전대수를 제어하는 자동운전인 경우에는 수위의 변동이 심하면 기동·정지가 몇 번씩 반복되는 헌팅(hunting)현상이 발생하는 경우도 있다. 이 경우 전동기의 과열이나 밸브와 기동기의 소모가 심하고 기기의 수명을 현저히 저하시킬 우려가 있기 때문에 계획할 때에는 수면 면적과 펌프 1대당 용량과의 비가 지나치게 작지 않도록 주의해야 한다.

운전대수의 자동제어는 각 펌프의 운전시간을 평균화하기 위해서 예비기를 포함한 전 호기를 대상으로 순차로 운전할 수 있도록 한다. 정전 후 전원이 복구되었을 때에는 1대씩 순차적으로 기동시키기 위하여 동시기동 방지회로를 설치해야 하며 또한 운전 중인 기기의 고장에 의해 펌프가 정지되었을 경우에는 다른 호기를 자동으로 기동시키는 회로를 설치해야 한다. 또한 운전 지령계의 고장시에 예비기를 포함한 전 대수가 운전됨으로써 계약전력을 초과하는 일이 생기지 않도록 인터록(interlock)회로를 설치해야 한다.

2) 회전속도제어

(1) 회전속도제어는 <그림-8.2.17>에 보인 바와 같이 회전속도의 변화에 비례하여 유량이 변하는 것을 이용한 것으로 제어성이 좋고 운전비용(동력비)도 저렴하나 밸브개도제어에 비하여 설비비가 높다. 이 방식은 대수제어와 병용되는 것이 일반적이다.

(2) 회전속도제어방식에는 다음과 같이 전동기 자체의 회전속도 제어방식과 동력전달장치에 의한 회전속도 제어방식이 있다.

가. 전동기 자체의 회전속도제어 방식

① 2차 저항 제어방식

② 일차 주파수 제어방식

③ 셀비우스 제어방식

나. 동력전달장치의 회전속도 제어방식

① 유체커플링 방식

② 전자커플링 방식

3) 밸브개도제어

(1) 밸브에 의한 유량제어는 <그림-8.2.16>에 보인 바와 같이 밸브의 개도를 변화시켜 밸브의 손실수두를 증감시킴으로써 유량을 제어하는 방식이다. 유량제어방식 중에서는 가장 간단한 방법이고 회전속도제어에 비하여 설비비도 적게 되지만, 운전효율이 낮고 운전비용도 높은 결점이 있다. 이 방식은 대수제어와 병용하여 사용되는 경우가 많다.

이 방식은 제어에 의한 펌프의 과부하를 초래하기 쉬우므로 비속도(N_s)가 너무 크지 않은 벌류트펌프에서의 적용이 바람직하다.

(2) 밸브는 **8.5.3 밸브의 선정(P)**을 참조하여 유량제어용 밸브로부터 사용에 알맞은 것을 선정한다.

유량제어용 밸브로는 버터플라이밸브 및 콘밸브가 적합하지만, 이들 밸브로 원활하게 제어할 수 있는 개도범위는 버터플라이밸브에서는 $15\sim 70^\circ$, 콘밸브에서는 $10\sim 80^\circ$ 이다.

(3) 밸브에 의해 유량을 제어하는 경우에 제어용 밸브를 잠금에 따라 캐비테이션을 발생시키지 않도록 유의해야 한다.

캐비테이션의 발생 유무는 밸브의 캐비테이션 계수에 의해서 판정한다. 8.5.3 밸브의 선정(P)을 참조한다.

이상 방법 중 어떤 것을 선정할 것인가는 설비의 규모, 제어성, 보수의 용이성 등의 기술면 및 생애주기비용(life cycle cost)을 검토한 다음에 결정해야 한다. 8.4.2 전동기의 선정(P) 및 8.4.4 회전속도 제어(P)를 참조한다.

8.3.4 압력제어

압력의 제어는 토출압력일정, 또는 말단압력일정을 목표로서 펌프의 회전속도 또는 밸브개도를 제어한다.

【해설】

압력제어방법에는 펌프의 회전속도 제어 및 밸브개도 제어방식이 있지만, 대수제어와 병용하는 것이 일반적이다.

특별한 경우로서 중·소형 배수펌프의 대수제어에 대해서 배수량 감소에 의한 동절기의 압력상승대책 및 에너지 절약대책으로서 그 기간만 저양정의 임펠러를 사용하는 방법도 있다.

1) 토출압력 일정제어

펌프의 토출압력 일정제어는 <그림-8.2.17>, <그림-8.3.1>과 같이 제어시스템에서 설정된 펌프의 토출목표압력과 실제의 토출압력과의 편차분 만큼만 펌프의 회전속도 또는 제어용 밸브의 개도를 증감시켜서 토출압력을 일정하게 한다.

2) 말단압력 일정제어

말단압력 일정제어는 <그림-8.2.18>과 같이 유량이 변하더라도 관로말단에서의 압력이 일정하게 되도록 펌프의 토출압력을 제어하는 방법이다. 이 방식은 관로손실이 큰 경우나 수요수량의 변동이 큰 경우에 알맞다.

이것에는 연산방식과 실측방식이 있다.

(1) 연산방식(추정말단압력 일정제어)

연산방식은 <그림-8.3.2>에 보인 바와 같이 관로말단에서의 동수압을 일정하게 유지하기 위해서 유량에 의한 관로손실수두를 연산하여 관로말단의 동수두에 가산한 값을 펌프의 토출압력으로 하는 제어방식으로 다음 식과 같이 된다.

$$H = H_0 + KQ^n$$

여기서,

H : 펌프의 전양정(m)

H_0 : 관로말단의 동수두(m)

K : 관로저항계수

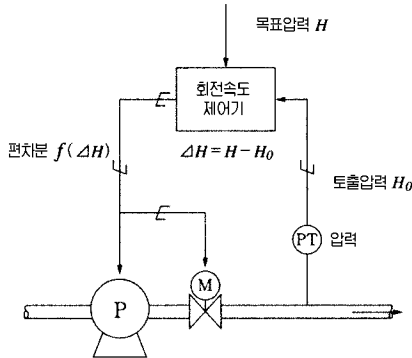
Q : 유량(m^3/s)

n : 유량 지수

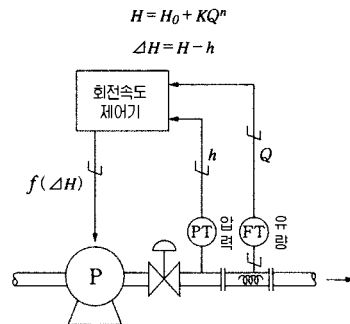
KQ^n : 관로마찰손실수두(m)

(2) 실측방식(직접방식)

<그림-8.3.1>에 있어서 펌프의 토출압력 대신에 관로말단의 실측압력을 직접 펌프장으로 피드백(feedback)하여 그 목표설정수압과의 편차에 의해 펌프의 회전속도나 밸브개도를 제어하는 방식이다.



<그림-8.3.1> 토출압력일정제어



<그림-8.3.2> 말단압력일정제어

8.3.5 보호장치

펌프운전 중에 발생하는 이상을 검출하여 경보를 울리거나 표시하는 적절한 보호장치를 설치해야 한다.

【해설】

펌프운전 중에 고장 등의 이상이 발생한 경우에는 경보에 의해 운전원에게 이를 알리거나, 고장의 정도에 따라 펌프를 정지시켜서 펌프와 전동기를 보호해야 한다.

1) 고장의 종류

고장의 중요도에 따라 중고장(重故障)과 경고장(輕故障)으로 분류하여 고장대응을 용이하게 할 수 있도록 한다.

(1) 중고장

기기에 이상이 발생하였을 때 그대로 운전을 계속하면, 중대한 영향을 미칠 우려가 있으므로 자동적으로 또는 비상정지조작에 의해 펌프를 즉시 정지시킬 필요가 있는 고장.

(2) 경고장

펌프의 운전에 영향을 주지 않는 것과 같은 고장으로 운전원의 판단으로 적절한 조치를 할 수 있는 고장.

중고장과 경고장의 분류는 시설의 형태나 운전관리체제 등에 따라 다르기 때문에 각각의 상황에 알맞게 분류하고 고장의 대응을 확실하게 할 수 있도록 할 필요가 있다. 중고장에 의해 정지된 경우에 예비기가 자동으로 기동할 수 있도록 해두는 것이 바람직하다.

2) 보호항목

펌프를 안전하게 운전하기 위해서는 관련되는 기기 등의 이상을 빠른 시기에 검출하여 중대

한 고장으로 되지 않도록 보호장치가 필요하다. 보호대상으로 되는 항목으로서 어떤 것을 선정할 것인가는 설비의 여러 가지 조건에 따라 다르다.

일반적인 보호장치의 기준을 <표-8.3.1>에 나타내었다.

3) 경보의 종류와 고장표시

검출장치에 의해 검출된 이상은 중고장과 경고장의 고장분류에 따라 운전원이 상황을 판단하기 쉽도록 표시해야 한다.

<표-8.3.1> 보호항목

항 목	목 표 치 또는 기 준 치	비 고
과부하	정격전류에 여유를 감안한 값	한시요소를 수반한다.
과소 수량	주펌프 : 계획최소수량 이하의 값 축봉수, 냉각수, 윤활수 : 필요 용수량	위와 같음
펌프토출압력 비정상저하	계획토출량에서 토출압력 또는 그 이하의 값	위와 같음
펌프흡입수위 비정상저하	공기흡입 개시수위 또는 캐비테이션 발생수위에 여유를 감안한 값	
베어링과열(펌프, 전동기)	일반적으로 70℃ 이하	
기동정체(start-up busy)	기동명령에서부터 토출측 밸브가 전개될 때까지의 소요시간에 여유를 고려한 값	
정지정체(shutdown busy)	정지명령에서부터 전동기용 차단기가 차단될 때까지의 소요시간에 여유를 고려한 값	

8.4 전 동 기

8.4.1 총 칙

전동기는 신뢰성, 보수성, 제어성 및 운전경비 등을 고려하여 사용목적에 알맞은 것을 선정해야 한다.

전동기의 종류로는 유도전동기, 동기전동기, 직류전동기 및 교류정류자전동기로 대별된다. 그 중에서 유도전동기가 가장 많이 사용되고 있다.

전동기를 선정할 때에는 기동방식과 보호방식을 포함한 신뢰성, 내구성, 제어성, 보수성, 설비비 및 운전경비 등을 고려하고 펌프의 부하특성 및 운전방법에 알맞은 것으로 선정한다.

8.4.2 전동기의 선정

전동기의 선정은 다음 각 항에 의한다.

1. 전동기는 3상 유도전동기를 표준으로 한다.
2. 전동기의 형식에는 보호방식 및 냉각방식 등에 따라 여러 종류가 있지만, 설치환경이나 사용목적에 따라 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 상수도 펌프용 전동기의 종류에는 여러 가지가 있지만, 구조가 견고하고 가격이 저렴하고 운전과 보수가 용이해서 가장 일반적으로 사용되고 있는 3상 유도전동기를 표준으로 한다.

3상 유도전동기는 회전자의 구조에 따라 농형과 권선형으로 분류한다.

농형유도전동기는 회전자의 슬롯(slot) 중에 들어있는 막대형상의 도체를 철심의 양쪽에서 단락한 단락환으로 이루어지는 전동기이다. 구조가 간단하고 견고하며 가격이 저렴하고 보수성도 좋지만, 기동전류가 커서 소용량의 것을 제외하고는 기동전류를 저감시키기 위한 기동장치가 필요하다.

권선형 유도전동기는 회전자에 고정자와 같은 삼상권선을 가지고 있으며 슬립링(slip ring)을 통해 2차측에 외부저항을 접속하며 이 저항을 조정하여 기동토크를 감소시키지 않고 기동전류를 저감할 수 있는 전동기이다. 또한 이 2차 저항 또는 2차 여자제어에 의해 회전속도를 제어할 수 있다.

수중모터펌프용 전동기는 펌프의 외경, 접속배관 및 사용전압 등 여러 가지 제약을 받기 때문에 그 형상과 구조 등에 일정한 기준을 정해서 제작해야 하며 선정할 때에 신중을 기해야 한다.

2.에 대하여 ; 전동기는 정격 및 특성 등 사용조건에 적합한 것을 선정해야 한다.

1) 수도에는 펌프 등 연속적으로 사용되는 전동기로서는 연속정격이 일반적으로 사용된다.

2) 보호방식은 <표-8.4.1>와 같이 인체 및 고형이물질에 대한 보호형식, 물의 침입에 대한 보호형식과의 조합에 의해 분류되고 있다.

3) 냉각방식은 냉각매체의 종류에 의한 형식, 냉매의 통로 및 열방산 형식, 냉매를 보내는 방법의 형식과의 조합에 의해 분류되고 있다. <표-8.4.2>는 널리 사용되고 있는 공기를 일차냉매로 하는 냉각방식의 명칭과 기호를 정한 것이다.

<표-8.4.1> 통상으로 쓰이는 보호방식

(인체 등의 보호)	제2숫자 기호(물의 침입)								
	(0 무 보 호 형)	(1 방 적 형 1)	(2 방 적 형 2)	(3 방 우 형)	(4 방 말 형)	(5 방 분 류 형)	(6 방 과 랑 형)	(7 방 침 형)	(8 수 중 형)
제1숫자기호									
0 (무보호형)									
1 (반보호형)			IP12						
2 (보호형)		IP21	IP22	IP23					
3 (폐쇄형)									
4 (전폐형)					IP44				
5 (방진형)					IP54	IP55			

<표-8.4.2> 냉각방식의 명칭과 기호

숫자기호	명 칭	정 의
IC0A	자유유통(流通) (free ventilated type)	냉매는 직접, 주위매체로부터 외피에 있는 개구부를 통해 자유로이 받아들여 회전기를 냉각시키므로 자유롭게 직접 주위매체를 되돌아간다. (개방통로)
IC1A	입구관 또는 입구 덕트유통 (inlet pipe or inlet duct ventilated type)	냉매는 회전기로부터 떨어진 곳에 있는 매체로부터 받아들여 입구관 또는 입구 덕트를 지나서 회전기에 이어지며 회전기를 거쳐 직접 주위매체에 되돌아간다. (개방통로)
IC2A	출구관 또는 출구 덕트유통 (outlet pipe or outlet duct ventilated type)	냉매는 직접 주위매체로부터 받아들여 회전기를 통하므로 출구관 또는 출구 덕트를 지나서 회전기로부터 떨어진 곳에 있는 매체에 방출된다. (개방통로)
IC3A	양측관 또는 양측 덕트유통 (both-side-pipe or duct ventilated type)	냉매는 회전기로부터 떨어진 곳에 있는 매체로부터 받아들여 입구관 또는 입구 덕트를 지나서 회전기로 이끌어지며 회전기를 통과하고 나서 출구관 또는 출구 덕트를 지나서 회전기로부터 떨어져 있는 매체에 방출된다. (개방통로)
IC4A	외피표면 냉각형 (housing surface self cooled type)	일차냉매는 회전기 중의 닫힌 통로를 순환하여(고정자철심이나, 다른 열을 전하는 부분을 사이에 두고 열전달에 덧붙여) 외피표면을 통해 주위매체인 최종냉매에 열을 전한다.
IC5A	불박이열교환형 (주위매체를 이용)	일차냉매는 닫힌 통로 내를 순환하여 회전기에 부착된 열교환기를 통해 주위매체인 최종냉매에 열을 전한다.
IC6A	부착된 열교환형 (주변매체를 이용)	일차냉매는 닫힌 통로 내를 순환하며 회전기에 직접 부착된 열교환기를 거쳐서 주위매체로 있는 최종냉매에 그 열을 전한다.
IC7A	불박이열교환형 (원격매체를 이용)	일차냉매는 닫힌 통로 내를 순환하며 회전기에 부착된 열교환기를 거쳐서 원격매체인 2차냉매에 그 열을 전한다.
IC8A	부착된 열교환형 (원격매체를 이용)	일차냉매는 닫힌 통로 내를 순환하며, 회전기에 직접 부착된 열교환기를 통해 원격매체인 2차냉매에 그 열을 전한다.
IC9A	별도로 설치된 열교환형	일차냉매는 닫힌 통로 내를 순환하며 회전기와는 별도로 놓인 열교환기를 통해 주위매체 또는 원격매체인 이차냉매에 그 열을 전한다.

(1) 연속정격이란 지정운전조건(전압, 회전속도, 주파수 등)하에서 연속 사용하더라도 보증되는 사용한다.

(2) 단시간정격이란 상온상태에서 시작하여 지정조건하에서 전동기를 단시간(원칙으로 10분간, 30분간, 60분간 또는 90분간) 사용하더라도 보증되는 사용한다.

4) 전동기에 사용되는 각종 절연의 최고온도는 한국산업규격(KS)에 규정되어 있다.

5) 3상 유도전동기는 그 특징으로 소용량기인 저압용에는 농형유도전동기를 사용한다. 고압용으로는 전원용량, 기동방식이나 제어방식으로부터 특히 권선형을 필요로 하지 않는 경우에 사용한다. 대·중용량기에는 기동토크를 저하시키지 않고 기동전류를 정격전류의 100~125%로 저감시킬 수 있는 권선형 유도전동기를 사용하는 것이 일반적이다. 권선형은 전원용량의 제약으로부터 기동전류를 작게 해야 하는 경우나, 기동·정지빈도가 높은 경우, 또한 회전속도제어가 필요

한 경우에 사용한다.

형식을 선정할 때에는 <표-8.4.1> 및 <표-8.4.2>를 참고로 하며 설치장소의 상황에 적합한 형식의 것을 선정한다. 또한 설치장소의 주위환경에 따라 소음방지대책이 필요한 경우에는 소음 장치를 부착시킨 저소음설계의 전동기를 사용하거나, 펌프실에 흡음재를 사용하는 방법 등을 고려해야 한다.

6) 최근에는 효율이 높은 고효율전동기가 개발되어 있으며 장시간 운전하는 전동기는 생애주기비용(life cycle cost)을 고려하여 그 채용을 검토해야 한다.

8.4.3 기동방식

3상 유도전동기의 기동방식은 전원용량, 전동기의 종류와 용도에 가장 알맞은 것을 선정해야 한다.

【해설】

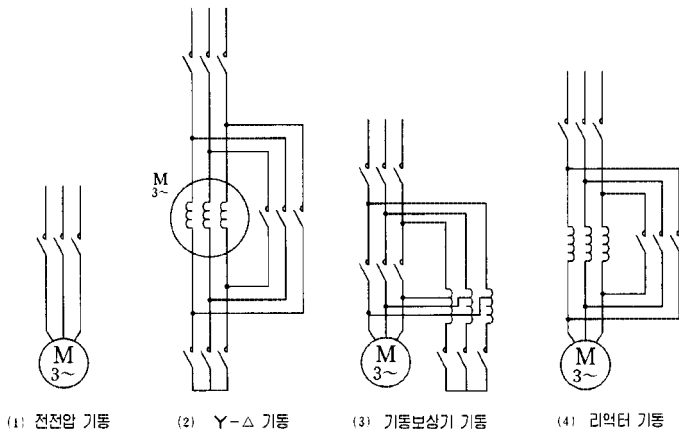
3상 유도전동기의 기동방식에는 <표-8.4.3>와 같은 방식들이 있다.

<표-8.4.3> 기동방식

전 동 기 종 별	기 동 방 식
농형 유도전동기	전전압기동
	스타델타기동
	기동보상기기동
	리액터기동
	소프트 스타트
권선형 유도전동기	2차 저항기동

1. 농형 유도전동기의 기동

농형유도전동기의 기동방식은 기동전류의 제한상한치와 기동토크의 필요치에 의해 선정해야 한다. <그림-8.4.1>은 각 방식의 결선도를 보인 것이다.



<그림-8.4.1> 농형유도전동기의 기동방식

1) 전전압기동(직입기동)

고정자권선에 직접 전원전압을 가하여 기동하는 방식으로 정격출력 3.7 kW이하의 전동기나 특수농형전동기로 11 kW미만 또는 11 kW이상의 것으로 전원전압에 현저한 변동을 줄 우려가 없는 경우에 사용하며 기동전류는 전부하전류의 450~700%가 일반적이다. 그러나 최근에는 전원용량이 큰 경우에 수백 kW 정도의 고압전동기에도 적용하는 경우가 있다.

2) 스타델타(star delta : Y-Δ)기동

전동기의 고정자권선을 기동할 때에 스타(Y형)로 접속하여 고정자코일의 각 상에 인가되는 전압을 전원전압의 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 로 하는 것에 의해 기동전류를 전전압기동시의 $\frac{1}{3}$ (기동토크도 $\frac{1}{3}$ 로 된다)로 하는 것으로 회전속도가 높아졌을 때에 델타(Δ형)로 전환하여 정격전압을 가하여 운전하는 방식이다.

3) 기동보상기 기동

기동할 때만 3상단권변압기를 사용하여 전동기 단자전압을 정격의 60~80% 정도로 내려서 기동하는 방식이다. 이 방식에서는 가속 후 전전압으로 절체하였을 때, 큰 돌입전류가 생길 우려가 있으므로 <그림-8.4.1(3)>과 같이 가속 후 단권변압기의 중성점을 열어서 변압기코일의 일부를 리액터로 전류를 제한하고 다음에 리액터부분을 단락하는 콘돌파(Condorfa)방식이 사용된다.

4) 리액터 기동

기동할 때에 고정자권선에 직렬로 리액터를 접속하여 기동전류를 제한하고 가속 후 이것을 단락시키는 방식으로 앞의 각 방식에 비해서 기동전류가 큰 비율만큼 기동토크가 작아진다.

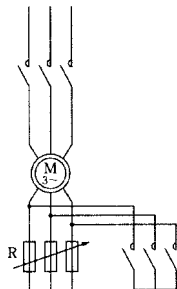
5) 소프트스타트(soft starter)

전력전자장치에 의해 기동시 인가전압을 서서히 증가시키는 방식으로 저압전동기에 주로 사용되어 왔으며, 최근에는 고압의 대용량기에도 적용하고 있으나 비용이 많이 들고 유지보수가 어렵다.

2. 권선형 유도전동기의 기동

회전자권선에 슬립링(slip ring)을 통해 저항을 접속하여 기동하며 어느 범위 내에서 기동전류를 작게 하면서 동시에 기동토크를 비교적 크게 하는 기동방식이다.

<그림-8.4.2>는 이차저항기동방식의 결선도를 보인 것으로 회전자권선을 슬립링 및 브러시(brush)를 지나서 외부의 저항기와 접속되고 이 저항치를 감소시키는 것에 의해 기동으로부터 전속까지 가속할 수 있다. 또 기동 후에 장시간 연속운전하는 경우에는 슬립링을 자동적으로 단락하고 브러시를 인상하는 장치를 설치하여 브러시의 마모를 방지하도록 한다.



<그림-8.4.2> 2차 저항기동방식의 결선도

3. 기동방식의 비교

<표-8.4.4>는 각 기동방식의 기동전류 및 기동토크를 비교한 것이다. 기동방식의 선정에서는 이들의 특성을 충분히 고려해야 한다.

<표-8.4.4> 기동방식 · 전류-토크의 비교

기 동 방 식		기 동 전 압(%) (전원전압에 대한 비율)	기 동 전 류(%) (직입에 대한 비율)	기동토크(%) (직입에 대한 비율)
능 형 전 동 기	전전압(직입) 기동	100	100	100
	스타델타	57.7	33.3	33.3
	기동보상기	50	25	25
		65	42	42
		80	64	64
	리액터	50	50	25
		65	65	42
		80	80	64
	권선형전동기2차저항기동	100	전부하전류로 기동가능	100

주) 1. 전전압 기동시 기동전류는 전부하시의 450~700%

2. 전전압 기동시 기동토크는 전부하시의 100~150%

8.4.4 회전속도 제어

전동기 회전속도를 제어하는 경우에는 제어범위, 생애주기비용(life cycle cost), 신뢰성 및 보수성 등에 대하여 종합적으로 검토하여 펌프설비에 알맞은 방식을 채용한다.

【해설】

펌프용 전동기의 회전속도 제어방식 선정에는 우선 펌프의 운전형태와 필요한 제어범위를 검토할 필요가 있다.

1. 전동기 회전속도 제어방식

펌프용 유도전동기의 회전속도 제어방식으로 일반적으로 사용되고 있는 방식에는 다음과 같은 것들이 있다.

1) 2차 저항제어방식

권선형유도전동기의 회전자에 슬립링을 거쳐 저항을 삽입하고 이 저항치를 변화시킴으로써 전동기의 슬립(slip)을 변화시켜 회전속도를 제어하는 것이다.

회전속도를 낮추면, 펌프의 축동력은 회전속도의 3승에 비례하여 저감되면서 동시에 전동기의 회전자 측에 2차슬립전력손실(secondary slip power loss)이 생기며 저항기에 의해 열에너지로서 소비된다. 이 2차 슬립전력손실 P_{2s} 은 다음 식으로 나타낸다.

$$P_{2s} = P_o \cdot S(1 - S)^2 \text{ (kW)}$$

여기서

P_o : 전동기출력(펌프정격시의 축동력) (kW)

$$S : \text{슬립} = \frac{N_o(\text{동기회전속도}) - N(\text{소정의 회전속도})}{N_o}$$

이 방식은 저속도일 때의 효율이 상당히 좋지 않지만, 장치가 간단하고 취급이 용이하며 설비비도 저렴하기 때문에 중소용량기에 사용되고 있다.

회전자에 접속되는 저항에는 금속저항과 액체저항이 있지만, 전동기용량, 제어목적, 제어범위 및 유지관리 등을 고려하여 선정한다.

2) 전압주파수 제어방식(VVVF)

농형유도전동기의 회전속도제어방식의 하나로 권선형 유도전동기의 결점인 브러시의 보수를 필요로 하지 않는 방법으로 3상 교류를 직류로 변환하고 그 다음에 인버터로 전동기에 가해지는 전압과 주파수를 변화시켜 회전속도를 제어하는 방법으로 최근에는 저압은 물론 고압의 대용량 전동기에도 사용되는 경우가 있다. 이 방식은 전동기에 브러시가 없기 때문에 전동기 보수가 용이하고 효율 및 제어성이 좋은 반면, 순간 정전대책이나 고조파대책이 필요하며 장치가 복잡하고 비교적 고가이다.

3) 정지셀비우스 제어방식

권선형 유도전동기의 2차 저항제어에 있어서의 2차 슬라이딩 전력을 저항기로 소비하는 것이 아니고 직류전력으로 변환하고 그 다음에 직류를 전원주파수의 교류전력으로 변환하여 전원전압과 동등하게 승압한 후에 전원에 반환시키는 방식이다.

이 방식은 제어성과 효율이 좋고 에너지를 절약할 수 있지만, 장치는 복잡하고 순간정전대책이 필요하며 이 방식은 복잡하고 고가이기 때문에 대용량기에 알맞다.

주된 제어방식을 비교하면 <표-8.4.5>와 같다.

2. 동력전달장치의 회전속도제어방식

1) 유체커플링을 사용하는 방식

전동기의 회전력을 커플링 내의 기름에 의하여 부하에 전달하는 방식으로 커플링 속의 유량을 변경시킴으로써 부하의 회전속도를 조절할 수 있다. 이 방식으로 무단변속(無斷變速)이 가능하지만 전속(全速)일 때 부하 측에 나타나는 슬립이 크다.

2) 전자커플링을 사용하는 방식

전동기의 회전력을 커플링에 있는 전자력에 의해 부하에 전달하는 방식으로 커플링에서 발전전류를 증감시킴으로써 부하의 회전속도를 제어한다. 이 방식의 특징은 유체커플링방식과 같다.

3. 제어방식의 선정

펌프의 제어방식 선정에는 설비비, 전력비, 유지관리비 등의 생애주기비용(life cycle cost) 검토는 물론, 설비의 신뢰성, 보수성, 관리체제 및 고장시의 직영복구의 난이도나 수운용 등의 백업 및 공급계통의 안정성(계통전환, 배수지 용량 등)을 충분히 고려하여 선정한다.

1) 방식선정

최종적으로 방식을 결정할 때에는 경제성 외에 다음 점을 검토해야 한다.

- ① 제어성이 좋을 것.
- ② 제어효율과 에너지효율이 좋을 것.
- ③ 설비가 단순하고 보수관리가 용이할 것.

- ④ 전력회사의 순간전압저하에 의해 펌프가 정지되지 않을 것.
- ⑤ 펌프운전시 전원측에 고조파장애를 미치지 않을 것.
- ⑥ 설비비, 전력요금, 유지관리비용 등 총비용이 가장 경제적인 것.

<표-8.4.5> 펌프회전속도 제어방식의 비교

제어방식	2차저항법	2차역자제어(정지셀비우스)	1차주파수 제어(전압형)	1차주파수 제어(전류형)
전동기	권선형 유도전동기	권선형 유도전동기	농형 유도전동기	농형 유도전동기
원리	2차저항치를 증감하여 속도를 제어한다. 회전자의 슬라이딩손실은 저항에서 열로 없어진다.	2차 슬라이딩전력을 정류기에서 직류로 정류되며, 이것을 인버터를 통해 전원 주파수의 교류로 변환하여 전원 측에 반환된다. 사이리스터의 위상제어에 의한 속도제어.	3상교류는 실리콘정류기에서 직류전압으로 정류하고, 이것을 3상트랜지스터 인버터(PWM)에 의해 출력전압 즉 전동기의 전압과 출력주파수의 비(V/F)를 일정하게 하여 속도를 제어한다.	
기본 블록도				
제어범위	60~100%	60~100%	10~100%	10~100%
종합효율	55~90%	80~90%	80~90%	77~87%
주요 제어 기기	액체저항기 또는 교체 저항기+ 제어기(chopper)	실리콘정류기, 제어장치, 인버터, 변압기, 직류리액터, 고속차단기	실리콘정류기, 제어장치, 트랜지스터(GTO)인버터, 콘덴서	SCR정류기, 제어장치, 인버터, 변압기, SCR인버터, 직류리액터
일상보수	전동기카본브리시 액체저항기(교체 저항기 + 초퍼)	전동기의 카본브리시, 기동 저항기(교체 또는 액체)	보수 요하지 않음	보수 요하지 않음
제어성	액체저항기의 경우는 적응성이 좋지 않음	적응성과 뛰어난 속도제어	적응성과 뛰어난 속도제어	적응성과 뛰어난 속도제어
에너지 절약효율	중지 않음(中)	양호함(大)	양호함(大)	양호함(大)
시설비	저렴	고가임	아주 고가임	고가임
특징	1. 제어기기가 기계적인 것으로 단순 2. 브리시와 저항기의 보수가 필요함 3. 회전자의 슬라이딩 손실은 저항에서 열 손실로 되므로 저속시의 효율이 좋지 않음 4. 액체저항을 사용하는 경우에 제어적응성이 좋지 않음 5. 제어의 범위가 좁음 6. 속도변동률이 큼	1. 제어범위가 좁고 정류기와 변압기 용량이 작음 2. 2차측 전력은 전원측에 반환하기 때문에 저속시에도 효율 좋음 3. 대수가 많은 경우, 한조로 일괄제어할 수 있음 4. 제어장치 고장시에는 2차단락으로 정속운전 가능 5. 순간정전의 대책 필요 6. 고조파의 대책이 필요	1. 다중접속인버터에 의해 출력전압에 포함된 저차 고조파가 삭감됨 2. 기존 유도전동기를 가변 운전할 수 있음 3. 순간정전에 대한 보호책이 필요하나, 비교적 용이 4. 초저속역을 제외하고는 역률이 좋음 5. 고조파의 보호책이 필요(단, 전류형보다 작음) 6. 대수가 많은 경우 한조로 일괄제어하는데 적합	1. 다중접속인버터에 의해 출력전압에 포함된 저차 고조파가 삭감됨 2. 기존 유도전동기를 가변 운전할 수 있음 3. 순간정전의 대책이 필요하지만, 비교적 용이 4. 저속역에서 역률이 좋지 않음 5. 고조파의 보호책이 필요 6. 회생제동을 할 수 있음
적용용량	~1,000 kW	~10,000 kW정도	~250 kW정도	~5,000 kW정도

<표-8.4.6>는 이들을 고려하여 각 방식을 비교한 일례이다. 방식선정은 단지 제어방식의 우열뿐만 아니라, 보수관리체제(인원, 기술수준, 야간 등 긴급시의 체제) 및 펌프정지시의 수운용(계통전환, 배수지 용량 등의 백업), 경제성 등을 비교항목으로 하고 이들의 중요도에 따라 가중치(비용)를 주어서 종합적으로 비교한다.

<표-8.4.6> 펌프제어방식 비교

(전동기용량 100~500kW/대)

제어방식			2차저항 (액체저항)	사이리스터셀비우스	1차주파수	토출밸브
항목						
제 어 성			○	◎	◎	△
보 수 관 리	설비의 단순도	전 동 기	○	○	◎	◎
		제 어 반	○	×	×	◎
	설 치 공 간		○	△	△	◎
	고 장 복 귀 의 용 이 성		○	×	×	◎
	에 너 지 절 약 성		△	◎	◎	×
경제성	초 기 투 자 비 용		○	×	△	◎
	운 전 비 용	원 단위	○	◎	◎	×
		수리비	○	×	×	◎
순 간 정 전 대 책			불필요	필요	필요	불필요
고 조 파 대 책			불필요	필요	필요	불필요
내 용 년 수			◎	△	△	◎

◎ 우수함, ○ 양호함, △ 보통, × 나쁨

2) 경비 비교

경비로서는 다음 것이 고려된다.

(1) 설비비 ; 펌프의 운전형태 및 회전속도 제어범위로부터 적당하다고 생각되는 복수의 방식에 대하여 펌프전원설비, 감시제어장치 등의 공통부분을 제외한 설비의 시장가격을 조사하여 그 설비비를 산출한다.

(2) 전력요금 ; 계획1일평균 급수량을 기초로 해당 펌프계의 사계절마다 1일급수량형태를 구하고 이들로부터 각 시간대별로 시간급수량을 구한다. 이 시간급수량과 펌프의 토출량으로부터, 각 시간대별 운전대수 및 1대당 토출량을 구한다.

다음에 펌프특성곡선을 기초로 이 토출량과 관로손실특성과의 교점을 지나는 $Q-H$ 곡선을 구하고, 그 때의 회전속도로부터 다음 식에 의해 사용전력량을 산출한다.

$$P_o = P \left(\frac{N'}{100} \right)^3 \times \frac{1}{\eta_p}$$

여기서

P_o : 전동기(출력) 1 대당의 사용전력량 (kW · h)

P : 펌프의 정격축동력 (kW)

N' : 시간급수량에 필요한 펌프회전속도 (%)

η_p : 펌프효율 (소수)

P_o 가 전동기 정격출력의 몇 %에 해당하는 가를 계산하고 그 때의 전동기효율(η_m)을 전동기의 효율특성곡선으로부터 구하고 다음 식에 의해 운전대수분의 총 사용전력량을 구한다.

$$P_i = \frac{P_o \times n}{\eta_m}$$

여기서

P_i : 전동기(입력)의 총 전력사용량 (kW · h)

η_m : 전동기효율 (소수)

n : 전동기대수

이와 같이 각 시간별 총 사용전력량을 24시간 집계하고 1일사용 전력량을 사계절별로 구하여 다음 식에 의해 연간사용 전력량(P_n)을 산출한다.

$$P_n = \frac{(\text{봄} + \text{여름} + \text{가을} + \text{겨울}) \text{ kW} \cdot \text{h}}{4} \times 365 \dots \dots \dots (8.8)$$

끝으로 식(8·8)에서 구한 P_n 에 전력단가를 곱하여 연간 전력량요금을 산출한다(각 방식마다 이 계산을 한다).

(3) 원리상환금액 ; 설비는 차입금으로 조달하고 설비의 내용연한으로 차입 1년 후에 매년 일정액을 상환하는 것으로 하는 경우, 다음 식에 의해 매년 원리상환금액이 구해진다.

$$M_n = \frac{A \times r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

여기서

M_n : n년 후에 있어서의 원리상환금액

A : 설비비

r : 금리

n : 내용연수

(4) 유지관리비 ; 유지관리비로서는 설비의 정기점검 위탁비 및 연간 수선비(목표로서 설비비의 1~2%)의 합계치를 산출한다.

이상으로부터 연간경비는 (2)+(3)+(4)으로 하여 구해지며 이것에 설비의 내용연수를 곱하면, 감가상각기간에서의 종합경비가 구해지므로 각 방식을 비교할 수 있다. 내용연수는 지방공기업법에 정해지고 있지만, 실제 사용연수는 일반적으로 이보다 다소 길게 되고 있다.

제어방식에 따라서 내용연수도 다르기 때문에 각 방식마다의 연수를 고려하면 좋다. 특히 계측제어기기는 메이커의 부품생산중지 등으로 보수가 곤란하게 되는 경우가 있으므로 이것을 고려하여 내용연수를 정한다.

8.4.5 보호장치

전동기의 보호는 다음 각 항에 의한다.

1. 단락, 지락, 과부하, 저전압, 결상 및 복전시 사고방지를 위해 보호장치를 설치한다.
2. 전동기의 개폐기와 기동장치 및 2차단락장치와의 상호간에는 오조작을 방지하도록 인터록장치(연동장치)를 설치한다.

【해설】

전동기 보호장치의 단선결선도의 예에 대해서는 8.7 전력설비(P)를 참조한다.

1.에 대하여 ;

1) 저압전동기의 경우

저압전동기의 단락이나 지락보호로서 배선용 차단기(전동기용)와 지락보호계전기를 조합하는 방식과 누전차단기(전동기용)를 사용하는 방식이 있다. 차단기를 설치할 경우에는 과전류트립, 부족전압트립 등 전기적 트립장치를 설치해야 한다.

과부하나 저전압, 결상 등에 의한 온도상승의 보호에는 전자접촉기 2차측에 열동형 계전기(thermal relay)를 설치하였으나 최근에는 전자식 계전기가 주로 사용된다. 전자식은 과전류뿐만 아니라 결상 및 역상 저전압을 동시에 보호할 수 있다.

또 전원의 결상에 의한 전동기의 소손을 방지할 경우에는 정지형계전기(2E relay)를 쓴다.

2) 고압전동기의 경우

고압전동기의 단락, 지락, 과부하, 결상보호에는 다음 2가지 방식이 있다.

(1) 고압한류퓨즈+고압접촉기방식

이 방식은 단락보호는 고압한류퓨즈로 과부하 및 지락보호는 고압접촉기를 보호계전기와 조합하여 보호한다. 지락보호는 고압접촉기와 지락방향계전기를 조합하여 보호한다. 결상보호로서는 정지형계전기(2E 또는 3E relay)를 사용한다. 또 결상을 검출하여 고압접촉기를 개방하거나, 고압한류퓨즈 용단에 의해 고압접촉기를 개방하는 스트라이크방식(striker method)을 쓴다.

(2) 고압차단기+보호계전기방식

이 방식은 단락, 지락, 과전류를 보호계전기로 검출하고 고압차단기를 개방하여 전동기를 보호한다. 결상보호로서는 정지형계전기(2E relay)로 결상을 검출하여 고압차단기를 개방한다.

과부하·단락보호를 하는 경우에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- ① 전동기의 허용과부하특성과 과부하보호용 계전기의 동작특성과의 협조가 될 수 있을 것.
- ② 전동기의 기동전류에 의해 과전류계전기 또는 한류퓨즈가 불필요한 동작을 하지 않을 것.
- ③ 전동기보호용 계전기와 상위측 과전류계전기와와의 보호협조가 될 수 있을 것.

저전압 및 정전시 소손보호에는 부족전압계전기에 의해 고압접촉기 또는 고압차단기를 개방한다.

복전시의 사고방지로서는 정전시에 부족전압계전기로 고압접촉기 또는 고압차단기를 개방한다. 배수펌프 자동운전으로 정전시에 고압접촉기 또는 고압차단기를 개방하지 않는 경우가 있지만, 이 때에는 복전시에 펌프기동장치의 기동위치로 복귀 및 펌프의 동시 기동방지가 필요하다.

2.에 대하여 ; 권선형 유도전동기의 기동저항기 및 슬립링 단락장치가 기동위치에 있지 않을 때, 대전류가 흘러서 전동기를 파손하지 않도록 인터로크장치를 설치한다. 농형유도전동기에서 기동장치를 필요로 하는 것에도 그것이 기동위치에 없을 때에는 기동할 수 없도록 인터로크를 걸어둔다.

8.5 밸브

8.5.1 총칙

상수도용 밸브는 물의 흐름을 차단하거나 제어하고 수압을 조정하는 등 상수도시설을 효과적이고 또한 안전하게 운영하는 데에 있어서 중요한 역할을 하고 있다. 상수도용 밸브의 요구되는 주요기능은 다음과 같다.

- ① 유량·수압·수위의 제어.
- ② 관로의 통수 또는 차단
- ③ 압력관로(pressure pipe)에서 침사지, 배수지 등으로 방류할 때 물 흐름을 감세(에너지 분산)하거나 유량제어
- ④ 관로 내 수류의 역류방지
- ⑤ 배수관로 등의 감압.

등이다.

밸브를 선정할 때에는 용도와 역할을 충분히 고려한 다음 수로나 관로의 수리특성에 적합한 기능을 갖는 밸브를 선정해야 한다. 또한 장기간에 걸쳐 기능을 유지하기 위하여 유지관리가 가능한 장소에 설치해야 하며 설치조건, 밸브의 구조 및 재질 등에 유의해야 한다.

또 밸브의 재질이나 도장에 대해서는 강도나 내식성 외에 수질에 영향을 주지 않는 것을 선정하는 것이 중요하다. 특히 정수 처리된 다음의 정수에 접촉할 가능성이 있는 밸브에 대해서는 수질에 적합한 것을 사용해야 한다.

그 밖의 밸브에 대해서는 표준품, 범용품의 시방을 충분히 조사하고 실적 등도 고려하여 선정한다.

일반적인 상수도용 밸브에는 KS, KWWA 등의 규격이 있다.

8.5.2 밸브의 용도와 종류

밸브는 제어용, 차단용, 방류용, 역류방지용, 감압용 등 그 용도에 따라 지수성, 조작성, 제어성, 내구성 등의 특성을 검토하여 선정해야 한다.

【해설】

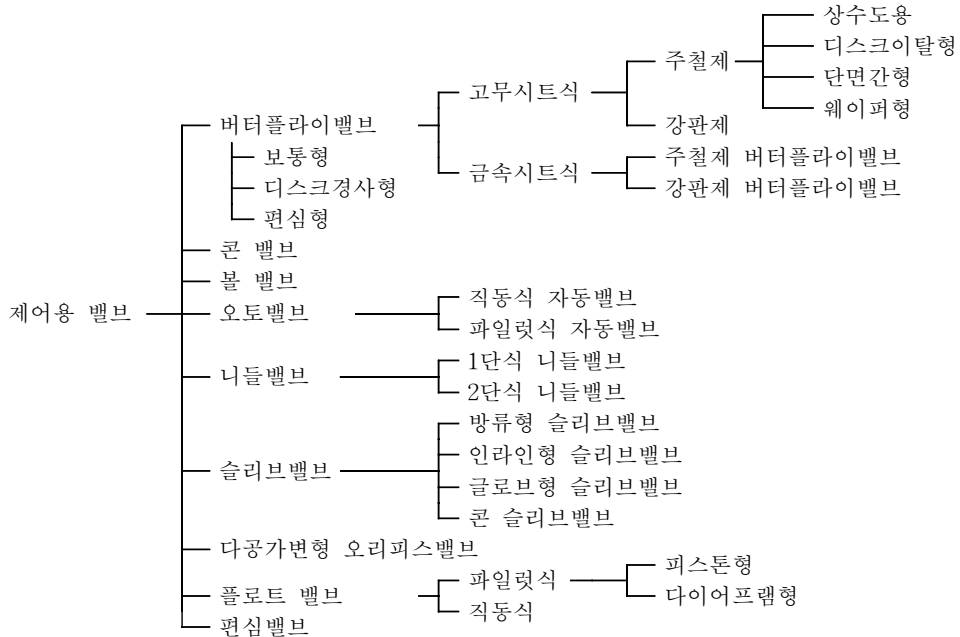
밸브는 용도에 따라 그 종류가 다방면에 걸치고 있다. 수도시설에서 사용하는 밸브의 특징은 다음과 같다.

1) 제어용 밸브

제어용 밸브는 그 사용목적에 따라 유량제어, 압력제어, 수위제어로 나누어지지만, 구조가 간단하고 경량이며 개폐토크가 작고, 유량특성도 비교적 양호한 상수도용 버터플라이밸브가 널리 사용되고 있다.

제어에 사용되는 밸브는 <표-8.5.1>에 보인 바와 같다.

<표-8.5.1> 제어용 밸브의 종류



(1) 유량제어용 밸브

배수지나 조정지 등에서의 유출입량, 펌프의 토출량, 관로 중의 유량 제어 등에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등이 적합하다. 또한 특히 작은 개도에서의 제어로 캐비테이션의 발생이 예상되는 경우에는 슬리브밸브, 다공가변형 오리피스밸브 등 캐비테이션 특성이 뛰어난 밸브를 사용하는 것이 바람직하다.

<그림-8.5.1>~<그림-8.5.3>에 유량제어용으로 자주 사용되는 수도용 버터플라이밸브, 콘밸브, 다공가변형 오리피스밸브의 구조를 나타내었다.

(2) 압력제어용 밸브

압력제어용 밸브는 제어범위와 밸브 형식에 따라 다음과 같이 사용하는 것이 구분된다.

관로의 압력이 저압이고 감압량이 작은 경우에는 버터플라이밸브, 오토밸브 등을 사용하고 중고압으로 감압량이 중간 정도인 경우에는 콘밸브, 볼밸브, 오토밸브가, 중고압으로 감압량이 큰 경우에는 슬리브밸브, 니들밸브 등이 적합하다.

(3) 수위제어용 밸브

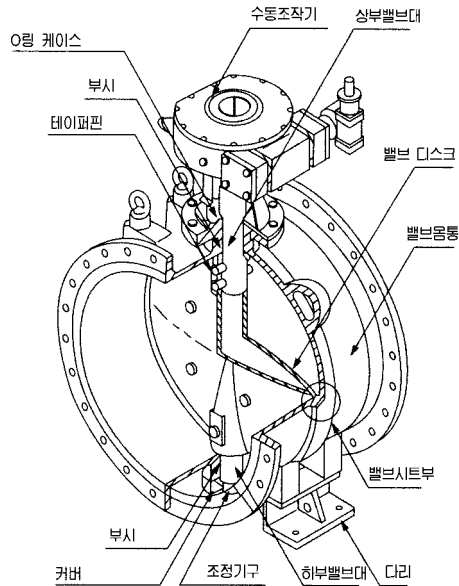
조정지, 배수지 등의 수위제어용 밸브에는 무동력식의 플로트밸브, 오토밸브가 있으며 전동식에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 슬리브밸브, 니들밸브 등이 일반적으로 사용된다.

2) 차단용 밸브

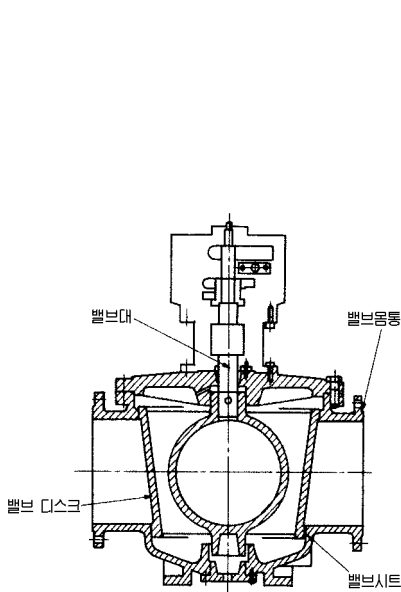
차단용으로 사용되는 밸브는 <표-8.5.2>에 나타난 바와 같다.

차단용으로는 개폐빈도가 적고 지수가 장기간 유지될 필요가 있을 경우에는 제수밸브(sluiice valve)를 사용하며 사용빈도가 많고 밸브시트의 내구성이 요구되는 경우에는 금속제 밸브시트 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브가 사용된다. 또한 개수로 등에는 수문이나 나팔형 원형

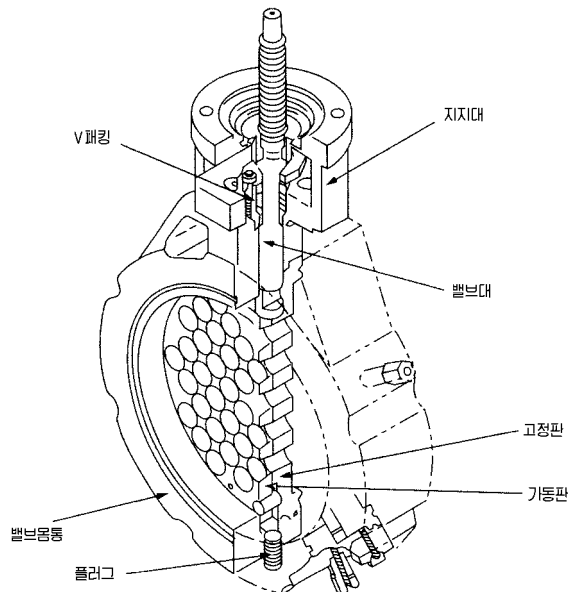
수문을 사용하는 것이 좋다. 고압의 물, 공기, 증기, 기름 등을 취급하는 기계설비의 차단용으로는 글로브밸브가 사용된다. 이 밖에 지진이나 재해시 등으로 관로에 이상이 생길 우려가 있는 곳에는 배수지 등에서 유출방지 또는 2차재해방지용으로 특별한 구동장치를 갖는 긴급차단용 밸브가 사용된다. 8.5.5 밸브의 구동장치(P)를 참조한다.



<그림-8.5.1> 수도용 버터플라이밸브(예)

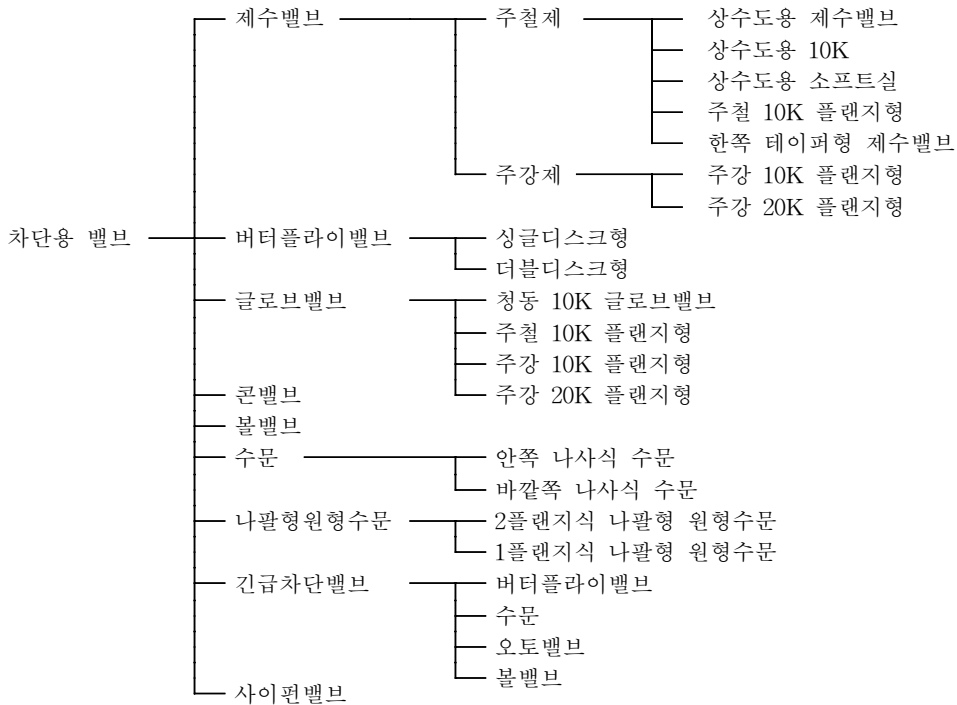


<그림-8.5.2> 콘밸브(예)



<그림-8.5.3> 다공가변 오리피스밸브(예)

<표-8.5.2> 차단용 밸브의 종류



3) 방류용 밸브

방류용 밸브는 댐에서 방류하거나 압력관로에서 침사지, 착수정 등 자유수면에 방류할 때의 감압이나 유량제어용으로 사용된다.

이 밸브는 높은 수두, 빠른 유속조건에서 장시간 연속적으로 방류하는 것이 많으므로 비교적 대용량의 것이 요구된다. 또한 유량을 제어할 때 작은 개도상태로 장시간 방류할 경우도 많으므로, 캐비테이션 특성이 뛰어나고 소음·진동이 적은 고정형 콘밸브, 홀로제트밸브(hollow jet valve), 슬리브밸브가 사용된다.

방류용 밸브의 설치방식에 따라 공중 방류, 감세조 내 방류(수중 및 반수중), 터널 내 방류 등이 있으나, 방류시의 감세에너지가 크면 소음·진동이 생겨서 때로는 구조물이나 설비 등이 손상될 수도 있으므로 주의해야 한다.

4) 역류방지용 밸브

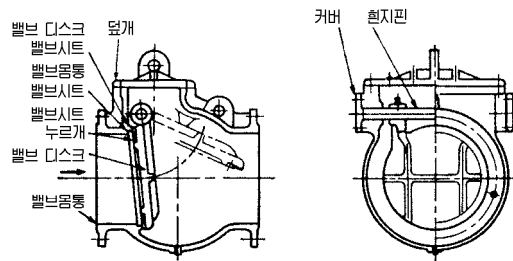
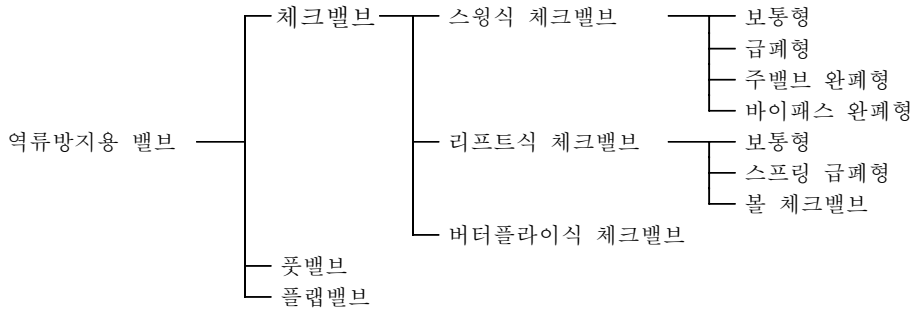
역류방지용 밸브는, 다른 밸브가 전부 전동, 공기압의 동력 또는 수동조작 등에 의해 개폐되는 반면, 정·역류의 유체력에 의해서 개폐되고 설치후에 운전자가 임의로 조작하기 어려운 큰 상위점이 있다. 역류방지용 밸브의 종류는 <표-8.5.3>와 같다.

(1) 체크밸브

펌프나 조압수조(surge tank)의 역류방지용 밸브로는 밸브디스크가 힌지(hinge)로 부착되어 지지되고 그 축 주위를 자유롭게 회전하여 개폐 작동하는 스윙(swing)식 체크밸브가 사용되며 보통형, 급폐형, 완폐형이 있다. 저양정으로 역류개시시간이 늦은 펌프 토출 측에는 보통형 스윙 체크밸브를 설치한다. 폐쇄시간을 줄이고 더욱 완전한 수밀상태를 유지하기 위하여 외부에서 관

통시킨 축 끝단에 암(arm)과 중추(重錘, counter weight)를 붙인 것과 밸브디스크의 두께를 증가시켜 중추 역할을 하도록 한 밸브가 있다(<그림-8.5.4> 참조).

<표-8.5.3> 역류방지용 밸브의 종류



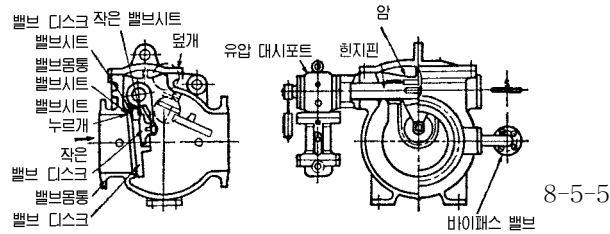
<그림-8.5.4> 스윙 체크밸브(예)

펌프·모터의 관성효과가 작고 어느 정도의 실양정은 있으나 관로길이가 짧아서 펌프 정지시점에서 역류개시까지 걸리는 시간이 대단히 짧은 경우(0.2~0.5초)에는 스프링에 의한 급폐형 스윙체크밸브를 사용한다.

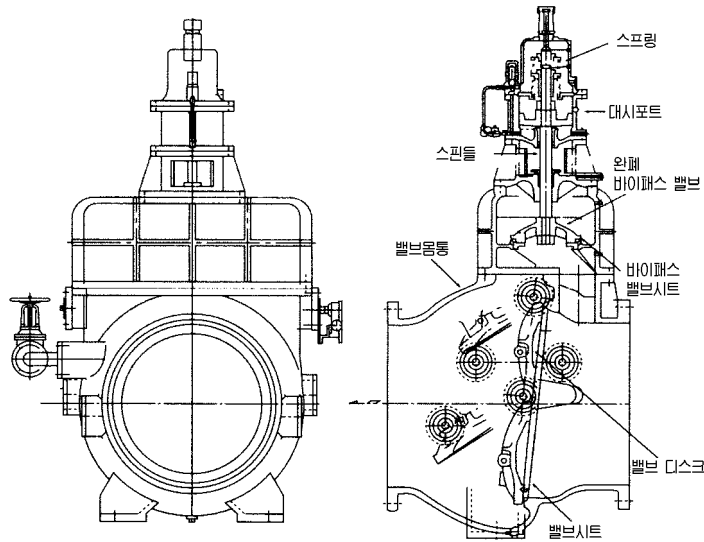
완폐형 스윙체크밸브는 펌프가 정전 등의 사고로 정지되었을 때 압력상승을 완화시켜주기 위하여 전폐되는 동안의 폐쇄속도를 매우 느리게 한 것으로 주밸브완폐형과 바이패스완폐형이 있다. 실양정이 낮은 펌프 토출 측에는 주밸브완폐형 체크밸브를 사용한다. 이 밸브는 <그림-8.5.5>에 나타난 바와 같이 외부에서 관통시킨 디스크의 축에 암과 대시포트(dashpot)가 부착된 것이다. 이 밸브는 밸브몸체 내부에서 돌출된 대시포트에 디스크를 완폐시키는 방식으로 역류가 충돌한 후 나머지 10% 정도의 개도를 완폐시키는 방식과 같이 대시포트를 이용한 여러 가지 구조가 있다. 이 밖에도 디스크를 2개 이상으로 분할 설치하여 그 중 1개의 디스크는 천천히 닫히도록 한 밸브도 있다. 어떤 형식이든 대시포트의 기능을 제대로 발휘시키기 위해서는 실양정 10m 이상이 필요하고 또한 대구경에서 실양정은 대시포트의 능력보다 20m 이하로 할 필요가 있다. 또한 비교적 실양정이 높을 경우에는 바이패스완폐형 스윙체크밸브가 사용된다. 단, 이 경우 실양정은 10 m이상이 필요하다. 이 밸브는 보통형 체크밸브에 완폐밸브를 내장한 바이패스관이 부착된 것으로 구조가 복잡하다. 완폐밸브는 <그림-8.5.6>과 같이 유압식 대시포트에 연결되고 항상 디스크가 열리도록 스프링으로 들어올려져 있다. 일단 주유로(主流路)에서 역류가 시작되어 주밸브가 닫히면 빠져나갈 길을 상실한 압력수는 측(by-pass)관을 세차게 잘 통과

한다. 이 흐름은 완폐밸브에 닫히는 힘을 주게 되나 대시포트에 의해 완만한 폐쇄가 확보되어 급격한 압력상승 및 슬래밍(slamming; 급폐쇄에 의한 충격음)의 발생을 방지한다.

비교적 소구경의 배관에서는 디스크가 시트면에 대하여 수직으로 상하 운동하는 리프트 체크 밸브를 사용한다. 여기에는 디스크 자중만으로 닫히는 보통형과 스프링에 의해 자폐력(自閉力)을 증가시킨 스프링 급폐형이 있다.



<그림-8.5.5> 완폐형 스윙체크밸브(예)



<그림-8.5.6> 바이패스 완폐형 스윙체크밸브(예)

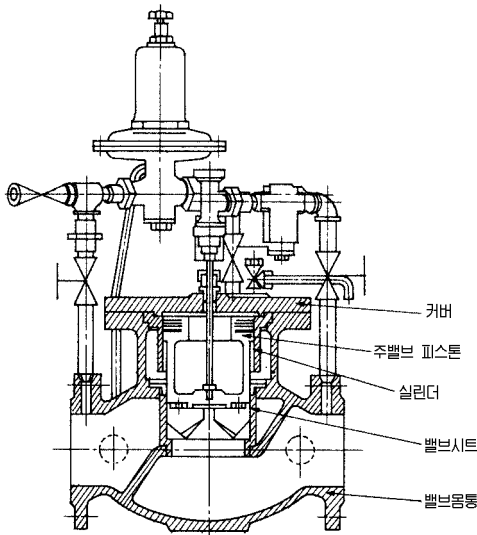
(2) 풋밸브(foot valve)

풋밸브는 펌프설비의 흡입측 수직배관 끝에 설치하여 펌프정지시 흡입관로의 만수상태를 유지시키기 위하여 사용된다. 다만 토출측에도 체크밸브(완폐형은 제외)를 병용하여 설치한다.

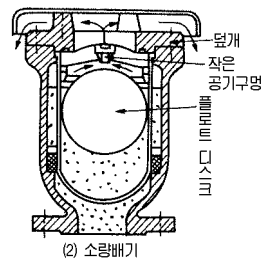
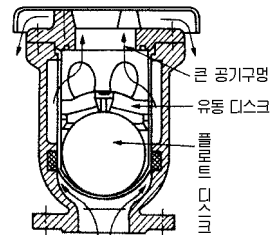
5) 감압용 밸브

감압용 밸브로 사용되는 밸브에는 버터플라이밸브, 콘밸브, 볼밸브 등이 있으나 구동용 전원 또는 제어장치가 필요하기 때문에 배수관로에서는 오토밸브를 사용한다. 오토밸브는 관로 내 압력에 의해 자동적으로 작동되므로 전원이 없어도 사용할 수 있는 것이 특징이다. 전원 사용이 가능한 곳에서는 전자밸브와 타이머를 조합하여 주야간 2차측 압력을 변경시키는 방법으로써

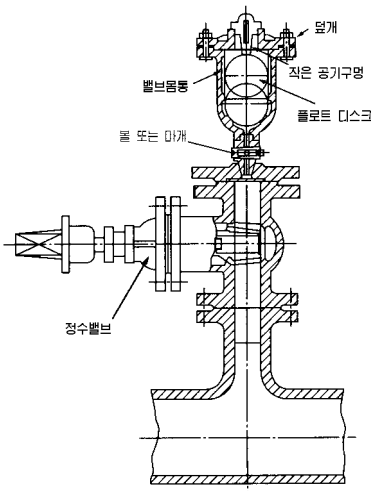
감압하는 경우도 있다. 이 밖에 다공가변(多孔可變)형 오리피스밸브를 마이크로컴퓨터에 의한 제어장치와 조합하여 감압용으로 사용하는 경우도 있다. 이 경우에는 전원이 필요하게 되며 제어장치가 마이크로컴퓨터이기 때문에 여러 가지 제어방식이 간단하게 얻어지는 특징이 있다. <그림-8.5.7>은 일반적으로 사용되는 오토밸브의 구조도면이다.



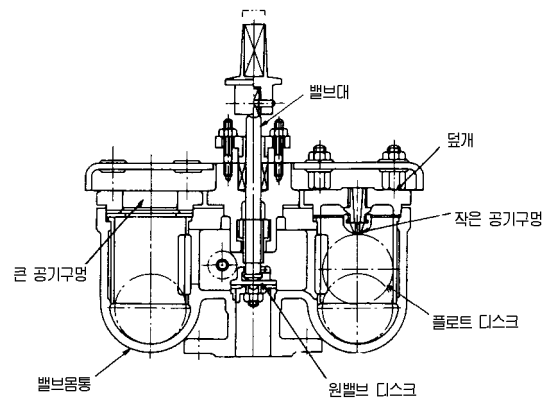
<그림-8.5.7> 오토밸브의 구조(예)



<그림-8.5.8> 수도용 급속공기밸브(예)



<그림-8.5.9> 수도용 단구공기밸브(예)



<그림-8.5.10> 수도용 쌍구공기밸브(예)

6) 관로보호용 밸브(공기 밸브)

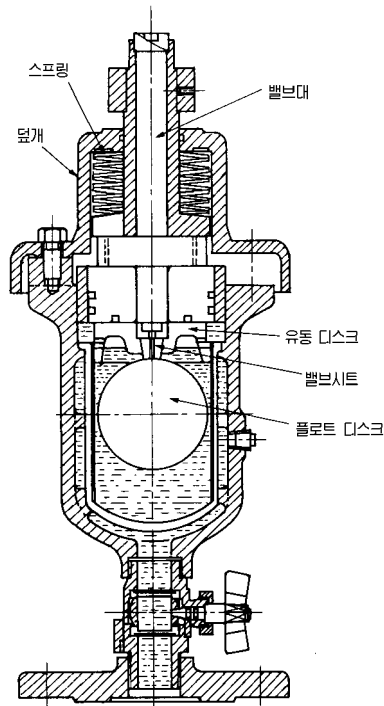
관로 내의 배기와 흡기를 위한 상수도용 공기밸브는 다음과 같이 분류된다.

(1) 부력에 의하여 플로트디스크가 작동하고 다량급속배기, 다량급속흡기 및 압력하(壓力下)

에서 배기^{주)}를 하는 급속공기밸브

(2) 플로트디스크에 의하여 개폐되며 배기, 흡기 및 압력하에서 배기되는 단구형 공기밸브

(3) 플로트디스크에 의하여 개폐되며 다량배기, 다량흡기 및 압력하에서 배기작용을 하는 쌍구형 공기밸브 등이 있다. 상수도용 공기밸브의 구조는 <그림-8.5.8>~<그림-8.5.11>에 나타내었다.



<그림-8.5.11> 동결파손방지용 급속공기밸브(예)

주) 「압력하에서 배기」는 급수 중에 관의 상부에 모여 있는 공기가 작은 공기구멍을 통하여 자동적으로 배기되는 것을 말한다. 또한 한냉지 용으로 동파방지용 공기밸브가 있는데 이 밸브는 급속공기밸브의 뚜껑 내부에 피스톤과 스프링에 의한 동파방지장치를 부가한 것이다. 동결에 의한 물의 체적증가를 흡수하고 밸브몸통 및 내부부품의 파손을 방지하는 구조이다.

7) 슬러지배출용 밸브, 약품주입용 밸브

(1) 슬러지배출용 밸브는 약품침전지, 배출수처리설비 등에서 슬러지를 대상으로 제어 및 차단용으로 사용하기 때문에 전개시 흐름의 형상이 유체에 저항이 적은 형상의 다이어프램밸브, 편심밸브, 핀치(pin)밸브 등이 사용된다.

(2) 약품주입용 밸브는 취급하는 약품에 가장 알맞은 내식성 재료의 밸브를 사용해야 한다. 차단용으로는 다이어프램밸브, 핀치밸브, 볼밸브가, 역류방지용으로는 볼체크밸브가 있다. 유량제어 밸브에는 내식성 재료의 밸브를 쓰는 것은 물론, 용량계수, 구경, 구조 등이 적절한 것을 사용해야 한다.

차아염소산나트륨 생성설비 및 주입설비에는 PVC제 볼밸브, PVC제 또는 4불화에틸렌수지계

라이닝다이아프램밸브(4불화수지계 다이아프램)가 사용된다.

차아염소산나트륨은 염소, 가성소다와 마찬가지로 부식성을 가지고 있으며 배관 속에서 가스를 발생하기 때문에 접액부의 재료와 형상에 대해서는 특히 주의해야 한다.

액화염소는 「고압가스안전관리법」의 규제가 있으며 액화염소의 설비기기에 쓰이는 밸브는 염소용으로 제작된 승인품을 사용해야 한다.

또 염소수 주입관에 부착되는 밸브류는 PVC제 또는 고무라이닝 다이아프램밸브를 사용하는 것이 일반적이다.

활성탄 슬러리용의 밸브는 내부에 활성탄이 침전되기 어렵게 하고 차단성이 손상되지 않는 구조로 할 필요가 있다. 다이아프램밸브(straight type), 편치밸브 등이 사용된다.

오존발생장치에는 스테인리스제 밸브가 사용되지만, 오존은 산화력이 강한 기체이기 때문에 특히 글랜드(gland)부의 재질과 형상 등은 잘 산화되지 않는 것으로 한다.

8.5.3 밸브의 선정

밸브의 선정은 다음 각 항에 의한다.

1. 설비목적에 적합한 것으로 수리조건과 사용조건이 만족되는 기본특성을 갖는 것을 선정한다.
2. 제어용 밸브는 제어유량, 한계유속, 용량계수 등을 검토하여 원활한 제어가 가능한 것을 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 밸브는 각각 고유의 특성을 갖고 있다. 밸브 본래의 성능을 제대로 발휘시키기 위해서는 차단, 제어 등 각각의 용도에 따라 구해진 수리조건과 사용조건을 조사한 후 이러한 조건이 만족되는 손실계수, 용량계수, 유량특성 등 밸브의 기본특성을 갖는 것을 선정해야 한다. 즉 상수도시설의 전체배치, 시설간의 수위관계 등을 충분히 조사하고 필요에 따라서는 현지조사를 실시하여 용도에 적합한 형식의 밸브를 적정한 위치에 설치할 수 있도록 선정해야 한다. 또한 설치공사, 동력원 확보의 용이성, 유지관리의 난이도 등에 대해서도 검토해야 한다.

각 밸브에 공통된 중요한 검토사항을 열거하면 다음과 같다.

- ① 유량, 압력
- ② 관로의 수리조건에 대한 적응성
- ③ 설치장소 및 환경조건에 대한 적응성
- ④ 캐비테이션
- ⑤ 수격작용
- ⑥ 구동방식 및 구동장치
- ⑦ 경제성 비교

밸브를 선정할 때에는 각 용도에 따라 이와 같은 사항의 검토가 필요하다. 특히 유량조절기능이 요구되는 제어용 밸브, 방류용 밸브, 감압용 밸브에 대해서는 여러 가지 조건이 구비되어야 하므로 밸브의 기본특성을 충분히 이해한 다음 선정해야 한다.

[참고-8.5.1] 밸브의 기본특성

1) 밸브의 손실계수

밸브를 통과하는 물은 밸브에 의해 저항을 받아 압력이 저하된다. 이 압력저하는 밸브의 형상과 개도 그리고 유속에 따라 변하며 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$\Delta H = H_1 - H_2$$

여기서,

ΔH : 밸브에 의한 손실수두(m)

H_1 : 밸브입구 측의 압력수두(m)

H_2 : 밸브출구 측의 압력수두(m)

또한 밸브에 의한 손실수두 ΔH 는 유속(속도수두)의 함수로서 다음 식으로 계산된다.

$$\Delta H = \zeta \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (8.9)$$

여기서,

v : 관내 평균유속(m/s)

g : 중력가속도(9.8 m/s²)

로 표시할 수 있다.

ζ 는 밸브의 손실계수라고 정의되며, 밸브의 형식, 구경 및 개도에 따라 변하고, 실험에 의해 구해진다. <참고도-8.5.1>은 실험결과의 한 예를 나타내었다.

밸브의 손실계수는 밸브의 수리특성을 나타내는 가장 기본적인 계수이며, 이를 이용하면 밸브에 의한 압력손실은 식(8.9)에 의해 간단히 구해진다. 이 밖에 압력과 유량의 관계 및 캐비테이션의 발생 유무를 검토하는데도 이용된다.

2) 밸브의 용량계수

제어용 밸브의 구경 선정에 사용되는 계수로서 밸브의 용량계수가 있다. <참고도-8.5.2>에 나타낸 바와 같이 관로의 단면적을 A , 관내 평균유속을 v 라 하면,

$$Q = A \cdot v \dots\dots\dots (8.10)$$

또한 밸브의 압력손실은

$$\frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

또는

$$\Delta p = \zeta \frac{\rho v^2}{2} \dots\dots\dots (8.11)$$

여기서,

Δp : 밸브의 압력손실(P_a)

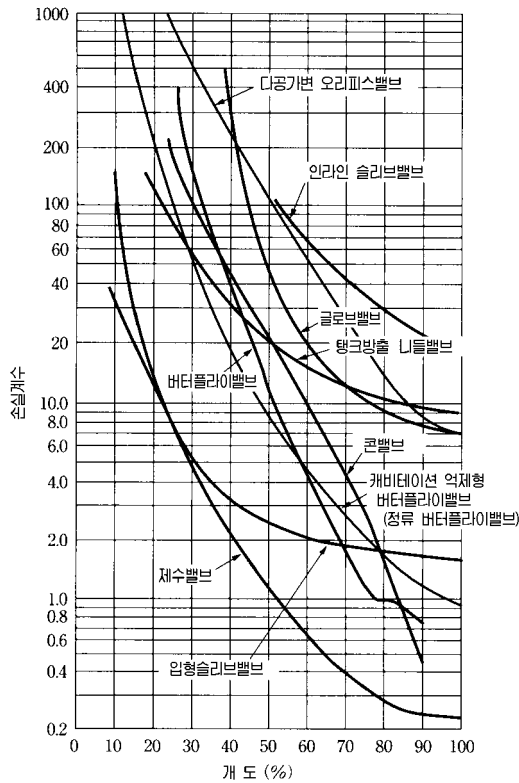
ζ : 밸브의 손실계수

ρ : 물의 밀도(kg/m³)

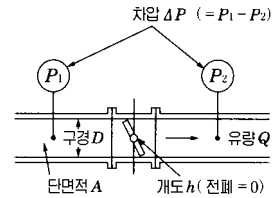
식 (8.9)와 식 (8.10)에서

$$Q = A \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta p}{\zeta \cdot \rho}}$$

$$C = A \sqrt{\frac{2g}{\zeta}} \text{로 두면}$$



<참고도-8.5.1> 각종 밸브의 손실계수



<참고도-8.5.2> 용량계수의 관련기호

$$Q = C \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}}$$

밸브의 유량과 압력손실과의 관계는

$$C = Q \sqrt{\frac{\rho}{\Delta p}} \dots\dots\dots (8.12)$$

로 되며, C를 넓은 의미의 용량계수(또는 유량계수)라고 할 수 있다. 식(8.12)에서 Q를 US gal/min, Δp 를 lbf/in²로 표시할 때의 C값을 C_v 값이라고 하며 SI 단위계로는 아래의 식을 사용한다.

$$C_v = 0.365 Q \sqrt{\frac{1}{\Delta p}} \dots\dots\dots (8.13)$$

여기서,

Q : 밸브 내를 통과하는 유량(m³/h)

Δp : 밸브 전후의 압력차(MPa)

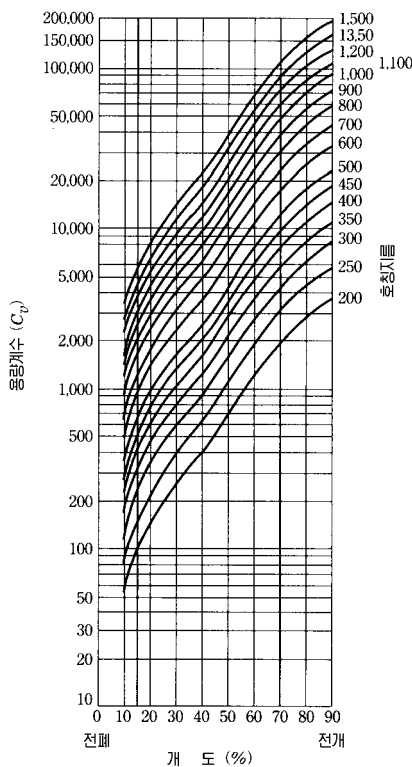
위식에서 알 수 있는 바와 같이 용량계수 C_v 값이 정해지면, 밸브 전후의 차압(差壓)만으로도 밸브를 통과하는 유량을 계산할 수 있으므로 제어용 밸브의 특성검토에 편리하다.

예를 들면, 유량조절을 주목적으로 하는 밸브로서 적당한 구경과 조절범위를 정하는 경우, 최대유량 및 최소유량에 대한 밸브 상·하류의 관로손실을 계산하여 Δp_{min} , Δp_{max} 을 산출하고 위식에 의해 밸브에 요구되는 C_{vmax} 및 C_{vmin} 을 계산한다. 이 값으로부터 <참고도-8.5.3>에 나타난 '밸브개도- C_v

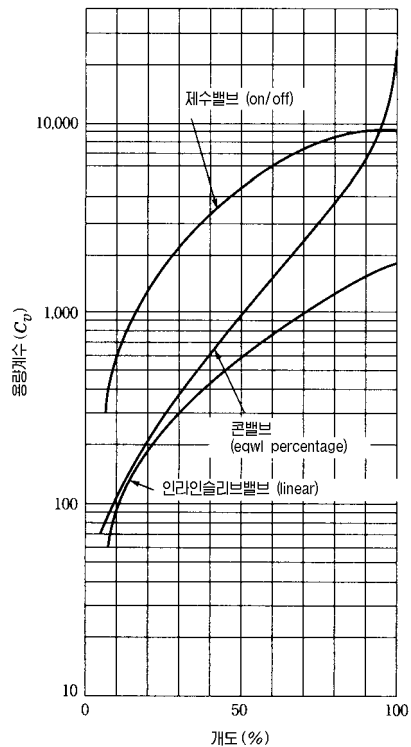
그래프'를 이용하여 적당한 구경을 선정할 수 있다. C_v 값은 본래 실측으로 구하지만 손실계수가 명확하면 계산으로도 구할 수 있다. 밸브의 용량계수 C_v 와 손실계수 ζ 의 관계를 <참고표-8.5.1>에 나타내었다. 용량계수에는 C_v 값 외에도 A_v 값, K_v 값이 있는데 C_v 값은 현재 국제적으로 널리 통용되고 있으며 A_v 값, K_v 값을 C_v 값으로 환산할 수 있다.

<참고표-8.5.1> C_v 와 ζ 의 관계식

관의 직경	C_v 와 ζ 의 관계식	
D 의 단위	$(C_v \longleftrightarrow \zeta)$	$(\zeta \longleftrightarrow C_v)$
m	$\zeta = 2.138 \times 10^9 \frac{D^4}{C_v^2}$	$C_v = 46,240 \frac{D^2}{\sqrt{\zeta}}$
mm	$\zeta = 2.138 \times 10^{-3} \frac{D^4}{C_v^2}$	$C_v = 46,240 \times 10^{-6} \frac{D^2}{\sqrt{\zeta}}$



<참고도-8.5.3> 버터플라이밸브의 용량계수



<참고도-8.5.4> 개도와 용량계수 C_v 의 관계

3) 밸브의 유량특성

밸브의 개도와 유량과의 관계를 표시한 것을 밸브의 유량특성이라 하며 2가지 방법으로 나타낸다. 첫째는 밸브 상·하류의 압력차를 일정하게 유지한 상태로 개도와 유량과의 관계를 나타낸 고유유량 특성이며, 둘째는 관로의 영향(관로손실, 유량 등)을 고려한 경우의 유효유량특성이다.

(1) 고유유량특성

고유유량특성은 밸브의 구조에 따라 개도와 유량과의 관계가 등간격눈금 도표상에서 직선으로 되는 리니어(linear)형과 편대수눈금의 도표상에서 직선으로 되는 이퀄퍼센테이지(equal percentage)형 그리고 리니어형으로부터 상방향곡선이 되는 기동-정지(on-off)형이 있다. 이러한 개도와 용량계수 C_v 의 관계를 <참고도-8.5.4>에 나타내었다. 이 그림은 구경 300mm의 제수밸브, 인라인슬리브밸브, 콘밸브에 대한 특성도이다. 이 그림에서 종축을 유량 대신 용량계수 C_v 로 한 이유는 식(8.13)으로부터 알 수 있는 바와 같이 일정한 압력차에서 Q 와 C_v 는 비례하고 C_v 가 일반적으로 사용하기가 편리하기 때문이다.

① 리니어 특성 : 개도와 유량(또는 C_v 값)이 비례하는 특성이며 밸브의 개도역이 같다고 하더라도 적은 개도구역에서는 유량변화의 비율이 크고 큰 개도구역에서는 변화비율이 작게 된다. 이것에 가까운 특성을 갖는 밸브로는 인라인형 슬리브밸브가 있다.

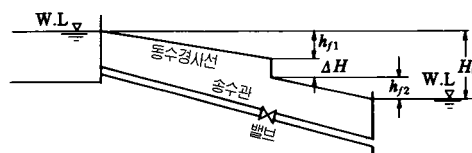
② 이퀄 퍼센테이지 특성 : 이 특성은 개도의 동일 증가분에 대하여 유량증가비율 즉 용량계수의 변화율이 같게 되며 적은 개도구역에서는 유량변화가 비교적 작고 큰 개도구역에서는 유량변화가 크다. 유량의 광범위한 제어에 적합하며 볼밸브, 콘밸브가 여기에 해당된다.

③ 온-오프 특성 : 이 특성은 전폐로부터 중간 개도부분까지는 개도의 변화량에 대하여 유량변화의 비율이 크지만, 그 이상의 개도부분에서는 유량변화비율이 작게 된다. 제수밸브와 같은 차단용 밸브가 여기에 해당된다.

(2) 유효유량특성

고유유량특성은 밸브의 각 개도에 있어서 전후의 압력차를 일정하게 유지하면서 얻은 것이다. 그러나 실제 관로에서는 관로손실수두가 존재하기 때문에 밸브의 개도가 같더라도, 그 밸브의 고유유량특성과 일치하지 않으므로 동일유량으로는 되지 않는다. 유효유량특성은 이러한 관로의 영향을 고려한 밸브의 유량특성이다. 즉 관로의 손실계수가 클수록 밸브 개폐에 의한 영향이 적어져서 유량제어가 어렵게 되고 반대로 관로손실계수가 작을수록 밸브개도의 영향이 커져서 유량을 제어하기가 용이하게 된다.

<참고도-8.5.5>와 같이 2개의 배수지 간을 밸브를 사이에 두고 구경 D 의 단일관로로 연결할 때 관로 전체의 손실수두는 다음 식과 같다.



<참고도-8.5.5> 송수관과 밸브의 관계

$$H_0 = h_{f1} + \Delta H + h_{f2}$$

여기서,

ΔH : 밸브의 손실수두(식(8.9) 참조)

h_{f1} : 밸브 상류 측 관로의 손실수두로서

$$h_{f1} = C_{p1} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

h_{f2} : 밸브 하류 측 관로의 손실수두로서

$$h_{p2} = C_{p2} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

C_{p1} , C_{p2} : 관로손실계수

<참고도-8.5.5>에서 밸브를 포함한 관로 전체의 손실수두는 수위 차 H_o 와 같으므로

$$H_o = (C_{p1} + \zeta + C_{p2}) \cdot \frac{v^2}{2g}$$

따라서

$$v = \sqrt{\frac{2g \cdot H_o}{\zeta + C_p}}$$

(단, $C_p = C_{p1} + C_{p2}$)

이 때의 유량 Q 는

$$Q = A \cdot v = A \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot H_o}{\zeta + C_p}}$$

만약 밸브가 완전 개방되었을 때의 손실계수를 $\zeta_{\min}$ 이라 하면, 이 때의 유량 $Q_{\max}$ 은

$$Q_{\max} = A \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot H_o}{\zeta_{\min} + C_p}}$$

이므로,

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = A \cdot \sqrt{\frac{\zeta_{\min} + C_p}{\zeta + C_p}}$$

로 된다.

이 식에 의해서 관로손실계수를 고려한 밸브의 유효유량 특성도를 그릴 수 있으며 버터플라이밸브의 예를 <참고도-8.5.6>에 나타내었다. 그림에서와 같이 $C_p = 0$ 일 때의 특성은 밸브 고유의 특성이 된다. 결국 관로손실계수 C_p 가 작은 관로에서는 밸브의 고유특성에 가깝게 되고 밸브 자체의 특성을 유지하는 것이 가능하지만, 관로가 길고 마찰손실이 크면 유량제어특성이 나빠지므로 미리 관로의 C_p 값을 검토할 필요가 있다.

<참고도-8.5.6>에서 $C_p=250$ 일 때 개도가 30° 가 되면 전개(全開)시의 90% 유량이 흐르게 되고, 그 이상 밸브를 열어도 유량증가는 10%를 넘지 못하게 된다. 버터플라이밸브의 경우에는 C_p 값이 64 이하의 범위에서 유량제어특성이 좋고 제어가 적합하다.

또한 이 그림의 별도 이용방법으로는 이미 설치된 밸브의 유효유량특성을 알면 유량변화가 적은 개도영역에서는 급속히 개폐조작을 하더라도 수격작용에 대한 염려가 적으므로 밸브의 긴급조작이 필요한 경우에 개폐시간을 단축할 수가 있다.

이와 같이 밸브의 수리특성은 제어용, 차단용 등 실제 밸브의 설치 또는 조작 등 실무면에서 중요한 역할을 한다.

4) 캐비테이션 계수

(1) 캐비테이션 계수

일반적으로 캐비테이션(cavitation) 발생의 유무를 나타내는 지표로서 캐비테이션 계수 σ 가 사용된

다. ㉑의 계산에는 실용상 다음 2가지 식이 이용된다.

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2} \dots\dots\dots(8.14)$$

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2 + \frac{v^2}{2g}} \dots\dots\dots(8.15)$$

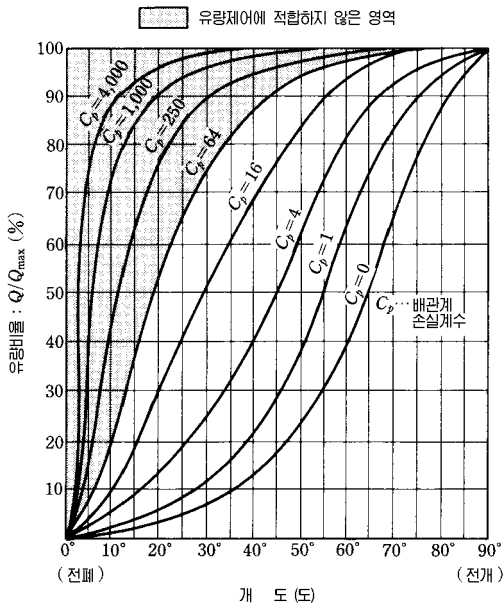
여기서,

H_1 : 밸브 상류측 압력수두(m)

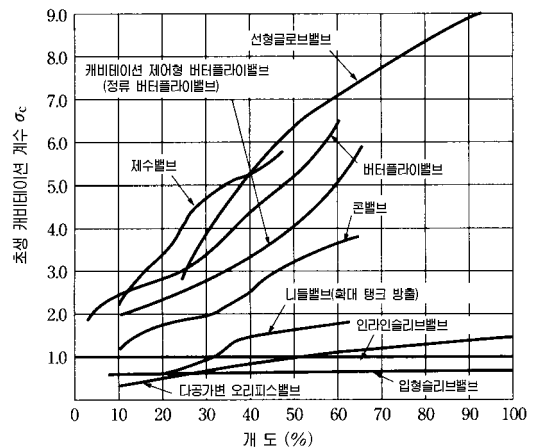
H_2 : 밸브 하류측 압력수두(m)

일반적으로는 식(8.14)를 사용하지만, 평균유속이 큰 경우 또는 밸브설치장소의 표고(標高)가 높은 경우에는 $\frac{v^2}{2g}$ 값이 ㉑값에 큰 영향을 미치므로 식(8.15)를 사용하는 것이 보다 안전하다.

이들 식으로부터 캐비테이션 계수가 작은 경우는 밸브 전후의 압력차가 크고 하류측 압력이 작음을 알 수 있다. 따라서 이와 같은 장소, 예를 들면, 송수관로의 말단에 있는 배수지의 유입밸브로 설치할 밸브는 캐비테이션에 대한 조건이 엄격해진다. 그러므로 관로조건을 알면 계획단계에서부터 미리 캐비테이션에 대한 조건을 검토할 수 있으며 적절한 고유의 캐비테이션 계수를 갖는 밸브를 선정할 수 있다.



<참고도-8.5.6> 버터플라이밸브의 유효유량특성



<참고도-8.5.7> 밸브개도 및 초생 캐비테이션계수

(2) 고유 캐비테이션 계수

밸브는 형식 차이에 의한 구조와 형상 등에 따라 각각 고유의 캐비테이션 현상을 나타낸다. 이 때문에 실험에 의해 구해지는 캐비테이션 계수는 밸브 고유의 캐비테이션 계수라 하고 일반적으로 ㉒로 표시하며 앞서 설명한 설치조건으로부터 계산으로 구한 계수 ㉑와는 구별하고 있다.

따라서 캐비테이션이 발생하지 않는 밸브를 선정하거나 설치하기 위해서는 다음과 같은 조건을 만

족시켜야 한다.

$$\sigma > \sigma_c \dots \dots \dots (8.16)$$

예를 들면, 밸브의 형식이 콘밸브이고 개도가 20%, 밸브의 상류 측 압력수두 H_1 이 20m, 밸브의 하류 측 압력수두 H_2 가 10m일 때 캐비테이션 계수 σ 를 구하면,

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2} = \frac{10 + 10}{20 - 10} = \frac{20}{10}$$

<참고도-8.5.7>에서 콘밸브의 개도가 20%일 때 캐비테이션 계수 σ_c 는 1.8이고 위의 조건에 의한 캐비테이션 계수 σ 는 2.0이다. 그러므로 $\sigma > \sigma_c$ 가 되어 이 조건에서는 캐비테이션이 발생하지 않는다. 이와 같이 밸브에 의한 캐비테이션 발생을 방지하기 위해서는 고유의 캐비테이션 계수 σ_c 가 작은 밸브를 선정하거나 밸브의 설치위치를 변경할 수가 있다면 σ 값을 크게 하기 위해 상류 측으로 설치장소를 이동시키는 방법을 취한다. 일반적으로 전자의 방법을 취하는 것이 많다.

이 σ_c 값은 캐비테이션의 초기상태의 값을 나타내지만, 이 밖에 유해한 캐비테이션 상태를 표시하는 실용치로서 σ_1 을 적용하는 것도 있으므로 제작사의 자료에 의해 확인해야 한다.

이 초기상태의 캐비테이션 단계에서는 큰 소음이나 진동 등이 발생하지 않으므로 괴식(壞食)에 대한 염려는 없다. 그러므로 σ_c 값으로 초기상태값을 사용하여 식(8.16)이 성립하면 캐비테이션은 전혀 발생하지 않지만, 밸브조작의 과도적 단계(전폐부근)로 단시간 내에 캐비테이션 상태가 종료되는 경우 등과 같이 사용상황에 따라서는 경제적으로 불합리할 때가 있다. 이런 경우에는 식(8.16)의 σ_c 대신에 실용치 σ_1 을 채용하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 제어용 밸브의 선정은 아래에 나타낸 순서에 의하지만 구체적인 순서는 <참고도-8.5.8>에 흐름도(flow chart)로 나타내었다.

- ① 밸브가 제어할 최대유량과 구경을 가정하고 유속을 구한다.
- ② 구해진 유속 값이 사용할 밸브의 한계최대유속(밸브에 따라 정해지는 값으로 버터플라이 밸브에서는 6 m/s) 이하인지를 확인한다.
- ③ 최대유량 및 최소유량시 밸브 상·하류의 각종 손실수두 및 최고와 최저압력을 산출한다.
- ④ 밸브에 요구되는 최대와 최소용량계수를 계산하고 밸브의 유량특성도로부터 최대개도와 최소개도를 읽어 이 개도가 제어 가능한 범위에 포함되는지를 확인한다.
- ⑤ 캐비테이션 발생 유무를 검토한다.
- ⑥ 상기 계산과정에서 ②, ④, ⑤의 조건이 만족되지 않을 경우에는, 밸브의 구경 또는 종류를 변경하고 계산을 다시 수행하여 상기 조건이 만족되는 밸브의 종류와 구경을 선정한다.

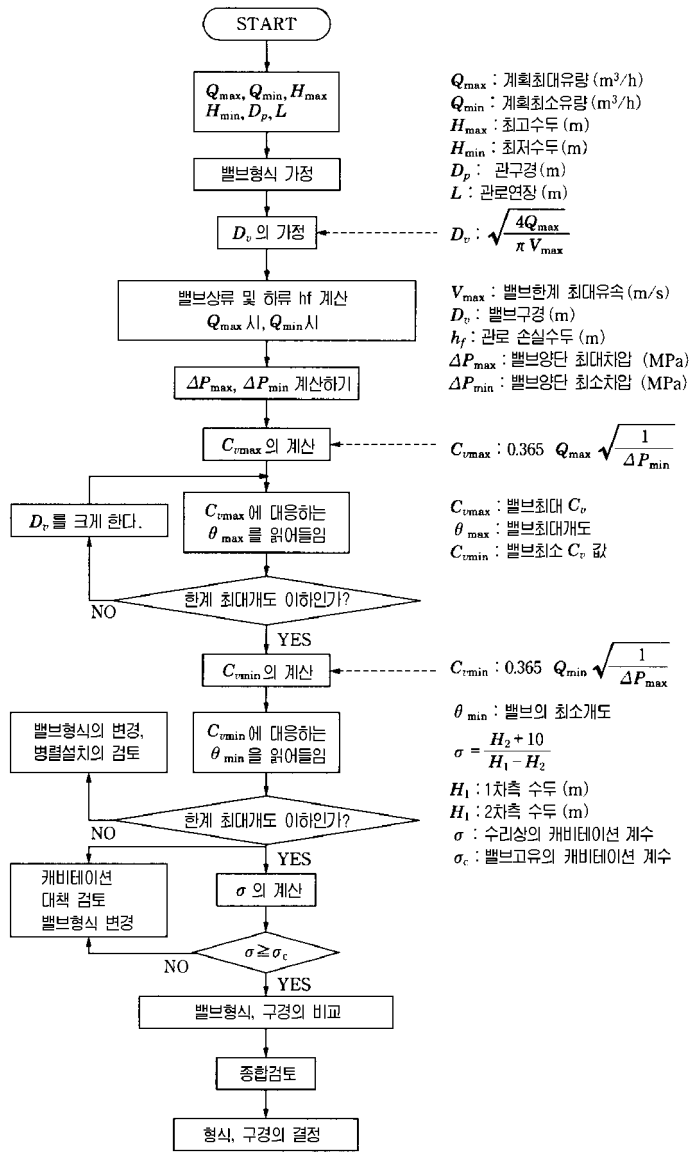
[참고-8.5.2] 제어용 밸브의 선정 예(<참고도-8.5.9>)

1) 관로 조건

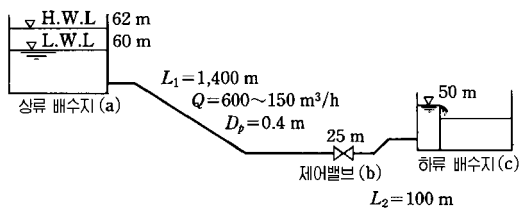
계획최대유량 $Q_{\max}=600 \text{ m}^3/\text{h}(0.167 \text{ m}^3/\text{s})$
 계획최소유량 $Q_{\min}=150 \text{ m}^3/\text{h}(0.0417 \text{ m}^3/\text{s})$
 관로 길이 $L=1,500 \text{ m}$
 관 구경 $D_p=0.4 \text{ m}$

2) 밸브 형식의 가정

버터플라이밸브를 사용하는 것으로 가정한다.



<참고도-8.5.8> 제어용 밸브의 선정 흐름도



<참고도-8.5.9> 수위 관계도

3) 밸브 구경의 가정

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{\frac{\pi}{4} \cdot D_v^2}$$

$$D_v = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\max}}{\pi \cdot V_{\max}}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.167}{\pi \times 6}} = 0.188 \text{ m} = 188 \text{ mm}$$

여기서,

D_v : 밸브 구경(m)

$V_{\max}$: 밸브의 한계최대유속(6 m/s)

$Q_{\max}$: 최대유량(0.167 m³/s)

가장 가까운 상위규격의 밸브는 구경 200 mm이나 관경과의 구경차가 크므로 250 mm로 가정한다. 위의 $V_{\max}$ 의 식에 의해 구경 250 mm일 때 최대유속을 계산하여 한계최대유속 이하인 것을 확인한다. 이 경우 3.402 m/s로 되며 한계최대유속 6 m/s 이하로 된다.

4) 밸브상류 및 하류의 관로손실수두 계산($Q_{\max}$, $Q_{\min}$ 일 때)

관로손실수두의 계산은 하젠-윌리엄스(Hagen-Williams)의 공식에 의한다. 유속 계수 $C=130$ 으로 하고 관로의 굴곡부와 유입부의 손실 등은 관로연장의 10%로 가정한다.

(1) a~b간의 손실수두 : h_{f1}

C : 유속 계수

I : 동수경사(h_f/L)

① $Q_{\max} = 600 \text{ m}^3/\text{h}(0.167 \text{ m}^3/\text{s})$ 일 때

$$\begin{aligned} I &= 10.666C^{-1.85} \cdot D_p^{-4.87} \cdot Q^{1.85} \\ &= 10.666 \times 130^{-1.85} \times 0.4^{-4.87} \times 0.167^{1.85} \\ &= 0.004142(4.142 \text{ ‰}) \end{aligned}$$

$$h_{f1\max} = 1,400 \times 1.1 \times 0.004142 = 6.379 \text{ m}$$

② $Q_{\min} = 150 \text{ m}^3/\text{h}(0.0417 \text{ m}^3/\text{s})$ 일 때

$$\begin{aligned} I &= 10.666 \times 130^{-1.85} \times 0.4^{-4.87} \times 0.0417^{1.85} \\ &= 0.000318(0.318 \text{ ‰}) \end{aligned}$$

$$h_{f1\min} = 1,400 \times 1.1 \times 0.000318 = 0.490 \text{ m}$$

(2) b~c간의 손실수두: h_{f2}

① $Q_{\max} = 600 \text{ m}^3/\text{h}(0.167 \text{ m}^3/\text{s})$ 일 때

$$h_{f2\max} = 100 \times 1.1 \times 0.004142 = 0.456 \text{ m}$$

② $Q_{\min} = 150 \text{ m}^3/\text{h}(0.0417 \text{ m}^3/\text{s})$ 일 때

$$h_{f2\min} = 100 \times 1.1 \times 0.000318 = 0.035 \text{ m}$$

5) 밸브에 작용하는 최대차압과 최소차압

(1) 최대차압 $\Delta h_{\max}$ 은 상류측 배수지가 고수위(HWL)이고 최소유량일 때 발생한다.

$$H_1 = \text{상류측 배수지 수위} - h_{f1\min} - \text{밸브설치표고}$$

$$H_2 = \text{하류측 배수지 수위} - h_{f2\min} + \text{밸브설치표고}$$

$$\Delta h = H_1 - H_2$$

$$\begin{aligned} \Delta h_{\max} &= (62 - 0.490 - 25) - (50 + 0.035 - 25) \\ &= 11.475 \text{ m} \quad (0.1125 \text{ MPa}) \end{aligned}$$

(2) 최소차압 $\Delta h_{\min}$ 은 상류측 배수지가 저수위(LWL)이고 최대유량일 때 발생한다.

$$\Delta h_{\min} = (60 - 6.379 - 25) - (50 + 0.456 - 25) \\ = 3.165 \text{m} \quad (0.031 \text{ MPa})$$

6) 최대 C_v 값 및 최소 C_v 값의 계산

$$(1) C_{v \max} = 0.365 Q_{\max} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Delta P_{\min}}} \\ = 0.365 \times 600 \times \sqrt{\frac{1}{0.031}} = 1,245$$

$$(2) C_{v \min} = 0.365 Q_{\min} \cdot \sqrt{\frac{1}{\Delta P_{\max}}} \\ = 0.365 \times 150 \times \sqrt{\frac{1}{0.1125}} = 163$$

<참고도-8.5.10>의 밸브개도와 C_v 값의 관계로부터 제어범위를 구한다. 최대와 최소의 C_v 값에 대응하는 개도는 $15 \sim 53^\circ$ 이고 이는 버터플라이밸브의 제어가능범위 $15 \sim 70^\circ$ 를 만족한다.

7) 캐비테이션의 검토

최대 차압시 캐비테이션 계수 σ ($Q_{\min}$ 일 때)

$$\sigma = \frac{H_2 + 10}{H_1 - H_2}$$

$$H_1 = 62 - 0.490 - 25 = 36.51 \text{ m}$$

$$H_2 = 50 + 0.035 - 25 = 25.04 \text{ m}$$

$$\sigma = \frac{25.04 + 10}{36.51 - 25.04} = 3.05$$

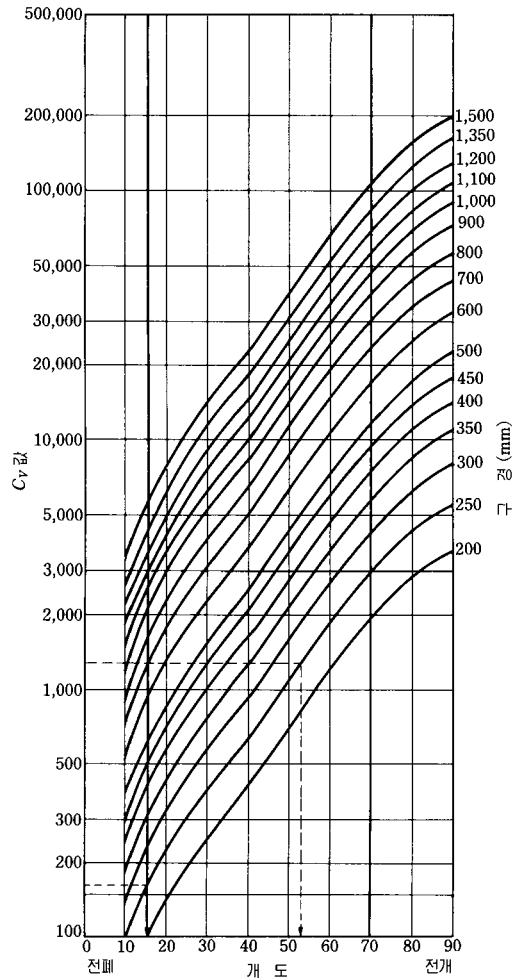
버터플라이밸브의 실용 캐비테이션 계수는 2.5이상이므로 이를 만족하고 있다. 유속 계수는 장기간 사용에 따라 저하되므로 $C = 110$ 에 대해서도 같은 방법으로 계산한다.

8) 판정

이상의 계산결과를 요약하면, <참고표-8.5.2>와 같다. 표로부터 구경 250mm의 버터플라이밸브를 채용하면, 배수관의 유속 계수가 경과년수 변화에 따라 떨어지더라도 제어범위에 있으므로 제어용 밸브로서 적당하다.

<참고표-8.5.2> 계산결과의 정리

밸브형식	구경 (mm)	최고유속 (m/s)	캐비테이션 계수 (# 최소치)	제어범위	검 토 사 항
버터플라이밸브 (고부시트식)	250	$Q_{\max}$ 에서 3.402	3.05	$C = 130$: $Q_{\max}$ 일 때 $C_{v\max} = 1,245$ 개도 : 53° $Q_{\min}$ 일 때 $C_{v\min} = 163$ 개도 : 15°	- 최고유속은 한계최대유속인 6m/s 보다 작다. - 버터플라이밸브 제어범위인 $15 \sim 70^\circ$ 이내에 있으므로 문제가 없다(<참고도-8.5.10>참조). - 실용 캐비테이션 계수($\sigma_1 = 2.5 \sim 3.0$)를 만족하고 있다.
			3.11	$C = 110$: $Q_{\max}$ 일 때 $C_{v\max} = 2,592$ 개도 : 67° $Q_{\min}$ 일 때 $C_{v\min} = 165$ 개도 : 16°	- 제어상 문제는 없다. - 캐비테이션 계수가 커서 문제는 없다.



<참고도-8.5.10> 밸브개도와 Cv값

8.5.4 밸브의 압력기준

밸브의 압력기준은 호칭압력으로 나타내며 이를 선정하기 위해서는 밸브의 사용압력(정수압), 최대허용압력 등을 고려해야 한다.

【해설】

1. 압력기준

상수도용 밸브에 적용하는 압력기준으로는 현재 2가지 방식이 있다. 하나는 예전부터 사용해오던 상수도계 특유의 압력기준으로서 호칭압력 4.5K, 7.5K로 적용하는 것과 또 하나는 호칭압력 10K 이상에 적용하는 것으로 KS B 1501(철강제 관 플랜지의 압력단계)이 준용되고 있다.

밸브의 호칭압력(nominal pressure)은 일반적으로 사용압력(working pressure)을 나타내는 수

치로서 과거에는 kg/cm^2 로 나타내었으나, 근래에는 국제단위(SI unit)의 도입에 따라 K를 기호로 사용하여 표시한다. 호칭압력은 관이나 밸브류를 동일한 압력으로 구분함으로써 하나의 관로에서 같은 장소에 똑같은 호칭압력의 관이나 밸브류를 사용하여 내압강도를 일치시키고자 하는데 그 의미가 있다.

상수도에서는 주철관에 적용되었던 압력기준이 다른 기자재의 압력기준으로도 폭넓게 사용되어 왔으며 상수도용 밸브 역시 그 예외는 아니다. 주철관은 정수압을 기준으로 저압관에서는 $0.44 \text{ MPa}(4.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$, 보통압관에서는 $0.74 \text{ MPa}(7.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 로 압력기준이 정해져 사용되고 있다. 이 정수두는 속도수두가 0일 때의 관내 압력을 의미하는 것이므로 최대정수두, 최고사용압력 등과 용어의 형태가 뒤바뀌어져 있지만 본질적으로는 통상의 사용압력을 의미한다. 또한 주철관의 압력기준에서는 사용압력, 호칭지름(nominal size) 등에 관계없이 수격압은 $0.54 \text{ MPa}(5.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 로 일정하다고 가정한 후 사용압력에 이 수격압을 더한 값을 최대허용압력(maximum permissible working pressure)으로 하여 관 두께를 계산한다.

최근에는 상수도시설이 대규모화되고 수원이 더욱 멀리 떨어지게 됨에 따라 관로의 고압화를 위해 $0.74 \text{ MPa}(7.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 가 넘는 압력기준이 필요하게 되었으며 이로 인해 KS B 1501이 새로운 압력기준으로서 채택되고 있다. 상수도에서는 이 기준 중 호칭압력 10K, 16K 및 20K를 적용하고 있다. KS B 1501에서는 유체의 상태나 온도가 광범위하게 변하는 경우 각각의 조건에 대해서 재료의 허용응력을 기초로 하여 최고사용압력을 결정하므로 동일한 호칭압력에 대응하는 수치가 일정하지 않을 수 있다. 이 규격의 120°C 이하에서 맥동이 없는 유체에 대응하는 최고사용압력을 상수도에서는 최대허용압력으로 표시하여 사용하고 있다.

이상 2가지 압력기준에 대해서 사용상 주의해야 할 사항을 정리하면 다음과 같다.

(1) 사용압력이 $0.74 \text{ MPa}(7.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 이하인 경우는 상수도계의 압력기준으로 적용하며 여기서 호칭압력 4.5K와 7.5K는 최대허용압력이 각각 $0.98 \text{ MPa}(10 \text{ kg}/\text{cm}^2)$, $1.27 \text{ MPa}(13 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 임을 뜻한다.

(2) 사용압력이 $0.74 \text{ MPa}(7.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 를 초과하는 경우는 KS 압력기준의 10K, 16K, 20K를 적용한다. 이 때 호칭압력 10K, 16K, 20K는 최대허용압력이 각각 $1.37 \text{ MPa}(14 \text{ kg}/\text{cm}^2)$, $2.16 \text{ MPa}(22 \text{ kg}/\text{cm}^2)$, $2.75 \text{ MPa}(28 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 임을 의미한다.

(3) 상수도의 기준에서는 호칭압력과 사용압력을 대응시킬 수 있으나 KS에서는 호칭압력과 최고사용압력을 구분하고 있다. 따라서 사용상 편의를 위하여 상수도용 밸브의 규격에서는 $0.98 \text{ MPa}(10 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 이상의 경우에도 호칭압력과 사용압력을 대응시키고 있다.

(4) 상수도용 밸브의 최대허용압력은 호칭압력 4.5K와 7.5K의 경우 사용압력에 $0.54 \text{ MPa}(5.5 \text{ kg}/\text{cm}^2)$ 의 수격압을 더한 것으로 결정하였으며 호칭압력 10K 이상의 경우는 KS B 1501의 최고사용압력과 동등한 값으로 적용한다.

2. 수압시험압력

수압시험은 밸브의 검사를 위한 중요한 사항이며 밸브의 내압성능을 확인하는 수단이다. 사용압력에 비해 과다한 수압에 견디는 것은 밸브의 과잉품질을 초래하므로 밸브의 규격에서는 시험수압이 규격 등으로 정하여져 합리적인 품질성능을 도모하고 있다.

KS B 2304(밸브의 검사 통칙)에서는 다음의 압력검사를 규정하고 있다.

① 밸브몸통 내압검사

② 밸브시트 누설검사

③ 역시트 누설검사

이 규격에서 시험압력은 밸브몸통 내압검사의 경우 최대허용압력의 1.5배, 밸브시트 누설검사는 최대허용압력의 1.1배로 규정하고 있다. 그러나 실제로 시험압력은 각각의 밸브 규격에 따른다.

3. 규격에 정하여 있지 않은 압력

밸브몸통 내압시험압력 또는 밸브시트 누설시험압력은 ISO 규격, KS플랜지 규격, 덕타일주철관 규격 및 경험으로부터 얻어진 호칭압력에 따른 <표-8.5.4>과 같은 일관된 방식에는 따르지 않는다.

<표-8.5.4> 상수도용 밸브의 시험압력

단위 : MPa(kg/cm²)

종별	호칭압력	사용압력	최대허용압력	밸브몸통 내압시험		밸브시트 누설시험
				호칭지름		
1종	4.5K	0.44(4.5) 0.45(4.6)	1) 0.98(10) 1.0 (10.2)	350이하	1.37(14) 3) 1.4 (14.3)	7) 0.44(4.5) 0.45(4.6)
				400이상	1.03(10.5) 3) 1.06(10.7)	
2종	7.5K	0.74(7.5) 0.75(7.6)	1) 1.27(13) 1.3 (13.3)	350이하	1.72(17.5) 3) 1.75(17.8)	7) 0.74(7.5) 0.75(7.6)
				400이상	1.37(14) 3) 1.4 (14.3)	
3종	10K	0.98(10) 1.0 (10.2)	2) 1.37(14) 1.4 (14.3)	350이하	2.26(23) 4) 2.3 (23.5)	8) 0.98(10) 1.0 (10.2)
				400이상	2.06(21) 5) 2.1 (21.4)	
4종	16K	1.57(16) 1.6 (16.3)	2) 2.16(22) 2.2 (22.4)	전 구경	2.35(24) 6) 2.4 (24.5)	9) 1.73(17.6) 1.76(17.9)
5종	20K	1.96(20) 2.0 (20.4)	2) 2.75(28) 2.8 (28.6)	전 구경	2.94(30) 6) 3.0 (30.6)	9) 2.16(22) 2.2 (22.4)

주 1) MKS단위의 「사용압력+수직압 5.5 kg/cm²」을 SI단위인 MPa로 환산

2) KS B 1501(철강제 관 플랜지의 압력단계)에 준함

3) 예전부터 상수도용 밸브에 적용되고 있는 밸브몸통 내압시험압력

4) KS D 4309에서 인용

5) 최대허용압력×1.5

6) 사용압력×1.5

7) 예전부터 상수도용 밸브의 밸브시트 누설시험압력은 사용압력을 적용함

8) 사용압력×1.0

9) 사용압력×1.1

「비고」 각 압력의 상단은 MKS단위에서 환산된 값이며 하단은 상단의 수치가 얻어진 방법에 따라 SI단위로 도출된 값이다. 현재 상단에 의한 규격과 하단에 의한 규격이 혼용되고 있으나 추후에는 하단의 값으로 통일될 전망이다.

8.5.5 밸브의 구동장치

밸브의 구동장치는 밸브의 종류, 용도, 설치환경, 제어방법 등을 고려하여 적당한 것을 선정해야 한다.

【해설】

밸브의 구동장치로는 수동식, 전동식, 공기압식, 유압식 등이 보편적으로 사용된다.

제어용 밸브의 구동장치로서는 전동식, 공기압식이 대부분 사용되고 있지만, 제어범위, 제어정밀도 및 동작빈도 등을 고려하여 적당한 구동장치를 선정해야 한다.

1. 수동식 구동장치

소구경의 제수밸브와 버터플라이밸브처럼 조작력이 작아도 되는 경우에는 직결 핸들식이 사용된다. 또한 구경이 크거나 유체압이 높으면 개폐 토크도 커지므로 감속기를 사용한다. 일반적으로 수동조작 토크는 최대 200 N·m를 기준으로 하고 감속기는 이 토크를 원활하고 효율적으로 밸브 키(key)에 전달하는 역할을 한다. 감속기는 평기어, 베벨기어 및 웜기어(worm+worm wheel) 등의 기어류로 구성된다. 평기어(spur gear) 및 베벨기어(bevel gear)는 감속비가 1/1~1/6 정도의 중간급 하중용으로 사용되는데 상수도용 제수밸브의 경우 입형 600mm 이상의 밸브에는 평기어가, 횡형 400 mm 이상의 밸브에는 베벨기어가 감속기로 주로 사용되고 있다. 웜기어는 감속비를 1/10~1/60로 크게 하는 것이 가능하며 큰 토크를 얻기 쉬워 중(重)하중용의 대형밸브에 많이 사용된다.

2. 전동식 구동장치

전동식은 동력원으로 상용전원을 사용할 수 있고 강력한 조작력을 간단히 얻을 수 있으며 원거리에서 조작할 수 있으므로 널리 사용되고 있다. 전동식 구동장치는 전동기와 감속기 등으로 구성되지만, 그 밖의 부속장치로서 스트로크 리미트스위치, 토크 리미트스위치, 수동용 원형핸들, 개도지시계 및 수동·전동의 전환장치가 있다.

전동조작은 밸브 부근의 현장조작반 또는 관리실에 설치되는 원격조작반 외에도 구동장치와 일체로 된 조작기구로 하는 것도 수행할 수 있다.

(1) 전동기

밸브 개폐를 위한 기동시에는 큰 토크가 필요하나 운전 도중에는 그다지 큰 토크가 필요치 않다. 그러나 밸브대에 걸리는 토크에 1.5배하여 제작자의 최대토크 구동장치로 선정해야 하며 또 수문의 전동 구동장치의 경우는 수문의 자중을 고려하여 제작자의 정격토크로 선정되어야 한다. 또한 전동기는 정지시 관성에 의해 계속 돌지 않도록 조심해야만 한다. 그러므로 전동기는 기동 토크가 크고 관성효과가 작은 특성을 갖는 것이 바람직하다.

밸브의 개폐시간은 길어도 5분 정도이므로 10분에서 30분 이내의 짧은 시간 동안만 전동기가 사용되지만, 개폐빈도에 따라 반복정격 또는 연속정격의 전동기를 사용하는 것이 바람직하다.

전동기는 교류3상 농형 유도전동기가 가장 많이 사용되고 있고 소구경 밸브로 출력이 작아도 되는 것에는 단상교류농형 유도전동기가 사용되는 경우도 있다. 또한 직류전동기는 축전지를 전원으로 운전할 수 있으므로 정전시에도 밸브의 구동이 가능하다.

(2) 스트로크 리미트스위치

스트로크 리미트위치는 밸브의 개폐위치를 설정하는 것으로 결정된 위치에서 밸브를 자동적으

로 정지시키는 기능 외에도 개폐상태를 조작반에 램프로 표시하기도 한다.

(3) 토크 리밋스위치

토크 리밋스위치는 밸브에 과다한 힘이 걸리는 것을 방지하기 위한 장치이다. 밸브가 작동 중에 이물질이 끼어 디스크의 작동이 저해된다든지 또는 스트로크 리밋스위치가 제대로 작동되지 않을 때에는 구동장치나 밸브본체가 파손될 우려가 있다. 토크 리밋스위치는 이러한 사고를 미연에 방지하여 밸브의 안전을 보장하는 것으로 사용되며, 스트로크 리밋스위치와 마찬가지로 중요한 역할을 담당한다.

(4) 기타

1) 스트로크 리밋스위치나 토크 리밋스위치 등이 설치되는 컨트롤 박스 내에는 이러한 전기 부품류의 습기에 의한 고장을 방지하기 위해 스페이스 히터(space heater)를 설치해야 한다.

2) 개도계는 출력축의 회전을 기어기구를 매개로 하여 개도로 나타내는 구조이며, 원격지시용으로 동기(synchro)식과 전위차계(potentiometer)식의 개도발신기를 연동시키는 것이 가능하다. 최근에는 원격지시용으로 전위차계식 개도발신기가 많이 사용된다.

3. 공기압식 구동장치

공기압식 구동장치는 동력원인 공기압을 공기압축기에 의해 간단히 발생시킬 수 있으며 구동장치는 응답성이 좋고 정전시에도 일정 시간 동안 조작이 가능하므로 약품주입용과 드레인용 밸브 그리고 정전 등 긴급시에 조작을 필요로 하는 밸브에 많이 사용된다. 공기압식 밸브조작기로는 실린더식, 다이어프램식 및 에어모터식이 있으며 각 방식의 특징 및 용도 등은 <표-8.5.5>에 나타내었다.

<표-8.5.5> 공기압식 구동장치의 비교표

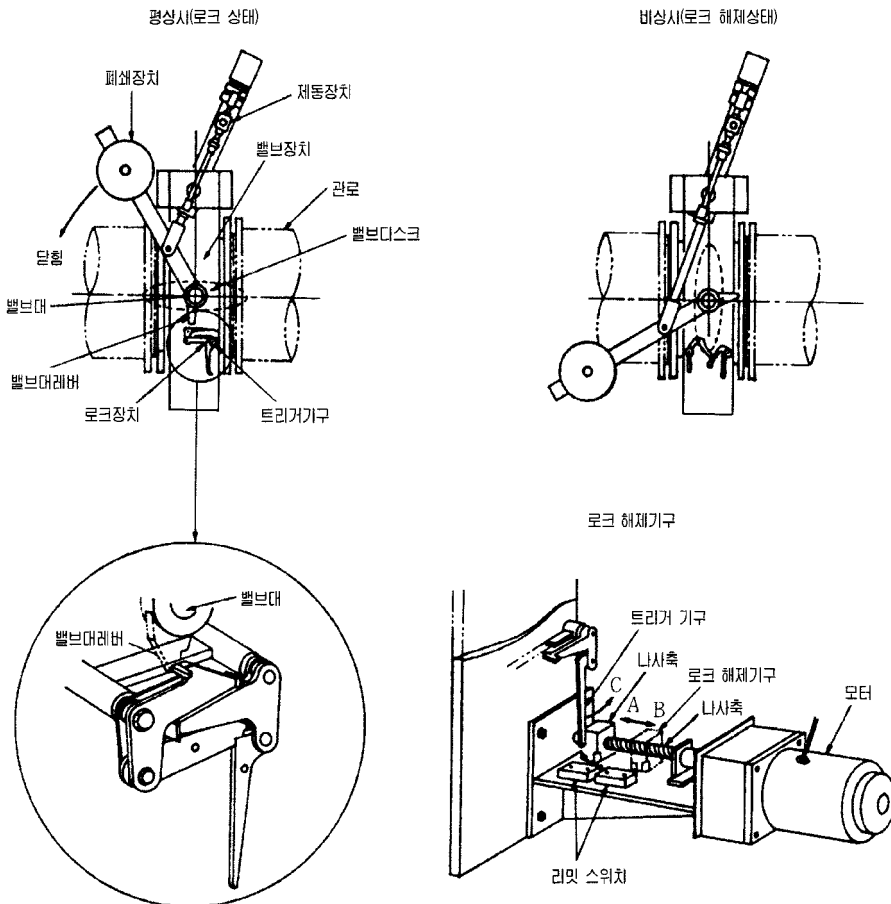
	실린더(0.4~0.7 MPa)	에어모터(0.4~0.7 MPa)	다이어프램(0.12~0.26 MPa)
특 징	- 구동장치의 조작압력은 0.4~0.7 MPa(4.1~7.1 kg/cm²). - 통상은 전개·전폐 조작용으로 사용되는 경우가 많으나 비례 제어용으로 사용 가능. - 큰 토크 및 조작력을 얻을 수 있다. - 견고한 구조이다. - 대구경 밸브 조작 및 제어에도 사용 가능. (예) 1,000ø~1,350ø 버터플라이밸브	- 구동장치의 조작압력은 0.4~0.7 MPa(4.1~7.1 kg/cm²)이다. - 모터는 로터리 베인식이며 소형으로 고출력을 얻을 수 있다. - 전기조작과 조합시켜 각종 조작이 가능함. - 토크 스위치는 개폐 양방향 어디든 용이하고 확실한 설정이 가능함. - 공기실린더 방식과는 달리 밸브대는 나사식으로 사용 가능함.	- 구동장치의 조작압력은 0.12~0.26 MPa(1.2~2.6 kg/cm²)이다. - 고장확률이 적고 고장부분의 발견도 용이함. - 부품의 소모도가 작고 유지관리도 용이하다. - 소형 경량으로 설치공간이 작다. - 소용량의 제어용에 사용되는 경우가 많다. - 초기 투자비가 싸다.
용 도	- 방폭지역 - 상용전원 사용이 어려운 지역 - 습도에 의한 부식성이 있는 장소	- 방폭지역 - 전원 사용이 힘든 지역 - 긴급비상용	- 방폭지역 - 습도에 의한 부식성이 있는 장소
설 치 예	- 침전지 설비의 배슬러지밸브 - 유량조절밸브(여과랑, 세척랑)	- 긴급차단밸브 - 유량조절밸브	정수장 약품주입제어밸브

4. 긴급차단밸브의 구동장치

재해대비용 긴급차단밸브로는 버터플라이밸브, 볼밸브, 오토밸브, 나팔형 원형수문 등이 사용되고 차단용 동력으로는 중추, 디스크 자중 또는 수압을 이용한다. 평형추나 디스크 자중을 이용하는 방식은 전개 상태를 유지하는 로크(lock)기구를 갖고 있으며 이 로크기구를 해제하기 위하여 모터, 전자 솔레노이드 등을 사용하는 방식이 있다. 이 방식을 선정할 때에는 설치조건, 재해시의 대응체제 등을 충분히 고려해야 한다.

(1) 전동기 방식

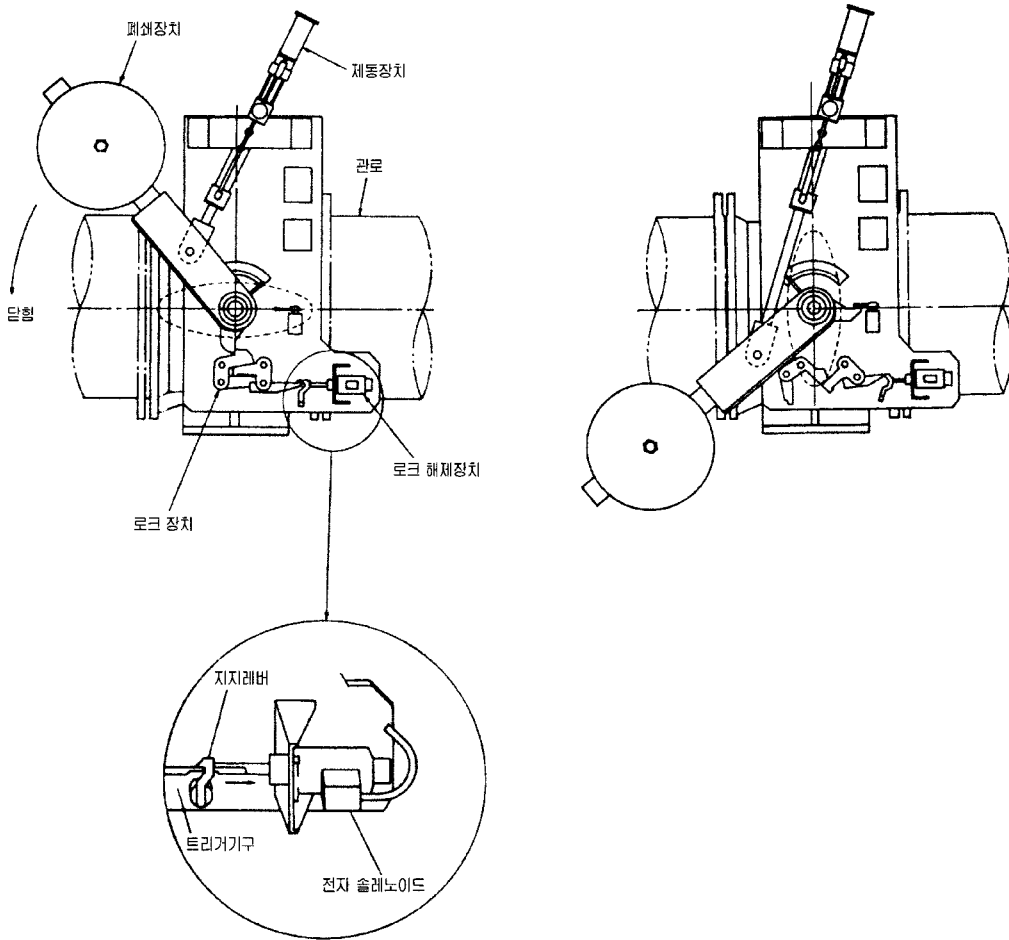
소형 전동기에 의해 로크기구를 해제하는 것으로서 차단신호에 의해 전원이 들어오면 전동기가 구동하고 나사축이 한 방향으로 회전하며 나사축은 화살표 B방향으로 이동하고 나사축이 트리거기구에 의해 빠지면서 화살표 C방향으로 움직여 로크가 해제된다(<그림-8.5.12> 참조).



<그림-8.5.12> 전동기방식의 동작설명도

(2) 전자 솔레노이드 방식

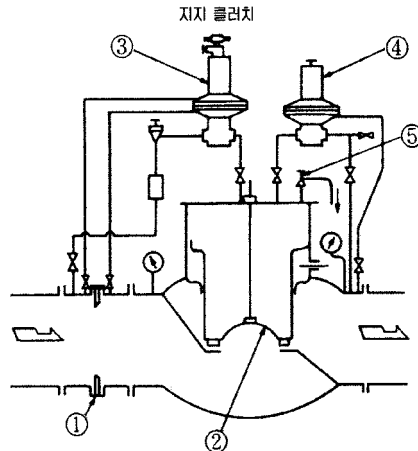
평상시에는 전자 솔레노이드의 전원이 끊어진 상태에서 지지레버가 트리거기구에 의해 디스크를 구속한다. 감지장치로부터 밸브를 닫도록 하는 신호가 나오면 전자 솔레노이드가 여자(勵磁)되고 지지레버가 화살표 방향으로 움직여 로크를 해제한다(<그림-8.5.13> 참조).



<그림-8.5.13> 전자 솔레노이드밸브방식의 동작설명도

(3) 오토밸브 방식

<그림-8.5.14>에 나타난 바와 같이 밸브의 상류 측에 오리피스 ①을 설치하고 긴급차단용 파일럿밸브 ③에 접속한다. 이 파일럿밸브로 임의의 유량을 설정하여 둔다. 밸브 하류 측의관이 파열되어 관내 유량이 설정유량을 초과하면 긴급차단용 파일럿밸브 ③은 닫힌 상태에서 열리게 되며 주밸브 ②도 자동적으로 닫히고 보조 파일럿밸브 ④는 열려 있던 상태에서 닫히게 된다. 주밸브를 닫힌 상태에서 열린 상태로 복귀할 때에는 열림용 밸브 ⑤를 손으로 열고나서 긴급차단용 파일럿밸브 ③의 지지클러치를 해제하여 주밸브 ②를 완전히 개방시킨다.



<그림-8.5.14> 파일럿밸브방식 동작설명도

8.6 각종 기계설비

8.6.1 총칙

수도시설에는 수처리 기계설비, 공기압축기, 크레인·호이스트, 환기설비 및 공조설비 등 각종 기계설비가 설치되어 있다. 이러한 각종 기계설비를 설계할 때에는 운전조건, 환경조건 등을 고려하고 연속운전에 견딜 수 있는 기기의 구조와 재료 등을 선정한다. 또한 정수처리와 배출수처리 등에 사용되는 수처리 기계설비에 대해서는 그 수질에 충분히 적합한 재질을 선정하고 구조적으로도 단순하고 용량과 기계적 강도 등의 여유를 갖는 설비로 한다.

특히 수처리 기계설비에 대해서는 정수처리상 한번에 모든 공사를 할 수 없으므로 설비를 계통이나 블록단위로 나누는 등 적절하게 설계함으로써 연도별로 정비계획을 수립하고 정수처리에 지장이 없도록 적절한 시기에 공사를 하는 것이 바람직하다.

8.6.2 수처리 기계설비

수처리 기계설비의 구조와 재료는 내구성과 안전성을 고려하여 선정해야 한다. 또한 누유나 봉수대책에 유의함과 동시에 에너지효율이 높고 유지관리가 용이한 설비로 한다.

【해설】

수처리 기계설비는 수질에 따라 부식이나 마모가 심하게 되어 내용년수가 줄어들기 때문에 구조의 결정, 재료의 선정, 도장에 대해서 검토함과 동시에 소모부품의 교환이나 기기의 점검

등 유지관리가 용이한 설계로 해야 한다. 수중에 묻히는 부분의 도장에 대해서는 수도용 에폭시 수지도료 등 정수에 알맞은 도료를 사용하고 정성껏 도장을 해야 한다. 또한 전력소비량 등 운전 비용이 적고 기름이 누설되더라도 수중에 기름이 떨어지지 않도록 하는 방호조치를 해야 한다.

1. 협잡물제거기

협잡물 제거기는 유입수로에 설치되며 유입원수 내에 포함된 부유물 및 이물질 등 정수작업에 지장을 주지 않도록 하기 위하여 이러한 물질들을 제거하는 것으로 레이크(rake)식과 이동스크린(traveling screen)식의 것이 있다.

레이크식 협잡물제거기는 하천수의 취수구 등에 목편, 쓰레기 등의 굵은 부유물을 제거하기 위해서 설치한다.

이동 스크린식 협잡물제거기는 일반적으로 스크린이나 레이크식 협잡물제거기에 포착된 다음의 조류, 나뭇잎, 목편 등의 협잡물을 망상의 스크린으로 제거하는 것이다.

협잡물제거설비를 설치할 경우에는 설비의 고장에 의해 물이 넘치는 것을 방지하기 위한 측수로(by-pass channel) 등을 고려해야 한다.

부속설비로서 벨트컨베이어, 유수트로프(trough), 배수구(pit), 호퍼(hopper), 급수설비 등이 있다.

(1) 레이크식 협잡물제거기

레이크식 협잡물제거기는 갈퀴용 레이크를 스크린면에 접촉하면서 이동시켜서 스크린면에 저지된 부유물이나 협잡물을 긁어 올려서 소정의 배출위치에서 레이크가 반전되면서 배출한다. 이에는 간헐식의 것과 연속식의 것이 있다(<그림-8.6.1(1)> 레이크식 협잡물제거기를 참조한다).

설계를 할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 기계적 안전장치로서 감속기에 토크리미터 또는 감속축 측 스프라켓휠(sprocket wheel)에 적정한 시어핀(shear pin)을 설치한다.

② 협잡물제거기는 정회전으로 연속 운전하는 것을 원칙으로 하지만, 점검이나 비정상시에는 역회전시킬 수 있는 구조로 하며 가급적 단순한 구조로 한다.

③ 구동장치는 만일의 고수위일 때에도 운전을 속행시킬 수 있는 위치에 설치한다.

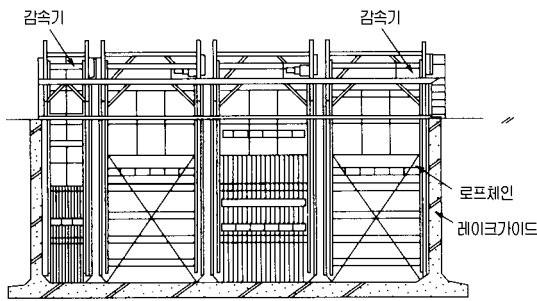
(2) 이동스크린식 협잡물제거기

이동 스크린식 협잡물제거기는 좌우 2열의 무한체인(endless chain link)에 부착된 스테인리스 강제 철망을 원수가 통과하는 사이에 쓰레기를 제거하는 것으로 스크린은 이동 중에 협잡물이 떨어지지 않도록 버킷(bucket)형이나 협잡물 낙하방지선반이 붙어있는 철망으로 되어 있다. 상·하류의 수위 차나 타이머 등으로 운전되며 스크린에 부착된 쓰레기는 상부에서 분사되는 물에 의해 유출 트로프로부터 탈수장치를 거쳐 배출된다(<그림-8.6.1(2)> 이동스크린식 협잡물제거기를 참조한다).

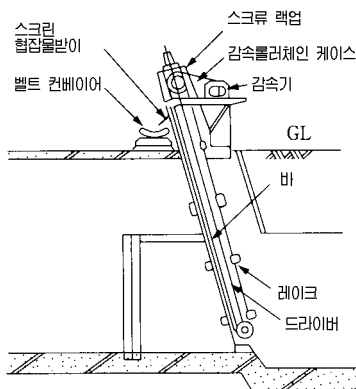
설계를 할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 분사수의 수량·수압은 배제되기 어려운 조류 등을 대상으로 충분히 여유를 갖도록 하고 세척노즐의 분무상태, 수량 및 수압을 조절할 수 있는 구조로 한다.

② 이동 스크린식 협잡물제거기는 쓰레기에 의한 저항이 크기 때문에 고장이 발생할 경우에는 수위 차가 커져서 심하게 장치가 파손될 수도 있으므로 손실수두나 수위를 감시하여 고장시에는 경보를 울리고 정지시키도록 한다.

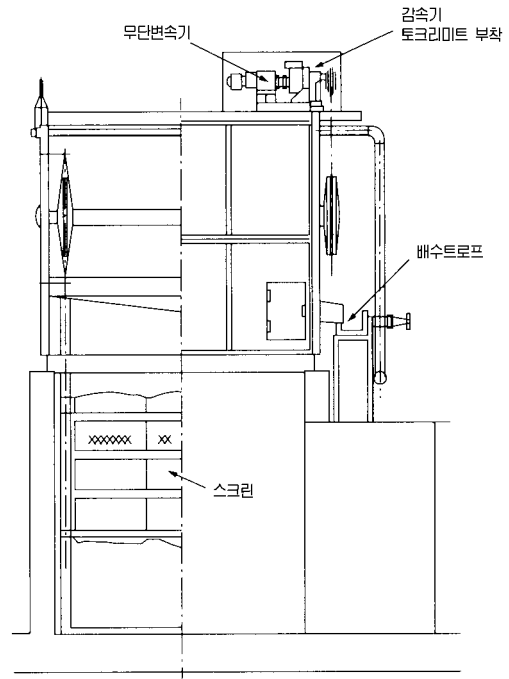


정면도



측면도

(1) 레이크식 협잡물 제거기



(2) 이동스크린식 협잡물 제거기

<그림-8.6.1> 협잡물 제거기(예)

(3) 부속설비

벨트컨베이어를 사용하는 경우, 급경사의 지점에는 미끄럼 방지용의 안전판(비늘모양) 또는 철망을 사용해야 한다. 또 급수설비가 필요한 경우에는 동절기에 동결방지대책을 취해야 한다.

2. 혼화장치

약품혼화방법에는 5.4.2 급속혼화시설(혼화지 포함)(P)에서 설명한 바와 같이 기계식 혼화 방법과 비기계식 혼화방법이 있으며 기계식 혼화방법을 채택하는 경우의 혼화장치(rapid mixer 또는 flash mixer)는 혼화지에 설치되며 응집제와 원수를 기계적으로 급속히 혼화시키는 것으로 회전축에 평행으로 패들을 부착시킨 임펠러를 갖는 패들식과 평판에 수직인 교반 임펠러를 붙인 날개를 갖는 터빈식 등이 있다.

기계식 혼화장치를 설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- ① 혼화장치는 기름누설이 없는 구조로 하고 만일 기름이 누설되거나 또는 윤활유를 교환할 때에 수로에 기름이 떨어지지 않도록 방호조치를 고려한 구조로 한다.
- ② 혼화장치는 혼화지의 형상과 크기에 알맞은 대수와 동력을 결정해야 한다.
- ③ 패들식으로 수중베어링을 채용하는 경우에는 봉수장치를 설치하여 베어링의 마모를 적게 해야 한다. 터빈식인 경우에는 구동장치의 축베어링 구조를 고안하고 될 수 있는 한 수중베어링

이 없는 형식으로 한다.

④ 감속기로부터 발생하는 소음이 문제로 될 우려가 있을 때에는 소음대책을 강구한다.

3. 플록큐레이터(flocculator : 응집기)

플록형성지의 교반방식에는 플록의 형성에 필요한 에너지를 물 자체의 에너지를 이용하는 우류방식과 기계에너지에 의한 기계식 플록큐레이터(패들방식)가 있다(5.4.3 플록형성지(P)를 참조).

기계식 플록큐레이터는 플록형성지에 설치되며 회전축에 평행으로 여러 개의 패들(paddle)을 부착하여 서서히 회전시켜 플록을 형성하기 위한 설비로서 수로 중에 저류판을 설치한 우류방식에 비하여 손실낙차도 적고 처리수의 상황에 따라 교반 강도를 조절할 수 있는 이점이 있지만, 소모부품의 교환 등 정기적인 정비가 필요하다.

설치방식은 횡형으로 하는 것이 일반적이지만, 플록형성지의 구조에 따라서는 입형플록큐레이터로 하는 경우도 있다. 횡형인 경우 회전원주속도는 0.15~0.8 m/s이다.

플록큐레이터를 설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

① 플록형성지 내의 교반은 원칙으로 플록이 크게 성장함에 따라 그 강도를 낮추어갈 필요가 있으므로 교반기가 후단으로 갈수록 회전속도를 낮추어서 주변속도를 느리게 한다.

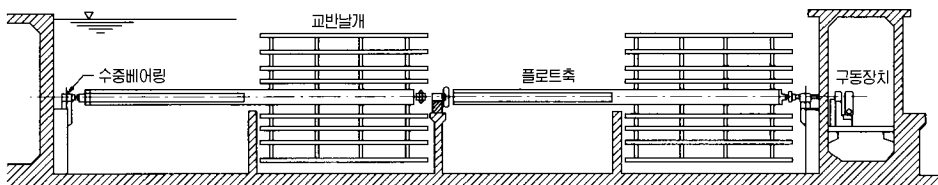
② 수중베어링은 두 개로 분할된 베어링케이스(split bearing case) 내에 두 개로 분할된 베어링메탈(split bearing metal)을 설치한다. 수중베어링은 외부에서 미세한 모래 등이 쉽게 들어갈 수 있을 뿐만 아니라 축의 회전속도도 느려서 윤활작용이 나빠 쉽게 마모되기 때문에 강관 등의 중공축을 사용하고 축에 플로트(float)를 부착하는 등 가능한 한 베어링에 걸리는 하중을 적게 한다. <그림-8.6.2>을 참조한다.

베어링에 봉수장치를 부착시켜 마모를 적게 하는 것도 효과적이다.

③ 가변속 전동기를 사용하는 경우에는 임펠러의 관성모멘트가 크므로 기동시에 토크가 정상 운전시에 비해서 커지는 것에 유의하고 기동시의 속도설정은 가능한 한 낮게 한다.

④ 구동실과 플록형성지와와의 격벽 측판통부에 스테핑박스(stuffing box)를 설치하고 봉수장치를 부착하고 그 배수에 대해서도 고려해야 한다. 봉수장치에는 글랜드패킹(gland packing)식이나 실링(sealing)식 등이 있다.

⑤ 플록형성지 위에는 지(池) 내의 육안점검 등에 대비하여 추락방지용 안전난간 등을 설치해야 한다.



<그림-8.6.2> 플로트를 사용한 플록큐레이터(예)

4. 슬러지 수집기

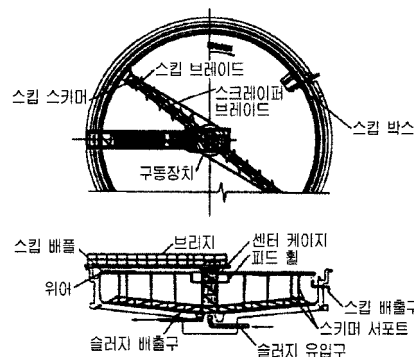
슬러지 수집기(sludge collector)는 침전지의 슬러지를 제거하기 위한 설비이며 적용되는 침전

지에 각각 장단점이 있으므로 침전지의 구조, 슬러지량, 지수, 침전지 용량의 여유 유무, 기계의 신뢰도, 유지관리 등을 고려하여 적절한 것을 선정한다. 슬러지 수집기는 침전지의 구조에 따라 중심축회전(center-pivoted rotating rake)식, 체인플라이트(chain-and-flight)식, 수중대차(underwater bogies with squeegee)식, 주행브리지(traveling bridge with scraping squeegee, or with suction header and pump)식 등의 4종류가 일반적으로 사용되고 있다. 슬러지 수집기는 탁도 변동에 따라 슬러지량이 변동되므로 높은 탁도에서도 대응할 수 있도록 해야 하며 각 형식은 다음 사항을 고려하여 선정해야 한다. 슬러지 수집기는 장시간 정지 또는 슬러지가 많이 퇴적된 상태에서 운전할 때에는 과부하가 발생될 뿐만 아니라 슬러지가 부상되므로 연속운전을 원칙으로 한다.

(1) 중심축회전(center-pivoted rotating rake)식 슬러지 수집기

중심축회전식 슬러지 수집기는 브리지 상부에 설치된 구동장치에 의하여 원형으로 회전하면서 침전된 슬러지를 긁어모아서 최종적으로 중앙의 호퍼에 유하시키는 것이다. 수집기의 원주 속도는 0.6 m/min 이하로 한다. <그림-8.6.3>를 참조한다.

- ① 정방형이나 원형지에 적용되지만, 갈퀴(rake)는 지내의 내접원을 벗어나는 일이 없으므로 지의 구석을 긁어내는 대책이 필요하다.
- ② 대형으로 구성부품이 많으며 구조가 복잡하다.
- ③ 강철제 브리지는 용접구조로 하고 주 기둥과 보조보 등을 구비한 강고한 구조로 한다. 또한 브리지 위는 점검통로로 하여 점검이나 보수 등에 충분한 공간을 확보한다.
- ④ 과부하 방지용으로 감속기 내장 토크리미트 등 기계적, 전기적 보호장치를 설치한다.



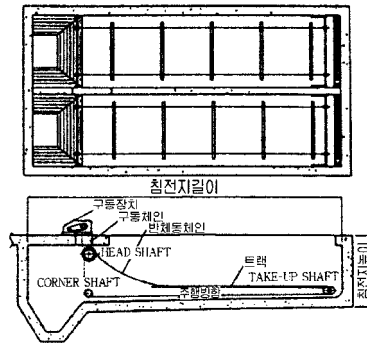
<그림-8.6.3> 중심축회전(center-pivoted rotating rake)식 슬러지 수집기

(2) 체인플라이트(chain & flight)식 슬러지 수집기

체인플라이트식 슬러지 수집기는 체인에 플라이트(flight)를 고정장치로 고정시켜 침전지 바닥에 설치된 레일 또는 지(池) 바닥에 설치한 웨어스트립 상부를 이동하면서 침전된 슬러지를 호퍼(hopper)에 끌어넣는 설비이다. 수집기의 주행기준속도는 일반적으로 0.2~0.6 m/min이다. <그림-8.6.4>을 참조한다.

설계를 할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- ① 장방형 침전지에 적용되지만, 긴 변이 과대한 침전지에는 맞지 않을 수 있다.
- ② 비교적 단순하고 소형으로 컴팩트하지만, 축과 제거판 등의 부품 수가 많다.



<그림-8.6.4> 체인플레이트식 슬러지수집기

③ 슈(shoe)는 레일 위를 접촉하면서 움직이기 때문에 마모가 빠르므로 재질에 대해서는 충분히 견딜 수 있도록 검토해야 한다.

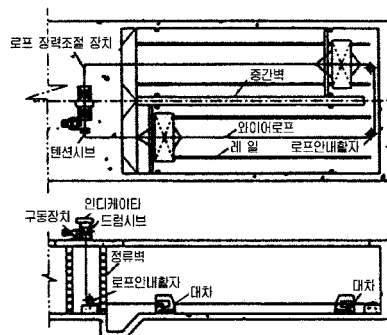
④ 체인플레이트는 장기간 정지한 경우나 슬러지가 다량으로 퇴적된 상태에서 운전을 재개하면 큰 부하가 걸리므로 연속운전을 원칙으로 한다. 다만, 슬러지의 퇴적상황과 호퍼용량을 고려하여 간헐적으로 운전하는 경우도 있다.

⑤ 장치에는 시어핀 등에 의한 과부하시의 보호장치를 설치한다. 또 과부하시에는 경보를 내도록 해 둔다. 과부하로 인하여 체인이 절단될 때에는 가동이 정지되어야 하므로 체인절단 검출장치를 설치해야 한다.

근래에는 미국, 유럽, 일본, 한국 등에서 금속부품인 체인(chain), 고정장치(attachment), 슈(shoe), 스프라켓(sprocket), 슬리브 베어링(sleeve bearing)과 플라이트(flight), 웨어 스트립(wear strip) 등을 비금속(non-metallic) 부품으로 개발하여 사용함으로써 녹 발생으로 인한 수질 악화를 방지하는데 기여하고 있으나, 동절기에는 충격에 약한 흠이 있다.

(3) 수중대차(underwater bogies with squeegee)식 슬러지 수집기

침전지 바닥에 설치된 레일 상부에 스크레퍼를 지지하는 수중대차를 설치하고 구동로프로 견인하여 침전된 슬러지를 호퍼에 끌어넣는 설비로서 대차가 슬러지를 긁어모을 때에는 곧바로 서서 긁어모으고 또 후퇴할 때에는 수집판은 퇴적슬러지에 닿지 않도록 하는 구조로 되어 있다. 수집기 주행 기준속도는 일반적으로 0.2~0.6 m/min이다. <그림-8.6.5>를 참조한다.



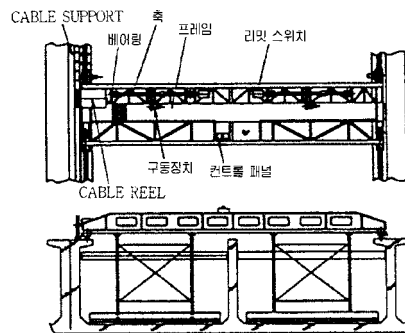
<그림-8.6.5> 수중대차식 슬러지수집기

설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- ① 장방형 침전지에 적용되며 직사각형의 긴 변이 길더라도 설치가 가능하다.
- ② 비교적 단순하고 소형 컴팩트하다. 수집기의 소모부품이 적으며 마찰이 적다. 또 구동력이 작고 운전비용이 적다.
- ③ 왕복구동방식으로 기동·정지·회송의 위치제어가 명확해야 한다. 또 주행대차가 지(池)의 측면에 부딪히거나 와이어로프의 마모 및 늘어짐 또는 절단 등의 사고를 방지하기 위해서 주행 전환(전진·후퇴완료)용 리밋스위치는 비상정지용과 이중으로 설치해야 한다.
- ④ 동력 전달매체인 와이어로프 특성을 활용하여 구동장치를 공동구 등의 기계실에 설치할 수 있다.
- ⑤ 대차 탈선을 방지하기 위해서는 레일(rail) 대신 벽체에 채널(channel)을 설치하고 대차바퀴를 채널 안에서 움직이도록 하거나, 구동부를 침전지 상부에, 드럼(drum)을 수중에 설치하고 구동부와 드럼 사이를 축으로 연결하여 구동시킨다. 또 구동축 커플링에는 시어핀(shear pin)을 설치한다.

(4) 주행브리지식 슬러지 수집기

주행브리지식 슬러지 수집기는 침전지 주벽 상부에 설치된 레일 위에 슬러지수집판을 부착한 브리지를 설치하고 구동장치로 구동휠을 구동하여 슬러지수집판으로 침전지 바닥을 미끄러지면서 슬러지를 침전지 끝의 호퍼로 긁어모으고 되돌아갈 때에는 수면 위에 들어올려서 시작점으로 되돌아가는 방식이다. 수집기 주행 기준속도는 일반적으로 0.2~0.6 m/min 이다. <그림-8.6.6>을 참조한다.



<그림-8.6.6> 주행미다형 슬러지수집기

설계할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- ① 지의 길이가 큰 횡류식 침전지에 적용되며 특히 다수의 침전지가 병렬로 배치된 경우, 거더(girder)에는 주행레일로부터 횡행레일로의 환송기구를 구비하고 1대로 전체 침전지의 슬러지를 수집할 수 있는 이점이 있다.
- ② 대형으로 구성 부품이 많으며 구조가 복잡하다. 또한 왕복 구동방식으로 기동, 정지, 회송의 위치제어가 명확해야 한다.
- ③ 수집판용의 수중롤러(고무롤러)의 교환, 와이어로프의 교환을 침전지상에서 할 수 있도록 레이크암을 고정시킬 수 있는 축을 설치해야 한다. 또 침전지 위에서 안전하게 교환 작업할 수

있는 장소를 고려해야 한다.

④ 급전(給電)방식은 토크모터식의 케이블 드럼방식을 쓰는 것이 일반적이고 캡타이어케이블(cabtyre cable)을 감는 장치가 케이블을 순서대로 잘 감아서 꺼낼 수 있도록 충분히 배려해야 한다. 또 주행 중에 비상 정지할 수 있는 비상정지 스위치를 설치한다.

슬러지수집관 대신에 흡입관으로 슬러지를 펌프로 흡입하는 방법이나 사이편방식을 이용하는 주행브리지형도 있다(5.5.7. 슬러지배출설비(P)참조).

8.6.3 공기공급원 장치

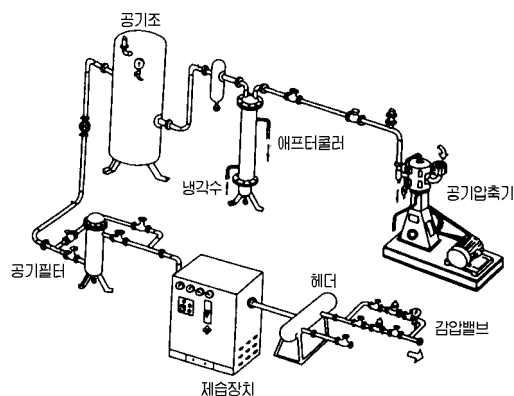
공기공급원 장치는 다음 각 항에 의한다.

1. 공기압축기는 사용목적에 적합하고 신뢰성이 높은 것으로 한다.
2. 공기압축기는 이물질의 혼입을 방지하기 위해서 흡입 및 토출 측에 필터를 설치한다.
3. 공기압축기의 소음을 저감시키기 위해서 흡입 측에 소음기(silencer)를 설치한다.
4. 압축공기의 수분 및 기름성분을 제거하기 위해서 애프터쿨러(after cooler) 및 유수분리기를 설치한다.
5. 사용 공기량의 변동에 대응하기 위해서 공기탱크를 설치한다.
6. 압축공기 중의 수분을 제거하기 위해서 제습장치를 설치한다.
7. 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해서 각종의 안전장치를 설치한다.

【해설】

공기공급원 장치는 공기압축기 이외에 제습장치 등으로 구성되며 계측제어, 밸브류 구동, 엔진 기동용 등에 사용되고 있다. 공기공급원 장치를 채용할 때는 사용목적에 적합하고 신뢰성이 높은 것을 설치한다. 또 예비기의 설치에 대해서도 검토해야 한다.

공기공급원 장치의 예를 <그림-8.6.7>에 보이고 있다.



<그림-8.6.7> 공기공급원 장치(예)

1.에 대하여 ; 공기압축기는 회전식과 왕복동식으로 크게 구별된다.

- 1) 회전식 압축기로 잘 사용되는 것으로 스크루 압축기가 있으며 급유식과 무급유식이 있다.

왕복동식에 비하여 일반적으로 소형, 경량, 고속이고 구조도 간단하며 설치면적을 작게 할 수 있고 운전과 보수도 용이하다. 또 흡입·토출밸브를 필요로 하지 않기 때문에 토출기류에 맥동이 적다.

회전식 압축기의 토출공기 제어에는 언로더(unloader)운전, 속도제어, 자동기동-정지(on-off)방식 등이 있다.

2) 왕복동식 압축기로는 피스톤과 실린더의 사이에 윤활유를 사용하는 급유식의 것과, 사용하지 않는 무급유식이 있다. 계측제어나 공기혼입(aeration)용으로는 무급유식 압축기가 일반적이다.

무급유식 압축기는 라비린스(labyrinth)식, 피스톤링에 카본 또는 테프론을 사용하는 카본링식, 테프론링식이 사용되고 있다.

왕복동식 압축기는 효율이 좋고 높은 압력을 얻을 수 있지만, 사용공기량이 많아지면 피스톤이 커지고 관성력이 커지기 때문에 진동이 커져 기초를 튼튼히 해야 한다.

왕복동식 압축기의 토출공기량 제어는 압력조절밸브나 압력개폐기와 전자밸브와의 조합에 의하여 흡입폐쇄나 흡입밸브 개방 등의 언로더 운전으로 한다. 소형의 경우는 압력개폐기에 의한 자동온오프 방식이 있다.

3) 필요 공기량은 다음 각 항을 참고하여 결정한다.

(1) 실공기소비량

실공기소비량은 개개의 기기 등의 공기소비량에 최대사용 기기수를 곱한 양으로 한다.

(2) 전공기소비량

전공기소비량은 배관에서의 누설, 잡일에서의 소비 및 소비설비의 증설 등을 고려하여 실공기소비량에 20% 정도의 여유를 본다. 압축기의 총 토출공기량은 전공기소비량의 1.5~2.0배로 하는 것이 일반적이다.

2.에 대하여 ; 압축기는 흡입공기에 이물질이 혼입되면, 압축기의 피스톤, 실린더 및 밸브 부분에 손상을 주게 되므로 흡입 측에 필터(filter)를 설치한다. 또 공기공급원 장치 내에서 발생하는 이물질(카본, 제습장치의 겔 분말)을 토출시키지 않게 하기 위하여 토출 측에도 필터를 설치한다.

필터에는 건식, 습식 및 흡착식이 있지만, 일반적으로는 건식필터가 부속 장착되어 있다.

3.에 대하여 ; 압축기의 소음을 저감하는 소음기(silencer)는 압축기의 흡입 측에 부착된다.

소음기에는 공동형, 공명형, 흡음형, 충전형 등이 있으며 이들을 여러 가지로 조합하여 사용한다. 소음기는 압축기의 토출압력, 공기량, 온도, 맥동의 크기 등에 의해서 형상과 크기가 다르다.

4.에 대하여 ; 압축공기 중에는 다량의 수증기와 기름성분이 포함되어 있고 혼입된 수증기는 토출공기 중에서 온도가 내려감에 따라 응축되어 물로 되며 말단기기나 배관, 밸브의 조기부식, 압력손실의 증가 등의 폐해가 발생한다. 이 때문에 수분과 기름성분을 제거하는 것을 목적으로 애프터쿨러(after cooler), 유수(油水)분리기 등을 설치한다.

5.에 대하여 ; 공기탱크는 공기를 저장하고, 사용 공기량 변동에 대응하기 위한 목적 외에도 왕복동식 압축기와 같이 공기가 간헐적으로 토출되는 것에서는 맥동을 완화시키기 위해서 설치된다. 공기탱크에는 배수구를 설치하여 수분을 배출할 수 있도록 한다.

공기탱크는 제2종 압력용기로서 「산업안전보건법」의 보일러 및 압력용기 안전규칙에 의해

구조, 강도가 정해지고 있으므로 공인기관에 의한 검정을 받은 것을 설치해야 한다.

6.에 대하여 ; 애프터쿨러로 수분을 제거시킨 공기는 그 온도의 포화수증기를 포함하고 있으므로 수분을 더욱 완전하게 제거하기 위해서는 제습장치를 설치한다.

제습장치에는 흡착식과 냉동식 등이 있다. <표-8.6.1>에 흡착식과 냉동식을 비교하여 보이고 있다.

7.에 대하여 ; 안전장치로는 다음과 같은 것이 있다.

① 안전밸브 ; 압력이 비정상적으로 상승하는 것을 방지하는 것으로 토출용량은 압력용기 구조규격에 규정되어 있는 계산식에 의해 정해야 한다.

② 유압스위치 ; 윤활유의 압력이 비정상적으로 저하된 경우, 압축기를 정지하거나 또는 경보를 발령함으로써 기기의 비정상을 알려서 고장을 미연에 방지하는 것이다.

③ 단수릴레이 ; 냉각수량이 규정치 이하로 된 경우, 압축기를 비상 정지시키는 것이다.

<표-8.6.1> 흡착식과 냉동식의 비교

	흡착식(건조제식)		냉동식
	히터(heater)식	히터리스(heater-less)식	
용도	냉동식에 비하여 낮은 노점을 얻을 수 있다(대기압 -30~-40℃). 그 때문에 일반계측제어용으로 최적이며 또한 「고압가스안전관리법」의 적용을 받는 방폭형 기종도 있다.		낮은 노점을 필요로 하지 않는 계측제어용이나 잠공기용에 알맞다(대기압 노점 -17~-20℃). 또한 방폭불가.
특징	장점	히터, 송풍기(blower)가 필요없으므로 장치가 콤팩트하고 유지보수가 용이하다. 또한 소비 전력도 적다. 히터식에 비하여 건조제(synthetic deolite)의 용량이 적다.	브라인(brine)에 의한 간접냉각식인 경우 부하(처리량)의 변동에 의한 노점온도의 변화가 적고 에너지 절약효과도 높다. 패키지형이기 때문에 안전하다. 건조제를 정기에 교체할 필요가 없다.
	단점	건조제(활성alumina)의 용량이 히터리스형에 비하여 많고, 약 3년마다 교체해야 한다.	제습과 재생전환시간이 짧고(약 5분) 연간재생회수가 가장 많다. 다량의 재생공기를 버린다(퍼지음이 크다). 또 노점도 안정되기 어렵다.
경제성	초기투자비가 높다. 히터와 송풍기 때문에 소비전력이 크다.	냉동식보다 높지만, 히터식보다는 저렴하다. 히터식보다 소비전력은 적지만, 재생 퍼지(purge)용량이 많기 때문에 비경제적이다(순환식도 있다).	초기투자비용이 가장 높다. 흡착식에 비하여 운전비용이 저렴하다.

8.6.4 크레인 · 호이스트

크레인과 호이스트는 운전의 안전성 및 정확성을 중요시하는 기종으로 한다.

【해설】

크레인(crane)은 동력을 이용하여 무거운 물건을 들어올려서 이것을 수평으로 운반하는 것을 목적으로 하는 기계장치로서, 여기서는 이동식 크레인(移動式 크레인)과 데릭(derrick)은 포함하지 않았다. 무거운 물건을 들어올리는데 동력을 쓰고 수평이동에 인력을 쓰는 것은 크레인에 포함되지만, 무거운 물건을 들어올리는 것을 인력으로 하고 수평이동에 동력을 쓰는 것은 크레인에 포함되지 않는다.

호이스트(hoist)란 전기호이스트, 전기체인블록, 전동원치 등의 총칭으로 전동기, 감속장치, 권상장치(와이어로프식에 있어서의 드럼, 체인식에 있어서의 도르래), 훅블록(hook block) 및 제어장치 등을 일체로 한 권상장치로서 수평이동장치를 구비한 것도 있다.

체인블록이란 로드체인(load chain)이 맞물고 있는 도르래(load sheave)를 감속기구와 제어기구를 통해 손쉬운 바퀴를 조작함으로써 물건을 감아올리거나 내리는 것이다.

1. 천정크레인

천정크레인은 펌프, 전동기 등 대형기기의 반출입과 설치, 해체 등에 사용하기 위해서 설치되는 것이다. 건물 내에 설치되는 경우, 건물측면 상부에 주행레일을 고정시키고 그 위를 주행하는 새들(saddle)에 주행거더(traveling girder), 주행거더 위에 크레브(crab)를 설치한 것으로 각각 주행장치를 가지고 있으며 크레브에는 인양장치를 갖는다(<그림-8.6.8>을 참조한다).

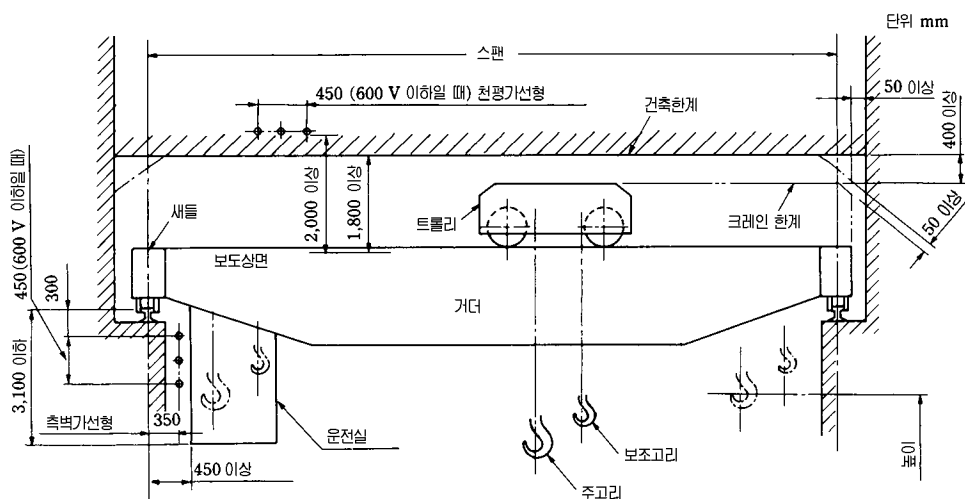
장치의 구동방식에 따라 전동 천정크레인, 수동천정 주행크레인 또는 호이스트형 크레인 등이 있다.

전동식은 감속기와 브레이크를 구비한 전동기로 구성된다. 주행거더와 크레브에의 전기공급 방식은 트롤리선에 의한 집전방식이나 캡타이어 케이블에 의한 방식이 있다.

크레인에는 점검용의 난간(handrail)과 승강사다리에는 전락방지울타리를 구비해야 하며, 전동크레인의 전원에는 개폐기를 각각 구비해야 한다.

수도시설에 설치하는 전동크레인은 인양속도 3~6 m/min, 횡행속도와 주행속도 10~20 m/min 정도로 하는 것이 일반적이다.

천정크레인의 구조는 크레인 등의 안전규칙 및 크레인구조규격에 적합해야 한다.



<그림-8.6.8> 천정주행 크레인(예)

2. 전기호이스트

전기호이스트는 무겁지 않은 펌프 등을 들어올려서 설치하는데 사용되며 종류로는 다음과 같은 것이 있다.

① 전동주행형(motor operating traveling type)

거더에 현수되었거나 사이에 걸쳐서 주행하는 것이다.

② 체인주행형(chain operated traveling type)

거더에 현수되었거나 사이에 걸쳐진 크래브를 바닥에서 체인으로 조작하거나 이송시키는 것이다.

③ 로헤드형(low head type)

건물의 천정 높이에 제한이 있는 경우에 쓰이며 와이어로프를 상한까지 감았을 때, 매달린 쇠장식과 거더 하부의 거리를 가능한 한 단축시킨 것이다.

3. 체인블록

체인블록은 표준품의 것을 쓴다.

① 체인블록은 크레인 등 안전규칙 및 크레인구조규격에 준한다.

② 체인블록의 트롤리가 모노레일식인 것은 형강(I형 또는 H형)으로 한다.

8.6.5 환기 · 공조설비

환기 · 공조설비는 다음 각 항에 의한 것으로 한다.

1. 발열원으로 되는 기기를 설치한 장소 및 유해가스가 발생하는 장소에는 환기설비를 설치한다.
2. 컴퓨터 시스템 등의 전자기기를 설치하는 장소에는 그 기기에 알맞은 공조설비 등을 설치한다.

【해설】

수도시설에는 기계실, 전기실 또는 약품실과 같이 발열원으로 되는 기기나 소독용 약품과 같은 유해가스가 발생할 우려가 있는 것이 있다. 이들의 설비를 설치하는 장소에는 안전확보 또는 기기의 정상적인 기능확보, 장수명화를 위해 환기 · 공조설비를 설치해야 한다.

1.에 대하여 ; 환기에는 자연환기방식과 기계환기방식이 있다.

기계환기방식에는 제1종으로부터 제3종까지의 3방식이 있다.

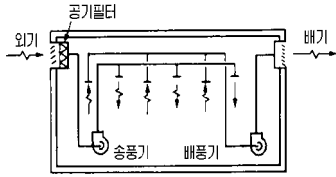
제1종 환기법은 외기를 기계적으로 급기(給氣)함과 동시에 실내의 오염공기를 기계적으로 배기시키는 방식이다.

제2종 환기법은 외기를 기계적으로 급기하고 배기는 배기구 또는 빈틈에서 자연스럽게 배출시키는 방법으로 연소공기를 필요로 하는 실 등의 환기에 적합하다.

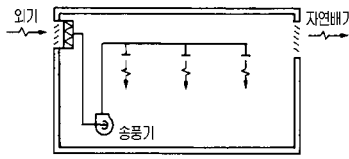
제3종 환기법은 실내공기를 배풍기에 의해 배기하면서 동시에 개구부에서 외기를 자연스럽게 유입시키는 방식으로 국소적으로 배기를 필요로 하는 실에 적합하다.

각각의 환기법을 <그림-8.6.9~8.6.11>에 보이고 있다.

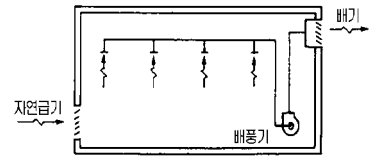
환기에 관련되는 법규로는 「건축법」, 「산업안전보건법」 등에 의해서 규제되는 것이 있다.



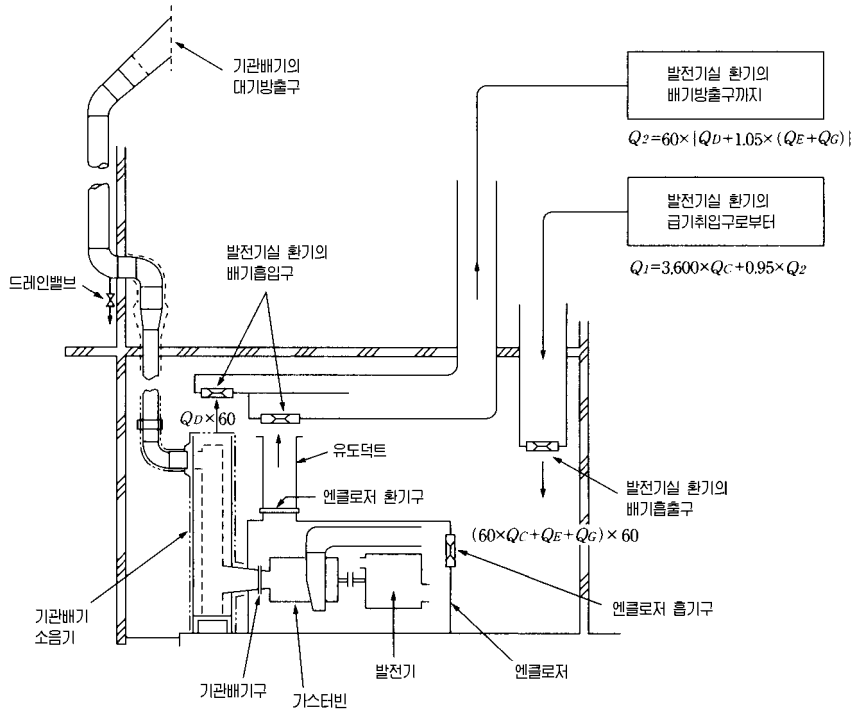
<그림-8.6.9> 제1종 환기법



<그림-8.6.10> 제2종 환기법



<그림-8.6.11> 제3종 환기법



<그림-8.6.12> 가스터빈 발전기 환기 계통도

환기방식과 환기량을 <표-8.6.2>에 가스터빈 발전기의 환기계통도를 <그림-8.6.12>에 나타내었다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템 등의 전자기기는 각각의 정해진 온도·습도의 범위를 넘으면, 여러 가지의 장애가 발생한다. 즉, 고온 상태로서는 고장률 증대, 수명 저하, 아날로그신호의 오차증대, 오동작, 기기 과열 등의 나쁜 영향을 미칠 우려가 있다. 또 저온상태에서는 아날로그신호의 오차 증대, 오동작 등의 우려가 생긴다. 더욱이 고습도 또는 저습도의 상태에서는 절연저하, 녹이나 부식의 진행, 정전기 방전장애에 의한 기기의 오동작 및 고장 등의 나쁜 영향이 나타날 우려가 있다. 특히, 컴퓨터 시스템의 고장률은 주위온도·습도의 영향을 받기 쉬우므로 기기의 사용조건 내가 되도록 배려해야 한다.

컴퓨터 시스템 등을 설치하는 장소에는 열부하조건, 공기청정도 및 운용시간이 일반사무실과 다르기 때문에 전용의 공조설비를 설치하는 것이 바람직하다.

<표-8.6.2> 환기방식과 환기량

	환기가 필요한 요인				환 기 방 식				환 기 량 환기회수(회/h)
	열	연소가스 산소공급	습 기	유독가스	자연환기	제1종환기	제2종환기	제3종환기	
기 계 실	○					○		△	5
고압가스봄베실				○	△	○		△	5
변 전 실	○					○		△	주) 1
분 전 반 실	○					○		△	4
자 가 발 전 실	○	○				○			주) 2
축 전 지 실				○		○		△	10~15

비고 ; ○는 일반적으로 채용하는 방식, △는 채용해도 좋은 방식.

고압가스 봄베실, 분전반실 등의 필요 환기량은 위의 표의 환기회수에 실의 용적을 곱하여 산출한다.

주) 1. 변전실의 필요 환기량 $Q(\text{m}^3/\text{h})$

$$Q = \frac{1,000H}{0.33(t_1 - t_2)} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

여기서

H : 변압기 발열량(다음 표 참조)

t_1 : 변전실 허용최고온도(=40℃)

t_2 : 하절기 설계외기온도(℃)

자냉식 변압기 발열량 H (단위 : kW)

변압기 용량 kVA		20	30	50	75	100	150	200	300	500
유 입 변 압 기	단 상	0.49	0.67	1.01	1.53	2.03	2.74	3.44	-	-
	삼 상	0.59	0.83	1.28	1.76	2.24	3.21	4.07	5.78	8.64
물 드 변 압 기	단 상	0.67	0.95	1.34	2.00	2.48	3.37	4.91	-	-
	삼 상	0.88	1.10	1.56	2.30	3.00	3.70	4.41	5.67	10.1

주)2. 자가발전장치의 정지 중에 건물환기는 5회/h로 하고, 발전장치가 운전되고 있을 때의 발열 및 연소에 의한 필요 환기량은 다음 식으로 구한다.

1) 디젤발전장치의 발열 및 연소에 필요한 환기량

① 급기량 $Q_1(\text{m}^3/\text{h})$

$$Q_1 = \frac{1,000H_G}{0.33(t_1 - t_2)} + V \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

여기서

H_G : 자가발전장치 발열량(다음 표 참조)(kW)

t_1 : 자가발전실 허용최고온도(=40℃)

t_2 : 외기온도(일최고온도 평균치의 최고치) (℃)

V : 수냉식 자가발전기 연소공기량(다음 표 참조)(m^3/h)

② 배기량 $Q_2(\text{m}^3/\text{h})$

$$Q_2 = Q_1 - V$$

수냉식 자가발전장치의 발열량(디젤기관)

발전기 정격용량 kVA	37.5	50	62.5	75	100	125	150	200	250	300	375	500
발열량(H_G)(kW)	10.2	12.4	14.9	17.4	22.1	26.3	30.7	39.1	45.1	52.4	59.9	76.3

수냉식 자가발전장치의 연소공기량(디젤기관)

발전기 정격용량 kVA	37.5	50	62.5	75	100	125	150	200	250	300	375	500
연소공기량(H_V) (m^3/h)	250	330	410	490	640	990	1,180	1,560	1,760	2,100	2,350	3,110

주) 125kVA이상은 과급기관이 있는 것으로 한다.

2) 가스터빈 발전장치의 필요 환기량의 참고치(엔클로저의 흡기 내 가스터빈의 기관흡기를 발전기실에서 흡기하는 경우)(<그림-8.6.12>참조).

① 급기량 $Q_1(\text{m}^3/\text{h})$

$$Q_1 = 3600 \times Q_C + 0.95 \times Q_2 (\text{m}^3/\text{h})$$

② 배기량 $Q_2(\text{m}^3/\text{h})$

$$Q_2 = 60 \times (Q_D + 1.05 \times Q_E + Q_G) (\text{m}^3/\text{h})$$

여기서

Q_C : 엔클로저(enclosure)의 흡기 내 가스터빈의 기관흡기량(m^3/s)

Q_D : 발전설비실의 극소(천정 바로 아래 등)의 환기 체류발생을 방지하는데 필요한 공기량(m^3/min)

$$Q_D = 0.06 \times \frac{A_1 \times q_1 + A_2 \times q_2}{47.5 - t_x} \times 860$$

여기서

A_1 : 발전기실내에 설치된 기관배기 소음기의 표면적(m^2)

A_2 : 발전기실내에 설치된 기관배기관의 표면적(m^2)

q_1 : 기관배기 소음기의 표면적 1m^2 당, 1시간당 방열량(kW/m^2)

q_2 : 기관배기관의 표면적 1m^2 당, 1시간당 방열량(kW/m^2)

t_x : 최고외기온도($= \frac{1}{2} \times (40 + t_1)$)($^{\circ}\text{C}$)

t_1 : 일최고기온의 월평균치 중 8월의 값($^{\circ}\text{C}$)

47.5 : 체류된 다운 공기의 온도(가정)

Q_E : 엔클로저의 흡기 중 가스터빈의 기관(윤활유)냉각용 팬 등이 흡인하는 공기량(m^3/min)

Q_G : 엔클로저의 흡기 중 발전기의 (자기)냉각용 팬 등이 흡인하는 공기량(m^3/min)

(발전기의 윤활유 냉각용 팬인 경우에는 그 공기량도 Q_G 에 포함)

컴퓨터 시스템 등의 환경에 대하여는 공업용 계산기 설치환경기준이 있고 온도, 습도 등을 조사하여 결정한다.

컴퓨터 시스템 등에서의 급기는 허용되는 범위로 비교적 저온의 공기를 흡입시키는 편이 좋다. 그러나 이들을 실내에서 흡입하면 실온이 재실자의 쾌감조건보다 지나치게 낮아지기 때문에 기계에 직접 또는 기계 바로 결의 바닥에서 흡입시키는 등 재실자의 쾌감온도를 만족하도록 하는 것이 바람직하다.

또 프로세스 컨트롤 등으로 현장에 설치하는 전자기기에 대해서는 그들 기기의 허용온도나 습도 등을 만족하는 공조설비 등으로 하는 것이 바람직하다.

감시실 등 상시 재실자 방의 온습도조건은 「건축법시행령」을 준용하면 다음과 같다.

온도 : 17°C 이상 28°C 이하

습도 : 40% 이상 70% 이하

8.6.6 용존공기부상조(DAF)의 기계설비

용존공기부상조의 기계설비로서는 다음과 같은 것들이 있다.

1. 가압탱크(saturator, 또는 압력용기포화기)
2. 순환수 공급시설(recycling water system)
3. 순환수 분배관(recycle header) 및 미세기포 발생 노즐(nozzle)

【해설】

1.에 대하여 ; 가압탱크(포화기라고도 한다)를 이용한 공기포화시스템은 부상공정 동력비의 약 50 %를 차지하므로 적절한 포화시스템을 선정 및 설계하는 것이 운영비를 최소화하기 위해 매우 중요하다. 각 계열별로 순환펌프(recycle pump)를 가동하여 가압탱크 상부에서 순환수가 유입되며, 압축공기는 가압탱크의 상부 또는 중간에서 주입되는데 원활한 물 순환을 위하여 입자상 물질이나 기름을 미리 제거해야 한다. 공기압축기는 오일을 사용하지 않는 압축방식(oil-free compressor)이 유지관리가 어렵고 신뢰성이 낮으므로, 표준형 로터리 스크루방식(rotary screw)에 오일을 제거하기 위한 필터를 사용하는 것이 유리하다.

한편, 가압탱크는 수위조절이 가능하도록 변속구동이 가능한 순환수펌프(recycle pump)에 의하여 유량을 조절할 수 있다. 가압탱크로부터 DAF로의 순환수량은 포화압력, 분사노즐의 개수 등에 따라 결정된다. 원수 유입량이 적은 경우에는 표면부하율을 낮추기보다는 유량에 따라 DAF부상조의 가동 지수(池數)를 적절히 조절하여 운영하는 것이 유리하다. 이렇게 운영방안을 수립하면 공기압축기와 순환수펌프의 기동/정지 빈도를 최소화할 수 있다.

압력이 가해진 상태에서 공기로 포화된 물은 매우 부식성이 크다. 따라서 가압탱크의 재질로 연강을 사용할 경우 내식성 라이닝이 필요하다. 가압탱크와 부상조 간의 연결 배관은 플라스틱이나 스테인리스강의 재질을 사용해야 한다. 부상조까지의 공급배관은 수도손실에 따른 사전 공기발생을 피하기 위해서 가능한 한 짧도록 가압탱크를 부상조에 근접시켜야 한다.

가압탱크에 공기를 포화시키는 방법으로는 벤투리방식(ejector + separator)과 여재충전방식(packed bed saturator)이 있다.

① 벤투리 방식(<그림-8.6.13>)

순환수는 펌프에 의해 압력이 가해져 벤투리(ejector)를 통과한다. 벤투리는 배관 중의 좁혀진 부분으로서 수직형 가압탱크의 중심에 위치한다. 가압탱크는 일부 물로 채워지고 공기압축기에 의해 가압된다. 벤투리의 좁혀진 목 부분에서 진공이 형성되어 벤투리 개구부를 통해 물에 잠겨진 배관 속으로 공기를 빨아들인다. 공기는 강력하게 물과 섞여지고 물과 기포와의 혼합물이 가압탱크 내에 저장된다.

가압수 중의 기포는 배관에서 장애를 일으키고 접촉조에서 생성된 미세기포 구름을 흩뜨리거나 노즐에 손상을 입히므로, 기포가 수면까지 빠져나갈 수 있도록 충분한 포화수 체류시간으로 해야 한다. 가압탱크에는 안전밸브가 장치되어 있으며 순환수 제어밸브에 연동되어 가압탱크 수면이 일정하게 유지되고 가압탱크 압력 또한 압축기와 연동되어 일정범위로 유지된다.

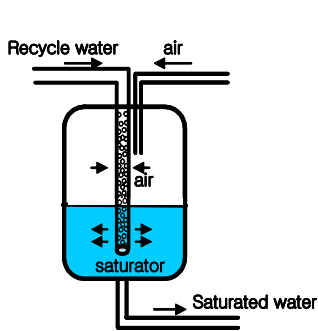
벤투리 속에서 물의 속도는 목 직경에 따라 결정되며 이는 가압탱크 효율과 직선적으로 비례 관계를 나타낸다. 즉 더 빠른 유속은 더 높은 효율을 얻을 수 있다. 유속 8 m/s에서 공기포화효율은 공기포화압력과 직선적인 관계를 보인다. 효율 90-100 %를 얻기 위해서는 목에서의 유속은 최소 10-12 m/s, 최소요구 절대압력 700-800 kPa가 필요하다.

② 여재충전방식(packed bed saturator)(<그림-8.6.14> 참조)

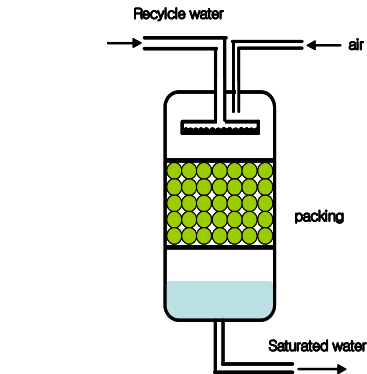
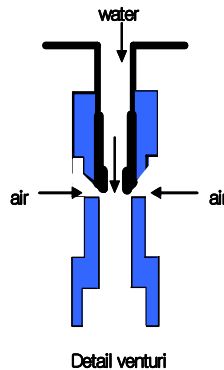
여재충전방식의 가압탱크는 배관을 통하여 가압탱크 내부에 충전된 패킹 상부에서 순환수를 스프레이로 분사시킨다. 공기도 가압탱크 상부에서 유입되고 공기와 순환수는 같은 방향의 흐름 형태를 보인다.

충전여재(packing material)는 여러 가지 크기(15-75 mm)와 형상(hollow ring, pall ring, cyl. ring, saddle, ball), 재질(세라믹, 플라스틱, 금속)로 만들어 질 수 있다. 물 속으로의 공기이동을

촉진시키기 위하여 패킹은 큰 비표면적을 가져야 한다.



<그림-8.6.13> 벤투리식 가압탱크(포화기)



<그림-8.6.14> 여재충전식 가압탱크

가압탱크 내 수면은 패킹이 물 속에 잠기지 않도록 가능한 한 일정하게 유지되어야 한다. 수위감지기 신호에 의하여 순환수 펌프의 회전속도를 제어하거나 순환수 조절밸브를 제어함으로써 가압탱크의 수면을 제어할 수 있다.

여재충전식 가압탱크는 효율저하 없이 $300 \sim 2500 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$ 범위에서 운전될 수 있으며, 패킹 깊이 0.8 m, 25 mm 폴리프로필렌(pall rings)패킹은 100 % 포화효율을 발생하기에 충분하다.

여재충전방식 가압탱크의 불리한 점은 생물성장에 의한 막힐 위험성이다. 가압탱크 부하율($1000 \sim 2000 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)이 일반 완속여과지 부하율($10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{day}$)보다 훨씬 높으므로 생물성장에 의한 문제발생은 결코 바람직하지 않다. 순환수 부유입자들은 패킹 층에 장애를 일으킬 수 있고 잦은 청소를 필요로 하게 된다.

벤투리형 가압탱크가 여재충전식 가압탱크와 같은 성능을 발휘하기 위해서는 여재충전식 가압탱크 운전압력보다 약 200 kPa 정도 더 높은 운전압력이 요구된다. 물 또는 수증기와 접촉하는 모든 부품은 STS316 스테인리스강이나 그 이상의 재질로 해야 한다.

2.에 대하여 ; 순환수 공급시설에는 순환수 펌프, 공기압축기설비 및 가압탱크, 순환수 분배관(recycle header)과 순환수 주입장치로 구성된다. 순환수 공급시설에 소요되는 동력비는 전체 운전비의 약 50 %를 차지하며, 따라서 순환수 공급시설 최적화는 운전비를 최소화하는데 있어서 매우 중요하다.

① 순환수 펌프(recycle pump)

순환수 펌프는 가압탱크 1대에 펌프 1대를 적용하며 예비기를 1대는 둔다. 순환수 펌프는 DAF 유출수의 일부를 가압탱크에 공급, 순환시켜 가압탱크에서 공기가 용존되도록 하고 가압탱크의 운전압력과 순환수량에 연계하여 자동변속으로 운전되도록 구성된다.

② 공기압축기(compressor) 설비

공기압축기 설비는 공기저장조를 거쳐서 또는 직접 가압탱크(saturator)에 압축공기를 공급하며 항상 일정한 압력을 유지하기 때문에 직접 가압탱크에 공급하는 경우에는 가동빈도가 높다고 볼 수 있다. 따라서 공기압축기는 유지보수가 편리하고 고장이 적은 기종으로 선정하는 것이

바람직하다. 예비기를 확보해야 하며 예비 공기압축기는 어느 가압탱크에나 사용할 수 있도록 구성해야 한다.

3.에 대하여 : DAF조에는 순환수 분배관(recycle header)을 지의 폭에 걸쳐 순환수가 고르게 배분되도록 배관한다. 그 방법으로 하나의 순환수 주입장치(recycle injection header) 설비는 순환유량에 대한 총 오리피스 면적의 2/3를 갖도록 하고, 나머지 하나는 1/3을 갖도록 하여 설계 순환수 유량의 33%, 67% 또는 100%를 공급할 수 있게 하는 방법을 채택한 곳도 있다. 헤더에는 각 노즐이 일정한 간격으로 배치된다.

DAF공정에서 효과적으로 미세기포를 발생시키기 위하여 갑작스런 압력감소에 이어 다음 단계에서 심한 난류흐름을 이용해야 한다. 이러한 목적으로 사용되는 노즐은 고정식(WRC 노즐, bete 노즐)과 조정식(DWL 노즐, AKA 니들 밸브)의 두 가지 형태가 있다. 물과 기포가 분출구를 고속으로 통과하는 동안 상당한 부식과 침식이 발생할 수 있으므로 기구들은 대부분 스테인리스 강으로 만들어진다.

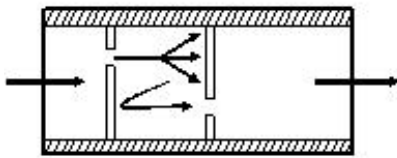
현재 넓은 범위의 고정식 노즐들이 적용되고 있다. 이들은 모두 다음 5가지 특징을 가지고 있다.

- 분출구에 최대한 근접하여 1 단계의 순간적인 압력강하
- 오리피스 입구에서 흐름 방향의 갑작스런 변환(대개 90°)
- 오리피스를 지난 후 흐름을 유도하는 적절한 각도와 형상의 와실(shroud)
- 분출속도 감소와 기포 확산을 돕는 점증 형상의 분출구

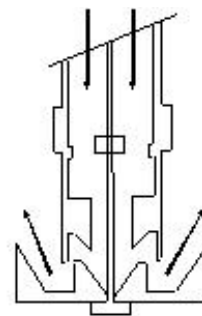
고정식(WRC) 노즐의 모양은 아래 <그림-8.6.15>와 같다.

이 노즐은 압력을 줄이고 난류를 일으키는 2개의 오리피스로 구성되어있고, 이어지는 와실은 순환수가 응집공정을 거친 물과 섞이기 전에 유속을 감소시킨다. 두 개의 오리피스 중 첫 번째 오리피스 판은 부상 조에 가해지는 순환수의 양을 조절한다. 두 번째 판은 공기 분출을 돕고 순환수가 와류실로 유입되기 전에 그 흐름 속도를 줄인다.

조정식(DWL) 노즐은 네덜란드 물 공급 회사에서 개발되었으며 <그림-8.6.16>과 같다. 지그재그 모양의 개구부가 수류에 큰 저항을 주어서 본류에 적은 난류를 발생시킨다. 이 노즐은 청소를 위해 쉽게 분해 할 수 있다.



<그림-8.6.15> 고정식(WRC) 노즐

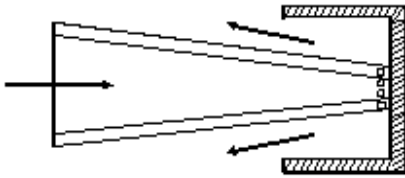


<그림-8.6.16> 조정식(DWL) 노즐

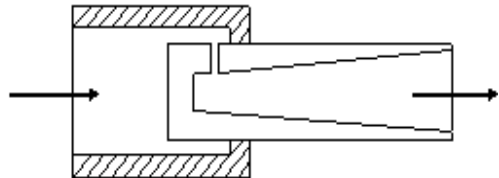
고정식 노즐은 사용하기에 더욱 단순하고 비록 장애를 일으킬 가능성은 있지만 조정식 노즐보다 널리 사용된다. 따라서 여러 형식의 고정식 노즐들이 고안되었다. 고정식 노즐은 허용압력

변동폭이 제한되지만 노즐을 2 또는 3 그룹으로 나누면 단계별로 용이하게 조정할 수 있다. 게다가 한번 가동되면 순환수량의 미세한 조정이 필요하지 않다.

조정식 노즐은 원수수질, 온도와 유량 변화에 유연하게 적용될 수 있다. 노즐 위치는 단지 설계적이고 경험적인 고려사항으로 감안될 수 있다. 적용되는 노즐 수는 순환수 유량과 각 노즐 용량에 따른다. 대개 m당 4~8 개의 노즐이 채택되고 각각의 거리는 15~30 cm 정도이다. 더 많은 수의 노즐을 사용하더라도 효율은 거의 변동이 없다. 이 외의 NIWR노즐(<그림-8.6.17> 참조) 및 RICTOR노즐(<그림-8.6.18> 참조) 등이 사용되고 있다.



<그림-8.6.17> NIWR 노즐



<그림-8.6.18> RICTOR 노즐

8.7 전기설비

8.7.1 총칙

전기설비는 전력회사에서 전력공급을 받기 위한 수전설비, 부하의 전기방식 및 전압에 대응시키는 변전설비, 부하에 전력을 배분하는 배전설비, 전동기구동을 위한 동력설비 및 건축전기설비 등으로 구성된다.

전기는 동력, 조명, 열, 통신, 계측제어, 기타 설비의 에너지원으로서 폭넓게 이용되고, 전력설비는 다른 설비와의 관계가 가장 많다. 또 전기설비의 사고는 단수나 수압저하 등의 결과를 초래하기 때문에 충분한 신뢰성을 갖는 설비로 하는 것이 설계할 때의 최우선 조건으로 된다.

상수도시설이 장기간 사용되는 것을 고려하면, 전력설비도 이에 대응하여 수명이 길고 안정된 설비를 채용함과 동시에 장래의 교체에 대해서도 배려하는 것이 바람직하며 지진, 온도, 습도, 염해 등의 자연현상에 대해서도 충분한 내구성을 갖는 설비로 할 필요가 있다. 더욱이 전력비는 시설의 운전경비 중에서도 큰 비중을 차지하고 있으므로 전력을 합리적으로 사용할 수 있는 전력설비로 설계해야 한다.

최근의 전기기술은 전자기기, 전기재료의 발달에 따라 신뢰성과 안정성이 높고 우수한 보수성과 내환경성을 갖는 소형화, 경량화와 에너지 절약형의 방향으로 제품이 개발되고 있다. 이들의 기술을 이용할 때는 앞서 설명한 점을 고려하여 각 수도시설의 목적에 적합한 전력설비를 구성해야 한다.

또한 전력설비의 설치, 유지 및 운용에 대해서는 「전기사업법」 등 관계법령과 기준에 따라야 하며 특히 안전에 대해 충분한 배려가 요청된다.

8.7.2 기본설계

전력설비의 설계는 다음 각 항에 의한다.

1. 「전기사업법」, 「전기설비기술기준」 등에 적합하도록 설치한다.
2. 수도시설의 중요도에 알맞은 것으로 충분한 신뢰성을 가지고 있어야 한다.
3. 시설의 장래계획을 고려하여 증설 및 교체가 쉽도록 유연성이 있는 설비로 한다.
4. 운전 및 보수관리가 쉽고 사고를 방지하기 위하여 안정성이 높은 것으로 한다.
5. 지진이나 그 밖의 자연재해에 대하여 충분한 강도와 안정성을 가져야 하며 복구에 대해서도 고려해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 전기설비의 설치 및 개량과 교체공사는 「전기사업법」 등 관계법령과 기준에 따라야 한다.

「전기사업법」은 전기에 관한 기본법인 동시에 전기의 이용에 대하여 공공의 안전을 확보하기 위한 법이다.

전기설비의 안전관리대상은 「전기사업법」에 전기설비로 정의되었으며 전기설비는 일반용 전기설비와 사업용 전기설비, 자가용 전기설비로 구분되고 있다.

상수도시설에서 사용되는 전력설비는 일반용 전기설비와 자가용 전기설비에 해당되며 자가용 전기설비의 범위는 「전기사업법」에 규정되어 있다.

또한 「전기설비기술기준」은 전기설비의 설계와 시공 및 유지에 관한 최저기준이므로 수도에서의 전력설비는 그 중요성을 감안하여 필요에 따라 이 기준 이상으로 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 전력설비는 다음 사항을 고려해야 한다.

① 시설의 사용목적과 관련시설을 사전에 충분히 조사하여 전체 시스템으로서 일관성을 유지한다.

② 수전설비로부터 부하설비에 이르기까지 각 설비의 신뢰도에 우선순위를 붙여서 신뢰성과 경제성을 조화시킨다.

③ 기기는 신뢰성이 높고 수명이 긴 표준품으로 구성한다.

④ 기기, 회로, 시퀀서 등은 가능한 한 단순하고 간소하게 구성해야 함과 동시에 예비설비 등으로 이중화하고 백업시스템과 자동안전(fail-safe)시스템을 도입해야 한다.

⑤ 합리적 배치와 함께 과급사고를 방지할 수 있어야 한다.

3.에 대하여 ; 상수도용 전기설비의 대부분은 장래 증설가능성이 있으므로 설계할 때는 추후에 증설 및 교체를 할 때에도 지장 없이 공사를 할 수 있도록 다음 사항을 고려하여 설비를 구성한다.

① 기기의 배치가 합리적이어야 하며 동시에 적당한 여유 공간(space)을 갖고 있을 것.

② 전력배분이 적절하고 교체 및 증설공사 중에도 안정되게 운전할 수 있을 것.

③ 개량이나 교체공사로 인한 정전시간을 최대한 짧게 할 수 있도록 하고 또한 정전구

분을 적절하게 할 수 있도록 구성할 것.

4.에 대하여 ; 전력설비의 사고는 즉시 단수 또는 수압저하를 초래하기 때문에 사고방지 대책이 필요하다.

일반적으로 사고는 설비 사고와 인위적 사고로 나눌 수 있으며 될 수 있는 한 신뢰성이 높은 기기를 사용하여 설비 사고를 방지함과 동시에 인위적 사고를 예방하기 위해서는 설계할 때에 다음 사항에 유의해야 한다.

① 보수점검에 필요한 충분한 작업공간을 확보하고 점검하기 쉽도록 기기를 배치하며 감전 우려가 있는 부분에는 감전방지용 보호덮개를 설치한다.

② 조작스위치, 램프 등은 오조작이나 착오의 우려가 없도록 배치함과 동시에 조작회로에는 필요에 따라 인터록 회로를 설치한다.

③ 기기의 전환조작 등은 가능한 한 자동화하고 연동화하며 오조작의 요인을 최소화해야 한다.

5.에 대하여 ; 지진시 주요구조물이 피해를 받지 않더라도 수·변전설비 등에 피해가 생기면, 수도시설의 기능이 마비된다.

전력설비는 구조물의 내진성능과 동일한 레벨을 목표로 하는 것이 바람직하다. 즉 지진이 발생하는 경우에도 전력을 공급할 수 있어야 한다. 전력설비의 내진설계는 「건축법」 등에서 규정한 “내진설계기준”에 적합하도록 설치되어야 한다.

이 밖에 풍수해, 낙뢰 및 염해에 대하여 가능한 한 피해가 적도록 설치장소, 구조 및 보호설비를 고려한다.

8.7.3 수전계획

수전계획은 다음 각 항에 따라야 한다.

1. 최대수요전력은 최종계획 및 대상부하를 충분히 조사하고 운전방법 등을 고려하여 결정한다.
2. 계약전력은 전력회사의 규정에 따라 충분하게 협의하여 필요한 사항을 결정한다.
3. 수전방식은 시설의 중요도에 따라 충분한 안전성을 갖도록 선정한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 최대수요전력은 어떤 시간대에서 부하설비가 동시에 가동하는 경우의 최대전력으로 이것을 구하기 위해서는 기본부하를 조사해야 한다.

일반적으로 부하설비는 설비계획당초와 장래에서는 변화하는 것이 많으므로 전력설비의 설계에는 설비규모 등의 최종목표 및 거기에 이르기까지의 연차계획을 파악해야 한다.

최대수요전력(수전용량)은 계획년도에 공칭능력의 도·송·배수 및 급수를 수행할 때 펌프 등의 주요설비와 부속설비의 전기적인 부하합계를 고려하여 정한다.

2.에 대하여 ; 「전기공급약관」은 「전기사업법」에 의해 운용방법 등이 정해지고 있다. 따라서 최대수요전력이 결정되면, 전력을 공급받고자 하는 전력회사와 수전계획에 대하여 「전기공급약관」 등에 따라 상세한 협의를 해야 한다.

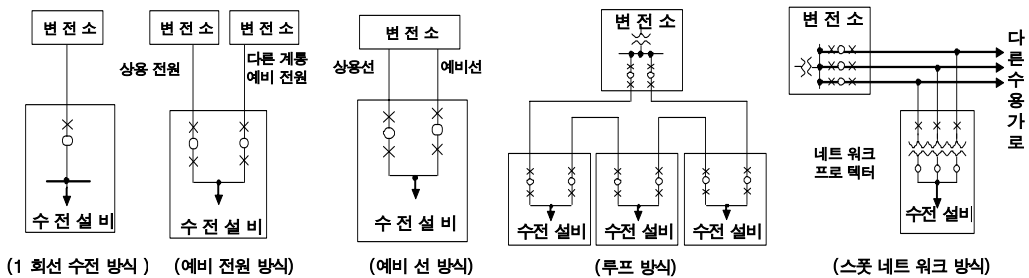
계약전력은 한국전력공사의 「전기공급약관」에 사용설비 또는 변압기설비에 의할 수 있으며, 사용설비의 경우 개별입력을 합계한 전력에 대하여 75kW까지는 100%를 적용하고, 그 다음부터는 75kW를 단위로 하여 85%, 75%, 65%를 적용하며, 300kW 초과분은 60%를 적용하여 합계한 것을 계약전력으로 하고 변압기설비에 의한 계약전력은 한국전력공사에서 전기를 공급받는 1차변압기 표시용량의 합계(1kVA =1kW)로 하고 있다. 또한 수전전압은 계약전력 별로 볼 때, <표-8.7.1>와 같이 정할 수 있다.

<표-8.7.1> 계약전력과 수전전압(한국전력공사의 약관)

계약전력	100kW 미만	100kW초과~10,000kW	10,000kW초과~300,000kW	300,000kW이상
수전전압	저압	고압(A)	고압(B)	고압(C)
	220V 또는 380V	3상 22,900V	3상 154,000 V	3상 345,000 V

그러나 이 표에 나타난 수전전압은 전력회사의 표준이고 또한 일반적으로 수전전압이 높을수록 공급신뢰도는 높게 되지만 설비비가 비싸게 된다. 따라서 수전전압이 22.9kV 고압(A)와 154 kV 고압(B)의 경계에 있을 경우에는 적당한 전압의 배전선로가 부근에 있는가의 여부와 장래의 시설확장가능성을 고려하여 충분하게 검토해야 한다.

3.에 대하여 ; 수도사업에서는 다른 수용가의 과급사고 등에 의한 정전을 피하기 위해서 전용선로에 의한 수전이 바람직하지만, 전력회사의 배전선로에 따라서는 곤란한 경우도 있다(<그림-8.7.1> 및 <표-8.7.2> 참조).



<그림 8.7.1 수전방식>

<표-8.7.2> 수전방식별 특성

수 전 방 식		특 성
1회선 수전		간단하고 경제적이거나 신뢰도가 낮음
2회선 수전	서로 다른 변전소에서 각각 수전하는 방식	배전선 또는 공급변전소 사고 시에 예비변전소로 절체 함으로써 정전 시간이 짧음
	동일 변전소에서 2회선 수전하는 방식	한 쪽 배전선로 사고 시 예비선으로 전기공급 가능
	루프방식	임의의 구간 사고 시에도 정전이 안됨 전압변동률, 배전손실이 적음
스폿 네트워크 방식		무정전 공급이 가능하고 전압변동률이 감소 부하증가에 대한 적응성, 설비 이용률이 향상됨

<표-8.7.3> 전기설비설계 검토순서

항 목	내 용	검 토 사 항
1 기본구상의 결정	· 신뢰성의 수준, 유지관리 형태, 증설계획 등에 대하여 기본구상을 결정한다.	· 설치장소, 건물의 유무 · 다른 설비와의 조화, 설비수명(life cycle) · 유인 또는 무인관리 · 최종계획 또는 증설
2 사전조사	· 기상, 지형, 유사시설에, 사고예, 법규 등의 사전조사를 실시	· 풍수해, 설해, 한해, 기압, 해수의 고조, 홍수, 너해 · 염해, 지진, 지반침하, 분진, 지하수, 전식 · 유사시설의 운용사례 · 인명, 설비, 조작, 화재 등 사고의 예 · 소음, 진동 등의 법규제
3 부하조사 설비요령의 결정	· 부하조사를 하여 부하 명세서를 작성하고 설비용량을 결정 · 부하내용을 확정할 수 없는 경우는 전력원단위, 사례 등에 의해 추정	· 부하의 종류, 용도, 용량, 대수 · 운전상황, 부하율, 예비기, 역률, 비상시운전 · 설치시기, 배치, 중요도
4 수전전력의 결정 수전방식의 결정 자가발전설비와의 관계	· 설비용량으로부터 최대수요전력, 계약전력을 상정하여 전력회사와 협의한 다음에 수전전압을 결정 · 수전전압으로부터 각종 수전방식의 득실을 비교검토하고, 전력회사와 협의한 다음에 수전방식을 결정 · 자가발전설비의 위치를 검토하고, 목적(비상용, 상용 peak cut)을 밝힘과 동시에 상용과의 연계방식을 검토	· 최대수요전력, 계약전력, 수전전압, 계약종별, 부담금 · 전용 또는 일반회선 · 1회선수전, 2회선수전 또는 spot network 수전방식 등 · 인입방식, 책임분계점, 재산분계점, 전력안전통신 · 상용 또는 비상용, 시설안전용 또는 안전용, 상용연계의 유무, 전압, 전환방식, 부하제한, 소방용부하
5 주회로단선결선도의 입안 · 변압기용량과 배크 · 모선구성 · 배전방식 · 배전전압	· 설비용량을 바탕으로, 신뢰성과 경제성을 고려하여 변압 기용량, 배크수를 결정 · 설비규모, 설비배치, 운용방법을 고려하여 모선구성, 배전 방식을 결정 · 각 설비에서의 전기방식, 배전전압(6.6 kV, 3.3 kV, 380 V, 220 V, 110 V)을 경제성과 안전성으로부터 결정	· 용도별, 여유, 역률, 기동전류, 임피던스, 최대수요전력, 부하율, 과부하 · 장래계획, 과거의 실적 · 모선형식, 배선방식, 부하군 분할, 배전구분, 불평형률 · 주기계, 보조기, 건축부대, 조명, 콘센트, 작업용전원
6 주회로조건의 검토 · 정격전류 · 고장계산 · 역률개선	· 임피던스맵을 작성하고 각종계산을 하며, 주요기기와 케이블의 시방을 선정 · 콘덴서의 용량과 배크수를 검토	· 정격전류, 임피던스, 단락전류, 지락전류, 전압변동, 허용전류, 전압강하 · 콘덴서접속개소, 역률제어방식, 콘덴서용량, 리액터용량, 고조파 대책
7 각종용량계산	· 자가발전설비, 무정전전원설비(직류, 교류)의 용량 등의 결정	· 기중, 발전기출력, 원동기출력, 연료종별, 연료저장량, 소음, 급 배기량 · 보상시간, 부하측요구조전, 병렬운전, 무순단절체(無瞬斷切替), 고조파대책 · 축전지종별, 셀(cell)수, 충전방식
8 계측보호방식의 검토	· 보호방식, 계측방식, 고조파대책의 상세검토를 한다.	· 과전류, 단락, 지락, 정전, 결상, 역상, 온도상승, 기기내부고장 · 선택차단방식, 동작협조구선, 릴레이정정치(整定値), 절연협조 · 인터로크 · CT, ZCT, VT, ZPD, GVT · 전류, 전압, 역률, 전력, 전력량, 펄스취출
9 법규상의 검토	· 전기설비기술기준 등의 법규상의 재확인 실시	· 피뢰기, 차단기, 보호계전기, 보호장치, 계측장치, 감시항목, 접 지공사
10 기기배치의 결정	· 장래계획 등을 검토한 다음 기본배치계획결정	· 증설대응, 교체대응, 보유거리, 점검통로, 작업공간, 반입공간, 배선로선, 상의 하중, 천장높이 · 환기설비, 조명설비, 방화구획, 소방설비, 비상조명 · 조작성, 감시성
11 제어방식의 검토	· 수·변전설비의 자동제어방식을 검토하고, 필요한 기기를 선정	· 유인, 무인, 감시조작장소, 감시조작항목(현장, 원격), 통신회선, 자동제어항목(수전회선전환, 부하이행, 소내 변압기절체, 역률제 어), 더맨드(demand)감시 · 감시반, 모니터
12 수·변전설비형식선정 기기 선정	· 수전설비형식 · 기기(변압기, 차단기 등)의 형식, 시방 결정 · 제어전원의 검토	· GIS, C-GIS, 차단기, 단로기, 개폐기, 접촉기, 전력 퓨즈, 피뢰 기, 변압기, 콘덴서, 리액터, 변성기, 보호계전기, 계기, 케이블 · 정격, 절연방식, 내열등급(class), 보호등급 · 옥내, 폐쇄, 다단적, 라치방식 · 제어전원(구분, 종별, 전압)
기타	· 관계관청 등과의 협의를 수시 실시	· 산업자원부, 전력회사, 소방서, 통신공사 등

전력회사의 공사 등에 의한 계획정전이나 사고파급 등의 원인에 의한 정전을 고려하여 중요도가 높은 시설에서는 2회선수전으로 하고, 한 회선 고장시 다른 회선으로부터 수전할 수 있는 것이 바람직하다.

2회선 수전의 경우 상시 공급변전소 이외의 변전소에서 공급을 받는 것이 바람직하나, 전력회사의 공급사정이나 공사비 부담금에 의해 실질적으로 수전이 곤란한 경우도 있으므로 전력회사와 협의하여 가능한 한 공급 안정도가 높은 수전방식으로 한다.

인입방식에 대해서는 손상사고 등에 대한 신뢰성과 안전성 등을 고려하여 지중케이블인입으로 하는 것이 바람직하다. 또 인입관로에는 예비관로 및 예비케이블을 설치해 놓으면 사고시 신속하게 대처할 수 있다.

전기설비를 설계할 때의 검토순서를 <표-8.7.3>에 나타내었다.

8.7.4 수·변전설비

수·변전설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 수·변전설비의 주 회로구성은 보수 점검할 때에 전체가 정전되지 않도록 구성하고 가능한 한 간소화한다.
2. 설비용량(kW)은 최대수요전력(kVA)에 충분히 대응할 수 있어야 한다.
3. 안전상의 책임분계점에는 구분개폐기로서 단로기 또는 부하개폐기(지락보호장치부)를 설치한다.
4. 책임분계점의 부하 측 수전설비에는 부하전류 및 고장전류를 안전하게 투입·차단할 수 있는 주차단기를 설치한다.
5. 외부로부터 침입하는 이상전압(surge)에 대하여 효율적으로 보호할 수 있도록 피뢰기를 설치한다.
6. 변압기용량은 적정한 여유율을 가져야 하며 주요한 변압기는 2뱅크 이상으로 구성하고, 고장시에는 회로에서 완전히 분리할 수 있어야 한다.
7. 특별고압용 개폐장치는 가스절연방식 또는 스위치기어방식으로 하며 고압용 개폐장치는 스위치기어방식을 표준으로 한다.
8. 기기 및 재료의 선정에 대해서는 사용목적과 설치장소를 고려해야 하며 신뢰성이 높고 규격에 적합한 표준품으로 선정해야 한다.
9. 수·변전설비의 배치는 합리적이고 보수관리가 용이해야 하며 설치와 배선에는 충분한 안전성과 내진강도가 높은 것으로 해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수·변전설비는 전력설비 중에서 가장 중요한 설비이므로 가능한 한 신뢰도가 높도록 구성하는 것이 바람직하다.

수·변전설비의 주회로를 구성할 때에는 정기점검시에 전체적으로 정전되는 것을 피할 수 있도록 구성하고 보수를 위한 정전범위를 구분할 수 있는 것이 좋다. 또한 사고의 발생·복구에 대비하여 가능한 한 간단한 회로로 구성하는 것도 필요하다.

2.에 대하여 ; 회로에 사용되는 각 기기 및 케이블 등의 용량은 회로에 흐르는 상시최대 전류 값(무효분을 포함)으로 결정된다. 일반적으로 설비용량은 수전전압과 동일전압으로 사용하는 변압기, 전동기 등 기기용량(kVA)의 합계로 나타낸다. 다만, 고압진상콘덴서는 포함시키지 않는다.

설비용량을 결정할 때에는 상수도시설은 가동 후 부하가 증가하는 것이 통레이므로 장래의 확장계획이나 처리공정의 추가도입에 대비하여 어느 정도의 여유를 고려한 용량으로 결정한다. 그러나 반드시 계획최종연도의 수요량을 대상으로 하지 않더라도 부하의 증가에 따라 증설하거나 일부 교체하도록 하는 편이 유리한 경우도 있으므로 구체적인 검토가 필요하다.

3.에 대하여 ; 전력회사와의 전력설비에 있어서의 안전상 구분으로서 책임분계점에는 보수, 점검 등을 위하여 부하개폐기 또는 단로기를 설치해야 한다. 책임분계점이 수전인입구에서 멀리 떨어져 있는 경우에는 수전인입구 가까운 장소에도 개폐기를 설치한다.

고압부하개폐기에는 수용가 측에 의한 전력회사 측으로의 지락사고 과급을 방지하기 위해서 지락보호장치를 설치해야 한다. 이 경우 전원 측의 지락사고에 의한 불필요한 동작을 방지하기 위해서 지락방향계전기를 채용하는 것이 바람직하다. 또한 2회선수전에 대해서는 예비선측의 지락사고시에도 대응할 수 있도록 ZCT 및 ELD의 채용 등 영상전압의 검출점에 대해서는 충분히 유의해야 한다.

단로기는 부하 측의 충전전류에 대해서는 안전하게 개폐할 수 있어야 하며 부하전류에 대해서는 개폐되지 않도록 하는 오조작방지를 위한 효과적인 인터로크가 필요하다.

이들 개폐기 등은 전력회사와의 수전작업을 조작할 때에 주차단기와 함께 대상으로 되는 기기이므로, 정전 등 개폐상태와 충전을 확인할 수 있어야 하며 접지를 확실하게 잡아야 한다.

4.에 대하여 ; 수용가는 책임분계점의 부하 측에서 발생한 사고시의 고장전류를 완전히 차단하여 부하측 기기 및 전선로를 보호함과 동시에 전원 측에 영향을 미치지 않도록 차단기를 설치해야 하며, 저압은 배선용차단기 또는 기중차단기를, 고압은 지락 및 과전류에 작동하는 자동차단기를 설치한다.

사고시에 흐르는 단락 및 지락전류는 전력회사의 전원계통에 의해 정해지므로 전력회사에 확인해야 한다.

차단기에는 여러 형식의 것이 있으며 사용하는 상황에 따라 선정한다. 일반적으로는 진공식, 가스식의 차단기를 선정한다. <표-8.7.4>에 각 차단기의 특성 예를 나타내었다.

<표-8.7.4> 차단기의 종류와 특성비교

항 목	진 공 차 단 기(VCB)	가 스 차 단 기(GCB)
소호(消弧)방식	진공중의 아크확산	SF ₆ 가스 냉각분사
차단성능	우수하다. 이상전압이 발생하기 쉽다.	우수하고 짧은 차단시간으로 성능양호하다
표준사용전압	3.6~84 kV	24~84 kV
소음	작다	작다
외기의 영향	받지 않는다.	받지 않는다.
보수	쉽다.	쉽다.
안전성	불연성	SF ₆ 가스는 무독 무취 불연성
접점수명	우수하다.	우수하다.

5.에 대하여 ; 전기설비기술기준에는 피뢰기를 설치하지 않아도 좋다는 예외규정이 언급되어 있지만, 수도시설의 중요성을 고려하여 피뢰기는 가능한 한 설치한다.

또한 피뢰기의 보호효과는 보호되는 기기의 단자에 가까울수록 크므로, 가능한 한 가까운 위치에 설치한다.

6.에 대하여 ; 변압기용량(kVA)은 동시에 걸리는 각종 부하(kW)를 합계하고 이것을 그 때의 종합역률로 나눈 피상전력(kVA)으로 환산한 것에 어느 정도의 여유를 갖도록 한다.

펌프장 등과 같이 단위부하가 큰 경우에는 기동전류에 의한 전압강하가 허용치에 들어가도록 용량과 기동방식을 선정해야 한다.

주변압기는 보수 또는 고장에 대비하여 전력공급에 지장이 없도록 2뱅크 이상으로 구성하며 1뱅크 고장시에도 전체 시설을 가동할 수 있도록 변압기용량을 선정한다.

변압기에는 여러 가지의 형식이 있지만, 실내에 설치하는 경우 방재 및 유지관리 면에서 유리한 몰드식 또는 가스절연식의 3상변압기를 선정하는 것이 바람직하다. <표-8.7.5>에 각 변압기의 특성을 보이고 있다.

변압기 등의 주요기기를 보호하기 위해 필요한 지점에 차단기 등을 설치해야 한다.

<표-8.7.5> 변압기의 종류와 특성 비교

항 목	몰 드 변 압 기	가스절연변압기	유 입 변 압 기
내열등급	B종, F종, H종	E종	A종
절연구성	에폭시수지, 공기	SF ₆ 가스	종이, 광유
허용최고온도	130℃, 155℃, 180℃	120℃	105℃
표준사용전압	33 kV 이하	60 kV 이하	500 kV 이하
단락강도	코일을 수지로 일체화하여 견고한 구조로 된 것은 충분한 강도를 갖는다.		전자기계력에 견딘다.
소음	유입변압기보다 높다.	낮다	낮다
흡수성	에폭시수지의 흡수율이 작으며 또 도체를 두텁게 피복하였으므로 내흡수성이 우수하다.	완전밀봉	밀봉, 질소가스봉입에 의해 흡습을 방지한다.
안전성	난연성 · 비폭발성	불연성, 비폭발성, 무독	가연성
사용 장소	옥내	옥내, 옥외	옥내, 옥외

7.에 대하여 ; 주회로를 수용하는 배전반은 신뢰성, 안전성이 높고 보수하기 쉬워야 하며 조작 및 감시에 필요한 모든 기기를 내부에 수납한 스위치기어형으로 한다.

또 스위치기어방식은 염해에 대해서도 유효하다.

특별고압설비로서는 가스절연방식이 전압이 높게 됨에 따라 안전성과 보수성 등에 유리한 가스절연방식의 적용에 대하여 검토한다.

변압기반은 온도상승(반 내, 실 내)에 주의하고 대용량의 경우에는 변압기반에 직접 환기장치를 설치한다.

금속폐쇄형 스위치기어의 규격을 <참고표-8.7.1>에 보이고 있다.

8.에 대하여 ; 전기기기의 규격은 KS 등에 의해서 상세히 정해지고 있으므로 전기기기를 선

정할 경우에는 보수관리면을 고려하여 계산값보다 바로 윗단계의 표준품을 선정하는 것이 바람직하다. 또한 접속되는 회로의 상황(정상시, 기동시, 고장시)을 검토하고 이것에 충분히 적합한 것이 필요하다.

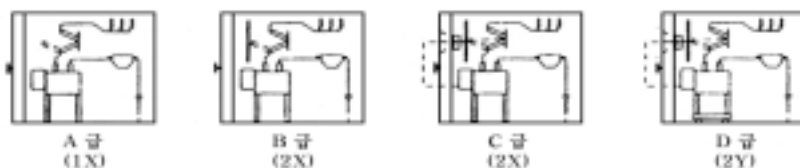
기기는 보수를 쉽게 할 수 있도록 유니트화, 플러그인(plug-in)화로 되는 것이 바람직하고 또한 옥내에 설치되는 소용량의 기기에 대해서는 화재 등을 방지하기 위해서 유입식을 피하는 오일리스(oiless)로 하는 것이 바람직하다.

9.에 대하여 ; 수·변전설비는 전력의 흐름에 따라 배치하고 운전과 보수를 할 때에 착오가 생기지 않도록 해야 하며 케이블부설에 대해서는 배전반의 계통별로 구분한다. 특히 인입케이블에 대해서는 충분히 다른 케이블과 격리시켜서 사고시의 파급을 방지해야 한다.

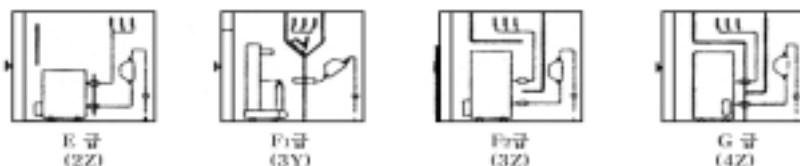
<참고표-8.7.1> 스위치기어의 규격 및 구조

단위폐쇄배전반의 형							구비해야 할 조건	
A	B	C	D	E	F	G		
○	○	○	○	○	○	○	1	단위회로로 구분마다 장치가 일괄해서 접지금속함 내에 수납되어 있을 것
-	○	○	○	○	○	○	2	주회로와 감시제어반 측과를 접지금속의 격벽에 의하여 격리할 것
-	-	○	○	○	○	○	3	차단기가 폐로된 상태 하에서는 단로기를 조작할 수 없도록 인터로크를 설치할 것
-	-	-	○	○	○	○	4	차단기는 반출할 수 있는 구조일 것
-	-	-	-	○	○	○	5	차단기는 그 주회로와 제어회로에 자동연결부가 있는 추출형일 것
-	-	-	-	-	○	○	6	주회로의 중요한 기기는 상호간에 접전금속용벽으로부터 절연벽에 의하여 격리되어 있는 것
-	-	-	-	-	-	○	7	주회로의 도전부(모선, 접속선, 접속부 등)는 충분히 절연할 것

(a) 콤팩트 (A~D급)



(b) 메탈클래드 (E~G급)



[참고-8.7.1] PCB 사용기기에 대하여

1. PCB 사용 전기기기의 사용금지

PCB(폴리염화비페닐) 기름은 뛰어난 전기적 특성 등을 살려서 콘덴서, 변압기 등의 절연유로서 많이 사용되어 왔지만, 인체에 유해한 것이 판명되고서 법으로 사용이 금지되었다.

또한 「전기설비기술기준」에서도 PCB를 함유하는 절연물을 사용하는 기계기구는 전기회로에 시설해서는 아니 되도록 규정되어 PCB사용 전기기기의 신설, 이설 및 한번 사용한 기기의 재사용이 금지되고 있다.

2. PCB 사용 전기기기의 관리

PCB를 함유한 절연유는 법에 의해 지정폐기물로 분류되어 폐기처분시 환경부장관의 확인을 받고 폐기물인계서 및 폐기물의 발생, 처리에 대한 보고서를 제출하도록 의무화되어 있다.

8.7.5 보호 및 안전설비

전력설비의 보호 및 안전설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 회로에 발생하는 이상전류를 차단하여 과급사고를 방지하고 사고시의 정전범위를 최소화 할 수 있도록 각 설비 간에는 충분한 보호협조를 한다.
2. 회로의 이상전압에 대해 각 설비 간에는 충분한 절연협조를 한다.
3. 각 기기는 적절한 보호장치에 의해 보호되어야 한다.
4. 접지는 전력설비와 계측제어설비를 구분하여 효율적으로 접지한다.
5. 각 설비는 감전사고를 방지하도록 충분하게 배려해야 하며, 인터록에 의해 오조작을 방지할 수 있어야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 회로에 발생하는 이상전류로는 과부하전류, 단락전류 및 지락전류가 있다. 이들 이상전류는 각 기기에 전기적, 기계적 및 열적 응력을 주어 설비를 파괴하거나 소손시킨다. 따라서 이들 이상전류가 발생하였을 때는 전기회로가 이상전류에 견딜 수 있어야 하며 이를 즉시 제거하여 사고확대를 방지해야 한다.

이러한 이상현상을 검지하여 지령을 내는 것이 보호계전기이고 이것을 제거하는 것이 차단기, 부하개폐기 또는 퓨즈 등이다.

수전점에서의 고장전류를 전력회사에 확인하여 주회로의 고장전류(단락 및 지락)를 상정하고 계산해야 한다.

이를 바탕으로 수전점 이후의 각 보호방식을 검토하고 전력회사계통으로의 사고과급방지, 정전구간 및 정전시간이 최소화 되도록 보호협조를 취한다.

각 회로 및 기기류는 이들의 보호범위로부터 벗어나는 일이 없도록 보호범위를 서로 중첩시키는 것이 필요하다.

2.에 대하여 ; 회로에 발생하는 이상전압은 외부 이상전압인 뇌서지(뇌 임펄스), 내부 이상전압인 개폐서지 및 지속성 이상전압으로 나뉘어진다.

절연협조란 전기회로의 절연강도를 설정하고 내부 이상전압에 대하여 충분히 견디면서 외부 이상전압에 대해서는 피뢰기 등을 설치하여 피뢰기의 보호레벨을 전기회로의 절연강도보다 낮게 유지하여 보호하는 것이다.

절연강도설정이란 절연계급을 정하는 것이며, 절연계급이란 전기기기 및 전기회로 절연물의

절연강도계급을 말하고 통상 사용되는 회로의 공칭전압에 대하여 호수로 표현된다. 공칭전압 33 kV이하의 B라고 붙은 절연계급은 이상전압이 충분히 낮은 계급으로 억제되어 있는 경우에 적용할 수 있는 것이므로 일반적인 경우에는 A가 붙은 절연계급을 채용하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 각 기기는 사고로 인한 이상전류 또는 이상전압에 견디도록 충분한 단시간내량(耐量)과 내전압을 갖고 있어야 한다.

각 기기를 보호하기 위해서는 「전기설비기술기준」에 적합해야 하며, 다음 사항을 고려해야 한다.

① 콘덴서 등의 유입식 기기는 본체사고의 영향이 크기 때문에 내부고장검출장치를 가지고 있어서 단독으로 차단보호를 할 수 있어야 한다.

② 배전선로는 사고가 발생한 회로를 선택차단할 수 있어야 한다.

③ 변류기는 몰드형으로 하고 과전류강도 및 과전류정수(자속밀도의 포화도)가 적합해야 한다.

④ 각 기기를 접속하는 케이블 등은 단락전류에 충분히 견뎌야 하며 차단특성과 협조하고 있어야 한다.

⑤ 화재 발생시 피해를 최소화할 수 있도록 주요설비 및 무인설비인 경우 배전반마다 자동 소화설비를 설치하고 공동구 등 화재에 취약한 곳에 설치된 주요배선은 난연성 케이블을 사용하는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 접지의 목적은 대지전위의 상승을 제한함으로써 기기 및 인명사고를 방지하는 것에 있다. 또한 전력설비 접지에서의 사고전류 유입에 의해 계측제어설비에 피해를 주므로 전력계통과 계측제어계통의 접지를 따로 분리하고 일정거리를 이격하여 설치해야 한다.

접지공사는 「전기설비기술기준」에 의해 제1종접지, 제2종접지, 제3종접지 및 특별제3종접지의 4종이 정해지고 있으며, 또한 <표-8.7.6>과 같이 목적에 따라 계통접지, 기기접지, 뇌접지, 정전접지, 전자접지 기타로 구분된다. 접지에 대해서는 다음 사항을 고려해야 한다.

① 유도뢰서지에 대해서는 연접접지 등에 의해 역전압을 방지한다.

② 피뢰기의 접지점과 저압기기의 접지점은 서로 영향이 생기지 않도록 이격한다.

③ 전자기기회로의 접지저항은 10 Ω 이하로 하며 다른 접지점과 3 m 이상 이격한다.

④ 누전차단기로 보호되어 있는 전기회로와 보호되어 있지 않은 전기회로에 접속되어 있는 기기 등의 접지선 및 접지극은 공용하지 않은 것을 원칙으로 한다.

<표-8.7.6> 접지의 종류와 목적

종 류	목 적	접 지 공 사
계통접지	고압과 저압의 혼촉에 의해 발생하는 2차 전기회로의 재해를 방지한다.	제2종
기기접지	기기의 절연이 악화된 경우 등에 발생하는 감전사고를 방지한다.	제1종, 제3종, 특별제3종
뇌접지	피뢰설비(피뢰기, 피뢰침)를 접지한다.	제1종
정전접지	정전기에 의한 재해를 방지한다.	특별제3종
전자(기기)접지	외부에서 진입하는 노이즈나 서지를 방지하여, 내부의 정전기를 제거한다.	제3종, 특별제3종
그 밖의 접지	케이블의 반도전층 접지, 전식방지용접지 등	제3종, 특별제3종

5.에 대하여 ; 전력설비는 다른 설비에 비해서 위험성이 대단히 높기 때문에 충분한 안전대책을 강구해야 한다.

이 때문에 다음 사항을 고려해야 한다.

- ① 저압회로에서 감전의 우려가 있는 곳에는 누전차단기를 설치한다.
- ② 누전화재가 우려되는 회로에는 누전경보장치를 설치한다.
- ③ 배전반의 보수점검 등을 할 때에 감전될 우려가 있는 곳에는 보호판 등을 설치하고, 반의 내부공간을 충분히 확보한다.
- ④ 단로기, 개폐기 등은 오조작에 의해 개폐되지 않도록 인터록 장치를 한다.
- ⑤ 보수할 때에 정전구간을 확보할 수 있도록 구분개폐기를 설치하며, 또한 그 부하 측에서 작업할 때의 안전을 확보하기 위하여 부하 측을 접지해야 한다.

8.7.6 배전설비

배전설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 배전전압은 그 사용목적과 부하측의 특성을 충분히 고려하고 결정한다.
2. 모선방식과 배전방식은 시설의 중요도와 운용조건 등을 고려하여 결정한다.
3. 각 배전선에는 전기회로를 흐르는 부하전류와 고장전류를 안전하게 투입·차단할 수 있는 차단기 등을 설치한다.
4. 배전용 개폐장치는 폐쇄형배전반방식으로 한다.
5. 전선은 케이블을 사용하고 또한 전선로는 보수관리가 용이해야 하며 외상에 대하여 충분히 보호되어야 한다.
6. 효율적인 감시를 위하여 전압계, 전류계, 전력계 및 표시등을 설치해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 배전전압은 부하군의 용량, 배전선의 전압강하 등의 조건에 따라 결정된다. 그러나 배전계통 전체로 보면 전압은 종류가 적은 것이 바람직하며, 몇 개 그룹으로 나누어져 있는 경우에는 그룹 내에서는 구성상으로 동일전압으로 한다.

2.에 대하여 ; 모선방식은 되도록이면 복잡한 것을 피하고 조작이 간단하며 또한 안전하고 경제적인 것으로 한다. 따라서 모선방식은 수전선 절체시나 유지보수시 등에 펌프 및 주요 부하 설비 전체가 정지되지 않도록 단일모선에 모선연결용 차단기 또는 모선연결단로기를 설치하는 방식이 바람직하다.

자가발전설비를 설치하여 상용전원(전력회사에서 공급되는 전원)과의 계통을 연계하지 않은 경우에는 계통별로 운전할 수 있게 하기 위해서 필요한 지점에 차단기를 설치하고 자가발전과 상용 간에 인터록을 하고 부하의 배분을 고려하여 모선연락용 차단기를 설치한다.

배전방식은 공급의 신뢰도를 높게 하고 중요한 간선은 2계통방식 또는 루프(loop)방식 등에 의해 사고 및 보수작업시에도 정전이 최소화되도록 계통을 구성한다. 이 경우 정수처리계통과 배전계통을 조화시켜 전력설비의 보수점검 등에 의한 정전으로 정수처리시설이 전면 중지되는 것을 방지해야 한다.

간선의 배전용량에 대해서는 1계통 중지시를 고려하고 케이블의 선용량에 의한 경제성도 고

려해서 정해야 한다.

3.에 대하여 ; 각 배전간선의 송전단에는 부하측에서의 고장발생시 그 구간을 빠르고 확실하게 차단하여 다른 배전선에 영향을 주지 않도록 해야 한다. 이 때문에 차단기는 고속도로 선택 차단하는 것이 필요하다.

또한 보수하는 경우에 정전범위를 확실하게 구분하기 위해서 송수전단(送受電端)에 개폐기를 설치해야 한다.

저압배전간선에는 배선용차단기(MCCB) 또는 저압기중차단기를 설치한다. 또한 「전기설비기술기준」에 적합하도록 필요한 지점에 누전차단기를 설치한다.

4.에 대하여 ; 배전설비에 대해서는 모선에서의 배전간선은 회선수가 많기 때문에 배전반은 다단적 폐쇄형배전반(multi-stage stack type enclosed distribution pannel)을 채용하는 경우가 있다.

이 경우, 고압배전반은 반내의 배선처리 및 보수점검 등을 위해 필요한 부분을 완전히 정전시킬 수 있도록 칸막이판(partition)에 의해 각 구획(compartment)으로 구분되어 있어야 하며 2단적까지가 바람직하다. 또한 모선의 신뢰성을 높이기 위해서 반의 구조도 모선전류용량에 충분한 여유가 있는 것으로 하고 차폐를 위한 구분을 하는 것이 바람직하다. 또 각 배전선에는 효율적인 전력관리를 위해 정밀전력량계를 설치하는 것이 바람직하다.

5.에 대하여 ; 주요설비의 배전선을 케이블로 하면 풍설에 의한 절연열화 및 손상사고 등에 의해 피해받는 것이 적고 또한 정리도 용이하다.

케이블의 선정에는 부설조건 등을 검토해야 한다.

배전계통을 이중화하는 경우에는 전선로도 별도 루트방식을 취하는 것이 신뢰성을 확보한다.

옥외전선로는 특히 외상에 주의해야 하며 뇌해를 받지 않도록 지중방식으로 하는 것이 바람직하다. 또한 중요간선에 대해서는 예비관로 설치를 검토하는 것이 바람직하다.

케이블은 장래의 개조나 증설에 따라 증가하는 경우가 많으므로 교체나 보수의 용이성 및 여러가닥이 모아짐에 의한 온도상승을 고려하여 피트나 덕트 등의 용량을 선정해야 한다. 또한 케이블은 전압 및 용도별로 격리하여 서로 영향을 주지 않도록 해야 하며 간선 등 주요한 곳에는 쉽게 불에 타지 않도록 난연조치를 하는 것이 바람직하다.

6.에 대하여 ; 수전 및 부하의 상태를 감시하기 위하여 필요한 계기 및 표시등을 설치하여야 하며 최근에는 원격감시가 가능하고 보호계전기 일체형인 전자식 감시보호장치를 적용하는 경우가 많다.

8.7.7 동력설비

동력설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 부하군의 가까이 배치하여 폐쇄형배전반 방식으로 한다.
2. 부하회로에는 부하전류를 개폐할 수 있는 개폐기와 함께 고장전류를 안전하게 차단할 수 있는 차단기 또는 퓨즈를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 동력설비는 가능한 한 부하에 가까이 또한 전체부하의 중심에 있는 것이 바람직하다.

부하가 집중되어 있는 펌프장 등에서는 1개소로 좋지만 정수장과 같이 부하가 대부분 분산되어 있는 경우에는 몇 그룹으로 나누어 동력설비를 설치하는 편이 좋다. 이 경우 정수처리의 계통을 고려하여 나누는 것이 바람직하다. 또한 대용량으로 중요한 부하를 갖고 있는 모선에서는 사고 또는 보수 등에 의한 정전을 가능한 한 적게 하기 위해서 2개이상으로 구분하는 것이 바람직하다.

전압은 개개 부하의 용량을 고려하여 전력회사의 표준전압을 적용한다.

부하에의 배선은 케이블로 하며 전압강하, 온도상승, 단락전류를 고려한 적정한 허용전류의 것으로 한다.

고압동력설비는 고압컴비네이션스타터(combination-starter)로 하며 열반구성으로 할 때는 각 부하단위마다 다이어프램(diaphragm)에 의한 차폐를 강구할 필요가 있다. 단적(段積 : stacking)으로 하는 경우에는 각 부하단위로 구성함으로써 보수점검할 때에 안전성을 확보하고 사고의 파급을 방지하는 것이 바람직하다.

제어회로는 각 부하마다 구분하여 단순화하고 블록화함으로써 신뢰성을 높인다.

저압동력반에서는 차단기, 개폐기 및 보호장치를 유니트화한 컨트롤센터(control center)반이 보수나 점검 기타 신뢰성면에서 바람직하지만, 저압동력 부하에는 그 고장이 즉시 정수처리에 영향을 미치는 것과 그렇지 않은 것이 있으므로 부하의 중요성, 경제성도 고려하여 반형식을 선정한다.

부식성이 심한 환경에 설치되는 제어반 등에 대해서는 에어퍼지(air purge) 등에 의해 기기의 신뢰성을 높이는 것에 대해 검토해야 한다.

2.에 대하여 ; 고압용 부하개폐장치로서는 차단기 외에 전력퓨즈와 고압전자개폐기를 조합한 고압컴비네이션스타터 유니트(combination starter unit)가 있으며 진공식, 기중식, 가스식으로 나누어진다. 진공식의 경우에는 개폐서지의 보호를 고려해야 한다. 또한 단락보호용 전력퓨즈는 수전측 차단기와 보호협조가 되어야 하며 또 부하의 특성에 맞는 것을 사용해야 한다.

저압용 부하개폐장치는 배선용 차단기와 전자개폐기 또는 전자접촉기 등으로 구성되며, 배선용 차단기는 충분한 단락차단용량을 갖는 것이어야 한다.

또 기기의 보호 및 감전방지를 위해 필요에 따라 지락차단장치를 설치한다.

8.7.8 역률개선설비

역률개선설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 수변전설비에서의 종합역률은 95% 이상을 목표로 하는 것이 바람직하다.
2. 저압전동기 및 고압 소용량 전동기회로에는 진상콘덴서를 직접 병렬로 설치하고 고압모선에는 종합역률조정용 고압진상콘덴서군을 설치하는 것이 바람직하다.
3. 고압콘덴서 주회로에는 내부고장을 단독으로 보호하고 파급사고를 방지하기 위해서 보호장치를 설치한다.
4. 진상콘덴서에는 직렬리액터장치 및 방전코일 등의 방전장치를 필요에 따라 설치한다.
5. 대용량의 고압콘덴서군은 2군 이상으로 분할하여 제어할 수 있도록 한다.
6. 오존발생장치의 전원회로에는 역률 및 고조파 장애를 개선하는 장치를 필요에 따라 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 상수도시설에서 전력부하의 대부분은 지상역률로 운용되기 때문에 무효전력이 증가한다. 일정한 유효전력을 보낼 경우에 역률이 나쁘면 그만큼 전류가 커진다. 이 전류증가에 의한 전력손실과 전압강하 등의 문제가 발생되므로 역률을 개선해야 한다.

에너지절약면에서는 역률을 개선함으로써 전류치가 감소하여 전력손실을 저감시킬 수 있다. 또 「전기공급약관」(한국전력공사)에 기본요금의 역률할인제도가 있으므로 설비비 및 운전경비절감의 경제성을 검토한 다음에 역률을 조정하여 종합역률 목표를 95% 이상으로 유지하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 콘덴서의 설치위치로서는 부하단, 부하동력모선, 배전모선이 고려되지만, 에너지 절약, 역률제어, 기타의 면에서 부하단을 원칙으로 한다.

다만, 배수펌프 등 고장이 배수계통에 직결되는 설비에 대해서는 전동기 직결콘덴서의 설치에 대해서는 보호방식도 포함하여 충분한 검토를 해야 한다.

이 경우의 콘덴서용량은 소용량부하의 경우에는 「전기공급약관」에 콘덴서설치용량의 기준이 제시되고 있으며 저압전동기의 경우 <표-8.7.7>과 같다. 또한 기타 부하에 대해서는 다음 용량산출식을 적용할 수 있다.

$$Q = \frac{P}{\eta} \left\{ \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_1} - 1} - \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \theta_2} - 1} \right\}$$

Q : 콘덴서용량(kVA)

P : 전동기출력(kW)

η : 전동기효율

$\cos \theta_1$: 개선전의 역률

$\cos \theta_2$: 개선후의 역률

<표-8.7.7> 저압진상콘덴서 부착용량 기준(200V, 380V 삼상유도전동기)

출 력	kW	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15	22	30	37
	HP	1/4	1/2	1	2	3	5	7.5	10	15	20	30	40	50
설치용량(μF)	200V	15	20	30	50	75	100	175	200	300	400	500	800	900
	380V	-	-	-	10	15	20	50	75	100	100	150	200	250

한편, 유도전동기회로의 자기여자현상(self-excitation phenomenon)에 의한 과전압을 방지하기 위해서 콘덴서용량은 유도전동기의 자기여자용량보다 작아야 한다. 일반적으로 부하단에 콘덴서를 설치하는 경우에는 연속운전되는 부하를 대상으로 하는 것이 좋다. 부하가 많고 설비비가 비싸거나 역률을 원하는 값으로 조정할 수 없는 경우에는 고압모선에서 종합역률을 조정한다.

주) **자기여자현상**이란 전동기의 무부하 여자용량 이상의 콘덴서를 직결한 경우에 회로개방 후에도 콘덴서의 잔류전하에 의해서 전동기의 단자전압은 영으로 되지 않고 상승하거나, 또 상당한 시간 감소하지 않는 경우가 있다. 이것을 유도전동기의 자기여자현상이라고 한다.

3.에 대하여 ; 콘텐서의 절연은 일반적으로 유입(油込)식이므로 콘텐서의 내부고장은 화재 등에 의해 다른 것에 과급되는 영향이 크다. 화재가 일어나기 어려운 가스(gas)식 콘텐서도 있다.

콘텐서회로의 개로전류(current breaking)에 대해서는 재기전압(transient recovery voltage)에 의한 아크에 주의해야 하고, 또 보호용으로는 광역형한류퓨즈 등을 사용해야 하며 개폐장치로는 진공전자접촉기와 한류퓨즈를 조합한 고압컴비네이션스타터를 채용하는 것이 바람직하다.

또 콘텐서는 사고가 과급되는 것을 방지하기 위해서 폐쇄형배전반에 수납하고 내부고장검출 장치가 있는 것을 사용하는 것이 바람직하다. 콘텐서와 개폐기 등을 세트로 하여 콤팩트하게 유니트화된 것도 있다.

4.에 대하여 ; 콘텐서를 회로에서 떼어낸 경우, 잔류전하의 방전에 의한 취급자의 감전위험을 방지할 목적으로 방전코일 또는 방전저항을 설치한다.

전동기와 병렬로 접속되는 경우에 전동기를 정지하였을 때에도 항상 전동기의 코일과 접속상태로 있는 회로일 때에는 방전장치를 생략할 수 있지만, 안전을 위해서는 방전코일 등을 설치하는 것이 좋다.

방전저항이 내장되어 있는 콘텐서를 사용하는 경우에는 방전시간이 길기 때문에 취급에 주의가 필요하다. 역률조정용으로 빈번한 개폐가 예상되는 경우 또는 고압 대용량의 콘텐서에는 방전시간이 짧은 방전코일을 사용하는 것이 바람직하다.

콘텐서를 개로한 다음 잔류전압이 충분히 방전되지 않은 상태로 재투입하면 높은 과도전압이 발생하기 때문에 조작상 순간에 기동-정지동작이 생기지 않도록 제어회로를 구성해야 한다.

배전선로에 인버터 등의 반도체용장치가 접속되어 있으면 선로전압은 고조파를 포함하게 되며 이에 콘텐서를 접속하면, 점점 고조파가 확대되어 전압파형의 변형(비뚤어짐)이 커지게 된다. 또 콘텐서회로를 개폐하면 과도전압전류가 발생하며 콘텐서에 나쁜 영향을 주기 때문에 이러한 현상을 방지하기 위해서 콘텐서용량의 약 6%에 상당하는 직렬리액터를 설치한다.

설치지점의 제3고조파 전압왜곡이 매우 큰 경우에는 13%의 직렬리액터를 설치한다. 다만, 콘텐서의 단자전압이 높게 되기 때문에 콘텐서에 대해서도 리액터에 적합한 시방의 것을 사용해야 한다.

5.에 대하여 ; 고압콘텐서군은 역률을 조정하기 위해서 몇 개의 군으로 분할하여 설치하는 것이 바람직하다.

역률의 조정범위가 넓은 경우 또는 조정을 빈번하게 해야 하는 경우에는 역률자동조정장치에 의하는 것이 바람직하다. 수전단에서의 디맨드감시(demand monitor)와 동시에 역률을 컴퓨터에 의해 제어하는 경우도 있다.

모선에 종합역률조정용으로 대용량콘텐서를 설치하는 경우 경부하시에는 진상역률로 되어 수전단의 전압이 상승하는 등의 장애가 있으므로 그 대응도 고려해야 한다. 또 정전시에 콘텐서를 회로에서 자동적으로 분리하여 복전시의 과전압을 방지하는 것이 필요하다.

6.에 대하여 ; 오존발생기의 전원공급방식은 IVR(induction voltage regulator)방식과 인버터 방식으로 대별할 수 있다.

주로 소용량에 사용되는 IVR방식은 방전전류에 의해 진상역률로 되기 때문에 리액터에 의해

역률을 개선해야 한다. 그러나 IVR방식은 오존발생량이 소용량의 것에 한정되기 때문에 전원에
의 영향이 크지 않으므로 종합적으로 검토하여 필요한 경우에는 리액터의 설치를 고려하면 좋
다.

인버터방식은 지상(漚相)역률로 되며 전원회로에 고조파를 발생한다. 지상역률에 대해서는 콘
덴서에 의해 역률을 개선할 필요가 있다. 고조파의 발생은 콘덴서, 발전기, 보호계전기 등에 장
애를 주는 경우가 있으므로 그 영향의 정도에 따라서는 필요한 경우, LC필터, 액티브필터 등의
방지장치를 설치한다.

8.7.9 무정전전원장치

무정전전원설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 설비구성에는 부하의 중요성과 조화된 신뢰성을 가져야 한다.
2. 설비용량은 부하를 충분히 조사하고 상시, 정전시 및 순시(기동시)용량을 고려하여
결정한다.
3. 설비는 폐쇄형배전반 수납형으로 하고 내진대책 및 온도관리를 한다.
4. 각 부하로의 전력공급은 계통화, 분할화하고 사고시의 과급을 방지하기 위해서 각 회
로에는 배선용차단기를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수도시설의 운용에 대해서는 평상시는 물론 정전시 등의 비상시에든 안정된
제어와 감시를 할 수 있어야 하므로 이에 필요한 전원을 공급하는 무정전전원장치는 한층 더
높은 신뢰성을 갖추어야 한다.

한편, 부하의 운용상황에서 일단 공급을 시작하면 도중에서 중단하는 것이 허락되지 않는 경
우가 많으므로 정기점검 및 증설개량으로 정전되지 않도록 고려해야 한다.

무정전전원설비는 직류전원설비 및 교류무정전전원설비로 나누어지고 직류전원설비는 정류장
치 및 축전지로 교류무정전전원설비는 정류장치, 축전지 및 인버터장치로 구성된다.

직류전원설비는 주로 제어회로나 표시등회로에 쓰이고 있고 소규모의 설비를 제외하고는 축
전지를 구비하는 것으로 한다.

교류무정전전원설비는 계측제어설비전원, 컴퓨터전원 및 통신전원 등 상시 무정전으로 양질
의 교류를 공급하는 것에 요구된다. 또 직류전원을 교류로 변환하여 부하에 공급해야 하지만,
축전지는 전용의 것을 설치하는 경우와 직류전원설비의 축전지와 겸용하는 경우가 있다.

시스템의 신뢰도 향상을 위해 다음 기능을 갖는 것이 바람직하다.

- ① 정류장치는 자동정전압 부동충전방식으로 하며 자동균등충전 또는 자동회복충전을 할 수
있어야 한다.
- ② 축전지는 유지보수가 필요없는 밀폐형 메인테넌스프리(maintenance free)형으로 하며 부하
특성상 고율방전용을 사용한다.
- ③ 인버터장치는 부하의 중요성 때문에 고장발생시에 상용전원으로 무순단절체 되는 방식을
사용한다.
- ④ 정기점검을 위해 바이패스회로를 설치한다.

특히 신뢰도를 중시하는 경우에는 2대의 무정전전원장치를 병렬로 사용하되 이 경우에는 개별제어방식으로 하는 것이 바람직하다. 또 용량이 큰 경우에는 2계통으로 구분한다.

또 무인시설에 설치하는 무정전전원설비는 보수성과 신뢰성을 특히 중시하여 선정한다.

2.에 대하여 ; 축전지의 용량을 결정하기 위해서는 축전지로부터 공급되는 부하의 종류와 상황, 최대정전시간 등에 의한 방전패턴 및 축전지의 형식, 사용방법, 보수율, 노후화에 의한 용량의 감소, 사용온도변화에 의한 용량의 변화, 허용최저전압 등을 종합적으로 검토해야 한다.

축전지 셀(cell)수는 부하특성 및 충전 등의 조건으로부터 결정한다.

정류장치의 용량은 축전지의 충전전류 및 상시 최대부하전류를 고려하고 결정한다.

인버터장치의 용량은 부하의 기동특성을 충분히 조사하여 돌입전류를 대비함과 동시에 정류기부하에 대해서는 과형비뚤어짐에 대한 대책이 필요하다.

3.에 대하여 ; 축전지설비는 「소방법」 및 「건축법」에 적합하게 설치해야 한다. 또한 무누액 밀폐형이 아닌 대용량 축전지의 경우 충전시 인화성, 폭발성 가스가 발생하므로 환기설비를 하고 전용불연구획에 수납해야 한다.

축전지는 주위온도에 의한 영향이 크기 때문에 반내 온도상승에 대한 대책과 함께 내진대책에 대해서도 고려해야 한다.

4.에 대하여 ; 회로의 사고 및 점검시 다른 설비의 운전에 지장을 미치지 않도록 하기 위하여 무정전전원장치는 용도별, 뱅크별, 동력별로 구분하여 설치한다.

또 사고과급을 방지하기 위해서 각 회로에 배선용차단기를 설치함과 동시에 고장 발견을 쉽게 하기 위해서 필요한 경우 지락검출장치를 설치하는 것이 바람직하다.

8.8 비상용 전원설비

8.8.1 총칙

비상용 전원설비는 정전에 따라 생기는 감수나 단수 등 시설운용상의 지장을 가능한 한 저감시키기 위해서 필요한 전원을 확보하는 것을 목적으로 설치하는 설비이다. 중요한 수도시설에서는 정전의 영향을 피하기 위해서 2회선수전방식을 채용하는 것이 바람직하다. 그러나 이러한 방식을 취하더라도 정전을 전혀 없도록 하는 것은 불가능하기 때문에 정전시 단시간 내에 전원을 절체할 수 있도록 비상용 자가발전설비를 필요에 따라 설치한다.

비상용 자가발전설비는 불의의 사고 등에 의한 정전에 대비하기 위해서 설치하는 것이므로 전력을 안전하고 신속하게 발생할 수 있는 것으로 또 구동용 내연기관의 연료저장이나 일상의 보수가 용이한 것으로 한다.

8.8.2 기본설계

비상용 자가발전설비의 설계는 다음 각 항에 의한다.

1. 주요시설에는 비상용 자가발전설비를 필요에 따라 설치한다. 용량에 대해서는 비상시에 확보해야만 하는 전력설비용량을 집계하여 결정한다.
2. 비상용 자가발전설비는 기동이 확실하고 신뢰도가 높은 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 일반적으로 비상용 자가발전설비는 설치비가 고가임으로 상용전원의 정전시에 시설의 운용조건을 검토하여 그 필요성과 용량을 결정한다.

그 용량은 상용전원의 정전시 시설운용상 지장, 감수나 단수의 상황 등을 추정하여 비상시에 반드시 가동해야 하는 전력설비용량을 집계하여 결정한다.

비상용전원의 전력은 시설안전용 전력과 시설운전용 전력으로 나뉘어진다.

① 시설안전용 전력

안전용 전력은 비상조명, 제어계측설비, 일부 밸브조작용, 염소가스중화설비, 통신 및 소방용 등의 전력으로 거의 전용량을 확보하는 것이 바람직하다.

② 시설운전용 전력

운전용 전력은 정수처리용 전력과 주펌프용 전력이고 정수처리용 전력은 침전지, 염소, 약품 투입설비, 여과지 등의 전력이다.

정수장의 취수와 송수, 배수가 자연유하로 되는 정수장인 경우에는 안정급수를 확보하기 위하여 정상적인 시설운전이 가능한 발전설비용량을 확보하는 것이 바람직하다.

송수펌프가 있는 경우에는 수운용의 상호연결체제, 배수지 용량, 전력계통의 신뢰도, 경제성 등을 다각도로 검토하여 정전시 영향이 최소화되도록 발전설비용량을 결정한다.

배출열을 효율적으로 이용할 수 있는 시설이 있는 경우에는 열병합발전(cogeneration)시스템의 도입에 대해서도 검토해야 한다.

연료에 대해서는 비상시에는 액체연료를 사용하는 다연료(multi-fuel)방식으로 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 비상용 자가발전설비는 비상시에 중요한 부하에 신속하게 전원을 공급하는 것이므로 기동이 확실하고 신뢰도가 높은 설비이어야 한다. 또 취급, 운전조작, 보수가 용이함과 동시에 기동은 가능한 한 자동화하는 것이 바람직하다. 또 디젤기관인 경우, 무부하운전은 바람직하지 않으므로 시험용 부하(dummy load)의 준비 등 시운전 방법에 대해서도 고려해야 한다.

8.8.3 기준

비상용 자가발전설비를 설치하는 경우에는 발전기는 동기발전기로 하고 그 여자방식은 브러시리스여자방식 또는 정지여자방식, 원동기는 가스터빈 또는 디젤기관을 표준으로 한다.

【해설】

1. 발전기

비상용 자가발전설비의 발전기로는 3상교류동기발전기가 주로 사용된다.

여자방식에는 브러시 등의 보수가 불필요한 브러시리스여자방식과 여자즉응특성이 좋은 정지여자방식이 있지만, 일반적으로는 소용량의 것을 제외하고는 여자장치가 작은 전자의 브러시리스여자방식이 사용되고 있다.

내열등급(class)에 대해서는 저압발전기는 E종 이상, 고압발전기는 B종 이상이 일반적으로 사용되고 있다.

2. 원동기

1) 가스터빈

가스터빈은 디젤기관에 비하면 연료소비율이 높고 흡배기설비가 대규모이고 본체의 값이 비싸다. 요컨대, 가격·연료면에서는 뒤떨어지지만, 소형경량·부대설비경량·배기가스의 청정도, 신뢰성, 안정한 운전, 일상 보수면에서는 우수하다.

가스터빈은 회전운동기관이면서 진동이 적고 설치에는 특별한 기초공사나 방진공사가 필요하지 않으며 운전소음은 고주파가 주로 발생하므로 방음이 용이하다.

또 냉각방식이 자기공냉식이고 냉각수가 불필요하기 때문에 냉각수의 동결이나 단수 등의 사고 발생이 없다. 최근에는 지진재해대책으로 신뢰성이 높은 발전설비로서 가스터빈의 설치가 증가하는 추세이다.

일축식 가스터빈은 구조가 간단하고 속도의 변동이 적으며 안정된 양질의 전력을 얻을 수 있으므로 비상용으로서 적합하다.

2) 디젤기관

디젤기관은 연료소비율이 다른 내연기관에 비하여 낮고 내구성이 있다는 등의 이점이 있다. 디젤기관의 선택에는 다음 여러 사항에 주의해야 한다.

① 디젤기관은 고속, 중속, 저속의 3종류로 나누어지고 그 구분은 명확하지 않지만 대강 500 rpm 이하를 저속, 500~1,000 rpm을 중속, 1,000 rpm 이상을 고속이라고 한다.

② 저속기관은 중량 및 크기가 크고 비싸며 고속 또는 중속기관은 저속기관에 비하여 기동성이 좋고 크기가 작으며 가격이 저렴하므로 비상용으로서 고속 또는 중속기관을 쓰는 쪽이 좋다.

또 과급기장치가 부착된 디젤기관은 과급기가 없는 것에 비해서 대폭 출력을 크게 할 수 있다.

③ 공기기동방식은 5기통 이하의 기동용 공기분배밸브의 불기동(不起動)위치가 있어서 자동화에는 알맞지 않다.

④ 디젤기관에는 4사이클 기관과 2사이클 기관이 있지만, 일반적으로 4사이클 기관쪽이 진동, 내구성, 보수성, 배기음, 연료소비율에 있어서 우수하다.

가스터빈과의 비교를 <표-8.8.1>에 보이고 있다.

<표-8.8.1> 가스터빈발전설비와 디젤발전설비의 비교

항 목	가 스 터 빈 발 전 설 비	디 젤 발 전 설 비
동작원리	열에너지를 직접회전운동으로 변환 (회전운동기관)	열에너지를 일단 왕복운동으로 변환하고, 그것을 회전운동으로 변환(왕복운동기관)
기동성능	정전후 정상 전압확립까지의 시간이 약간 길다(20~40초). 한냉시에 예열(warming up)운전이 불필요	정전된 후 정상 전압확립까지의 시간이 짧다(5~ 40초). 한냉시의 예열운전이 필요(저온기동이 약간 곤란)
부하투입	전압확립후, 즉시 전원부하투입이 가능(1축 식인 경우)	전압확립후, 즉시 전부하투입이 불가(과급기부는 특히 문제)
무부하 운전	무부하운전이 가능하다	불완전 연소로 카본이 부착되므로 바람직하지 못 함
연료 소비율	디젤기관에 비해 많다. 190~500 g/PS · h	150~230g/PS · h
사용연료	등유, 경유, A중유, 천연가스 (프로판, B중유, C중유)	경유, A중유 (B중유, C중유, 등유)
냉각수	공냉식이기 때문에 냉각수는 불필요하고 단 수의 영향이 없다	수냉식이기 때문에 냉각수조, 배관설비 및 동결방 지책이 필요 30~40 L/PS · h(방류식)
사용 공기량	연소용 및 냉각용공기가 다량 필요하기 때 문에 흡배기설비가 대규모로 된다. (디젤기관에 비하여 2.5~4배)	연소용 및 실온냉각용공기는 소량으로 좋다
진동	진동이 작으므로 방진장치가 필요 없다	진동이 크고 방진장치가 필요하다
소음	음원이 고주파이기 때문에 소음대책이 용이	소음대책이 용이하지 않다(저주파, 대진동)
체적과 중량	소형 경량이기 때문에 설치공간이 작고, 기 초공사가 간단	대형이고 무겁기 때문에 설치공간이 크고, 기초공 사가 대규모로 된다.
내진성	양호(덕트 및 배관 대책이 필요)	방진장치인 스톱퍼(stopper) 등의 대책이 필요

8.8.4 출력

비상용 자가발전설비의 발전기 용량 및 원동기 출력은 대상설비 전체를 안정적으로 가동할 수 있어야 한다.

【해설】

발전기 및 원동기의 용량은 제작자의 표준품 중에서 선정해야 한다. 그 용량을 산출할 때에는 정상적으로 필요한 부하용량, 전동기기동시의 전압강하 허용치에 의한 용량, 단시간과부하내량, 역상전류의 허용치에 의한 용량 등 중에서 가장 큰 용량의 것으로 한다.

또 발전기용량 및 원동기출력은 연속정격치로 한다.

1. 발전기출력

발전기출력은 다음 식에 의해 산출한다.

$$G = R_G \cdot K$$

여기서

G : 발전기출력 (kVA)

R_G : 발전기출력계수 (kVA/kW)

K : 부하출력합계 (kW)

발전기출력계수(R_G)는 다음 4개의 계수를 각각 구하여, 그것들의 최대치로 한다.

R_{G1} ; 정상부하 출력계수라고 하며 발전기단에서의 정상시 부하전류에 의해 정해지는 계수

R_{G2} ; 허용전압강하 출력계수라고 하며 전동기 등의 기동에 의해 생기는 발전기단 전압강하의 허용량에 의해 정해지는 계수

R_{G3} ; 단시간 과전류내력 출력계수라고 하며 발전기단에서의 과도시 부하전류의 최대치에 의해 정해지는 계수

R_{G4} ; 허용역상전류 출력계수라고 하며 부하에 발생하는 역상전류, 고주파전류분의 관계 등에 의해서 정해지는 계수

2. 원동기출력

원동기출력은 다음 식에 의해 산출한다.

$$E = R_E \cdot K$$

여기서

E : 원동기출력 (kVA)

R_E : 원동기출력계수(kVA/kW)

K : 부하출력합계 (kW)

원동기출력계수(R_E)는 3가지의 계수를 각각 구하고, 그것들의 최대치로 한다.

R_{E1} : 정상부하 출력계수라고 하며 정상시의 부하에 의해서 정해지는 계수

R_{E2} : 허용회전속도변동 출력계수라고 하며 과도적으로 생기는 부하급변에 대한 회전속도변동허용치에 의해 정해지는 계수

R_{E3} : 허용최대 출력계수라고 하며 과도적으로 생기는 최대치에 의해 정해지는 계수

3. 발전기출력과 원동기출력의 조합

비상용 자가발전설비로 조합된 발전기와 원동기의 출력을 다음 식에 보이는 정합률(matching rate : M_R)로서 확인하여 해당 값이 1이하로 되어야 한다. 또 적절한 조합으로는 해당 값을 0.7 이상으로 놓는 것이 바람직하다. 또 정합률이 1을 넘는 경우에는 원동기출력을 재검토하여 해당 출력의 비율을 증가시킴으로써 1이하로 해야 한다.

$$M_R = \frac{G \times \cos \theta}{\frac{\eta_E}{E}}$$

여기서

M_R : 정합률

G : 발전기출력(kVA)

$\cos \theta$: 발전기의 정격역률(0.8)

η_E : 발전기효율

E : 원동기출력(kW)

또 발전기출력계수(R_G) 및 원동기출력계수(R_E)의 실용상 바람직한 범위는 다음과 같다.

$$1.47D \leq R_G \leq 2.2$$

$$1.30D \leq R_E \leq 2.2$$

다만, D 는 부하의 수용률이다.

8.8.5 부대설비

비상용전원의 부대설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 자가발전설비에는 제어용배전반, 상용전원과의 절체장치 및 각종 보호장치를 설치한다.
2. 원동기에는 연료탱크, 기동장치 등의 보조설비를 설치한다.
3. 자가발전설비에는 환기, 소음, 배기, 내진대책을 강구하며 필요에 따라 한냉시대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ;

1) 배전반은 기기의 운전제어, 보호, 감시를 하는 것이므로, 기기의 용량, 특성, 운전조건 및 설치장소 등을 고려해야 한다.

2) 시운전 또는 상용복전시킬 때의 자가발전원과 상용전원을 병렬로 접속하는 경우에는 내선 규정 등에 규정된 보호계전기 등의 설비를 구성해야 한다.

3) 자가발전설비에는 과전류, 과전압, 과속도, 유압저하, 냉각수온도상승, 단수, 기동용 공기조 압력저하, 가스온도상승 등의 비정상에 대한 보호장치를 필요에 따라 설치한다.

4) 자가발전설비의 부하에 콘덴서가 있는 경우, 발전기가 진상(進相)으로 운전될 우려가 있을 때에는 자기여자현상을 일으키는 등의 위험성이 있으므로 발전기 운전시 자동적으로 콘덴서를 떼어버리도록 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ;

1) 연료탱크는 엔진상부보다 1~2 m 높은 곳에 설치하여 중력에 의해 연료를 기관에 보내는 것으로 그 용량은 전력회사의 사고에 대해서는 약 10 시간 전부하운전할 수 있는 정도로 한다. 지진 등 재해시를 고려하는 경우에는 24 시간 이상의 연료를 저장하는 것이 바람직하고 그 저장에 대해서는 별도로 기관실 가까이 충분한 용량의 저장탱크를 설치하고 연료펌프를 설치하여 연료탱크에 송유한다.

저장탱크에서 연료탱크로 송유하는 경우, 연료탱크의 월류구는 저장탱크에 되돌린다. 또 방유제(防油堤)로 확보되는 용량은 해당 탱크의 내용량 이상으로 한다.

연료탱크 및 연료저장탱크의 설치위치, 구조, 취급 등에 대해서는 「소방법」 및 관련법규를 준수해야만 한다.

2) 가스터빈 및 디젤기관의 기동장치에는 전기식과 공기식이 있지만, 전기식의 경우에는 축전지 및 충전기를 설치해야 한다.

공기식인 경우에는 압축공기탱크 및 공기압축기를 설치해야 한다.

기동용 압축공기탱크는 상용압력 3 MPa(약 30.6 kg/cm²)정도로 그 용량은 연속 3회 이상 자동 기동할 수 있는 것으로 해야 하지만, 1회 당의 소요공기량은 기온이나 윤활유의 종류에 의한 영

량이 크기 때문에 그 용량결정에서는 충분한 검토가 필요하다. 또 자동기동방식의 경우, 동일용량의 예비공기탱크를 설치할 필요가 있다.

공기탱크는 관련법규에 적합한 것이어야 한다. 또 공기탱크에는 안전밸브, 공기충전밸브, 토출밸브, 드레인밸브 및 압력계를 설치한다.

공기압축기는 토출압력 3 MPa(약 30.6 kg/cm²)정도, 용량은 공기탱크에의 공기충전에 요하는 시간이 30~60분간 정도로 하는 것이 적당하다. 또 공기압축기의 자동운전용 및 공기압력저하시의 경보표시용으로 압력검출스위치를 설치한다.

3.에 대하여 ;

1) 원동기의 성능은 흡배기계통 압력손실의 영향을 받기 때문에 흡배기관이나 흡배기덕트를 계획할 때에는 압력손실이 커지지 않도록 단면적, 연장 등을 검토해야 한다.

배기관 및 소음기의 외면은 고온으로 되기 때문에 방재 및 실온상승을 방지하는 의미에서 충분히 단열처리한다. 또 배관의 열팽창을 고려하여 배관도중에 신축이음관을 삽입한다.

2) 디젤기관은 소형공냉식의 것을 제외하고는 실린더, 윤활유 등의 냉각수를 필요로 하기 때문에 적절한 냉각수원, 냉각수탱크 등의 냉각수설비를 설치해야 한다.

냉각방식으로는 방류식, 순환방식, 라디에이터방식 등이 있으며 냉각수 보급의 난이도, 필요한 운전시간을 고려하여 확실한 방식을 채용한다.

냉각수량이 풍부히 얻어지는 시설에서는 냉각수탱크를 소용량의 것으로 하고 기관배수를 그대로 방출하는 방류식이 잘 사용되고 있다.

3) 디젤기관은 그 구조상 진동이 발생되기 때문에 이 진동을 흡수하여 건물 및 기기에 유해한 영향을 주지 않도록 기초에 전달되는 진동이 작도록 방진장치를 채용해야 한다.

4) 자가발전설비는 시설주변의 환경보전을 위하여 법적규제를 만족하도록 필요한 소음, 배기 대책을 강구해야 한다.

발전설비의 소음은 주로 원동기로부터 발생하는 것으로 그 대책으로서는 발전기설비전체를 방음외함으로 둘러싸는 방법과 건물자체에 차음(遮音)하는 방법이 있다. 후자의 경우, 건물은 밀폐구조로 하고, 벽, 천장에는 흡음재에 의한 방음처리를 하며 환기구의 개구부에는 소음덕트를 설치한다.

배기음의 소음대책으로서는 공간, 경제성, 주위상황에 의해 적절한 소음기를 선정한다.

발전기관의 배기는 고온으로 되므로 주위에 영향을 주지 않도록 배기관을 설치한다. 가스터빈 및 디젤기관에 의한 상용발전설비에 대해서는 「대기환경보전법」에 의한 “매연기규제 등”으로서의 지정을 받는 것으로부터 질소산화물(NOx)의 배출기준을 준수해야 한다.

5) 기관실의 온도는 디젤기관에서는 10℃ 이상, 가스터빈은 낮은 온도(+온도)로 유지하는 것이 바람직하다. 5℃이하로 내려가는 경우에는 디젤기관에서 냉각수의 동결방지나 윤활유의 점도대책이 필요하다.

한냉시의 대책으로서는 오일팬히터(oil fan heater : engine oil의 보온), 스페이스히터(space heater : battery의 보온), 흡기히터에 의한 흡입공기의 가열, 냉각수히터에 의한 사전예열(warming-up), 발전기실의 난방, 배풍구에 자동셔터를 설치하는 것 등이 있다.

8.9 무인설비

8.9.1 총칙

수도시설은 급수구역의 확대에 따라 시설이 광역으로 분산되는 경향이며 한편으로는 수자원의 적정배분 및 안정급수와 공평급수를 위해서 계통적인 시설운용과 관리를 효율화할 필요가 있다. 그 때문에 원격감시제어장치 등을 사용하여 시설을 집중관리하거나 또는 무인시설을 설치하는 경우가 증가하고 있다.

또 여기서 말하는 무인설비란 정수장 등 운전원이 상주하는 구내 이외의 취수·도송배수시설, 펌프장, 밸브제어 등 현지 무인시설의 기계·전기설비를 말한다.

무인설비는 노동조건 개선, 운전인력의 최소화, 동일한 작업효과로 작업시간과 작업노력의 경감 등의 효과가 있는 반면, 운전원이 직접 감시·운전하는 경우와는 달리, 기기 또는 시스템의 신뢰성, 각종의 안전대책, 시설의 관리체제 등 특별한 배려가 필요하다.

무인설비로서 특별히 배려해야 할 사항은 다음과 같다.

① 신뢰성 향상대책

무인설비에는 가능한 한 신뢰성이 높은 기기를 사용하며 최대한 고장이 일어나지 않도록 함과 동시에 시스템전체로서의 신뢰성을 향상시킨다.

② 관리체제

무인설비는 원격지에 설치되는 것이 많으므로 상시의 순회점검이나 사고·고장시의 긴급대응 등 관리체제를 검토해야 한다. 이 관리체제는 사업체의 규모나 설비의 규모·특성에 적합하게 해야 한다.

③ 기타

무인시설의 설치에는 「전기사업법」에 의한 「전기설비에관한기술기준」, 「소방법」 등 관련법규의 적용을 받는 사항이 있으므로 이들에 저촉되지 않도록 설계해야 한다.

8.9.2 시설의 무인화

시설의 무인화를 하는 경우, 다음 각 항에 의한다.

1. 무인시설에는 그 시설을 관리하고 있는 장소에서 원격감시할 수 있도록 계측제어설비를 설치하는 것을 표준으로 한다.
2. 무인시설은 사고시에도 급배수에 주는 영향이 최소한으로 되도록 배려한다.
3. 무인시설에는 적절한 침입방지대책을 강구한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 무인시설에는 대상으로 되는 시설의 운전관리에 필요한 계측기기 및 경보장치를 설치하는 것을 표준으로 한다. 또 필요에 따라 원격감시제어장치 및 안전장치를 설치한다. 무인설비의 감시제어방식으로는 이상시 통보방식, 원격감시방식 및 원격감시제어방식이 있다.

이상시 통보방식은 이상발생을 부저 등에 의해 경보하는 간단한 방식이며 원격감시방식은 운전상황이나 유량, 수위, 수압 등의 계측치 및 이상상태를 감시장소에 전송하는 방식이다. 원격감시제어방식은 무인시설의 감시 및 제어를 감시장소에서 하는 방식이고 통상시는 현장자동제어를 하고 이상발생시에 원격에서 제어할 수 있는 방식이 일반적이다.

이들 방식 중 무인시설의 중요도나 필요성에 따라 가장 적절한 것을 선택한다. 그 경우 사용하는 감시장치 또는 원격감시제어장치의 규모는 감시나 제어 및 계측항목의 수에 의해 결정된다. 따라서 이들 항목을 검토정리하고, 필요이상으로 상위규모의 장치를 채용하는 일이 없도록 해야 한다.

특히 감시항목은 밸브제어시의 캐비테이션에 의한 진동·소음에 속하는 것은 원격에서는 감시할 수 없는 등 원격감시할 수 있는 내용에도 한계가 있다는 것에 유의해야 하며 대상기기의 제어특성을 검토하여 운전시에 문제가 발생하지 않도록 해야 한다.

2.에 대하여 ; 무인화 대상설비는 사고시에도 수돗물공급에 미치는 영향을 최소한으로 하기 위해서 그 자체의 신뢰도가 높은 기기를 사용하는 것은 물론, 중요한 부분의 장치 또는 기기를 이중화하여 제어시스템의 신뢰성 향상이나 관련시설을 포함한 전체 시스템으로 백업대책을 강구해 두는 것이 바람직하다.

즉, 펌프장 등 동력설비를 갖는 곳에는 2회선 수전방식 또는 비상용자가발전설비를 설치하고, 원격감시제어장치나 계측제어설비에 대해서는 무정전전원장치의 설치 등 정전에 대한 전원대책을 강구해야 한다.

2회선 수전방식을 채용하는 경우에는 계통이 다른 변전소에서 수전하는 것이 바람직하고 정전시에는 자동 또는 원격제어에 의해 예비선으로 전환할 수 있도록 해야 한다.

펌프설비를 무인화할 때에는 특정펌프가 고장난 경우, 예비기를 자동적으로 기동하는 제어회로, 또는 예비기를 포함한 자동순환 운전제어회로 등의 대책을 하는 방법도 있다. 이 밖에 시설의 규모·중요도에 따라 제어전원 등 중요회로를 이중화하는 것도 고려한다.

펌프자동운전회로의 이상시에 원격감시제어장치에서의 수동조작이 가능하도록 해 놓은 방법도 고장에 의한 정지시간을 단축하는 데 유효하다. 이 밖에 원격감시제어장치의 고장 또는 전송회선의 이상시에 펌프의 운전상태가 현상유지할 수 있도록 하는 대책도 필요하다.

또한 단시간 정전시의 대책으로서 배수관로에 설치된 가압펌프장에서 가압 전의 1차측 압력을 이용하여 체크밸브를 설치한 측관로(by-pass)로 배수하는 방법 등 무인시설과 관련이 있는 관로 또는 배수지 등에 의해 백업할 수 있는 여러 대책을 고려해야 한다.

3.에 대하여 ; 고압수전구역이나 펌프장에는 위험방지를 위한 방호울타리나 출입금지 및 연락처를 명시한 간판 등을 설치할 필요가 있다. 또 이들 시설에는 건물 출입문의 개폐를 확인할 수 있는 표시장치를 설치하여 원격감시하거나 필요에 따라 CCTV를 설치하는 방법도 고려한다. 이 밖에 간이큐비클이나 제어반만 있는 경우라도 외부인이 쉽게 접근하지 못하도록 침입방지를 위한 울타리에 감지장치를 설치하고 견고한 자물쇠를 채우는 것이 바람직하다.

8.10 기계실 및 전기실

8.10.1 총칙

기계실 및 전기실의 설계에서는 의장보다 기능을 우선하여 설치하는 설비가 충분히 그 기능을 발휘할 수 있도록 배려해야 한다.

건물은 외부로부터의 침수, 내부 급배수관에서의 누수 등이 발생하더라도 설비에 불의의 사고를 초래하지 않도록 하는 것이 필요하다. 특히 전력설비는 고도화, 전자화, 복잡화됨에 따라 과거보다 더욱 설치환경이 중요하게 되고 있고 보수 및 운전관리 면에서는 안전성과 작업성의 향상이 추구하고 있다. 따라서 전기실은 이들 조건이 만족되도록 해야 한다.

기계실 및 전기실은 법령에 의한 규제를 받는 경우가 많으므로 설계할 때에는 관련법규를 충분히 검토해야 한다. 또 기계실 및 전기실은 사람이 상주하지 않는 경우가 많으므로 안전과 방법에도 배려해야 한다.

8.10.2 기계실

기계실은 다음 각 항에 의한다.

1. 기계실은 설비를 보수점검하는 데 필요한 면적과 여유공간을 갖어야 하며 또한 기기의 반출입에 필요한 통로를 확보함과 동시에 필요한 경우 크레인 등을 설치한다.
2. 지하에 설치하는 경우에는 침수 및 누수에 대비하여 충분한 배수(排水)시설을 갖추어야 한다. 또 실내의 출입구는 2개소 이상으로 하는 것이 바람직하다.
3. 실내의 온도 및 습도를 일정범위로 유지하기 위해서 유효한 환기장치를 설치하며 채광 및 문은 안전을 고려한 것으로 해야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 기계실은 일상의 보수점검을 할 때에 안전을 확보하기 위해서 배관 등이 많이 부설된 곳에는 전용 점검통로를 설치함과 동시에 바닥면은 미끄럽지 않도록 해야 한다.

기기를 분해정비할 때에 필요한 공간 및 들어올려서 이동하는데 필요한 천장높이를 확보해야 한다. 또 증설·교체할 때의 공간을 고려하는 것도 필요하다. 또한 중량물이나 대형기기의 이동 및 반출입을 위해서 크레인설비, 호이스트, 거더, 혹 등을 설치해야 한다. 펌프, 송풍기 등 유지보수와 운영관리가 필요한 설비는 설비간의 간격 또는 설비와 벽간의 간격을 1~1.5 m이상 유지하도록 해야 한다.

2.에 대하여 ; 지하식의 펌프실 등은 펌프베어링 냉각수, 펌프 패킹이나 배관조인트의 누수에 대응할 수 있는 배수(排水)설비가 필요하다. 배수설비는 배수수위와 연동되어 자동운전되어야 하고 예비기를 설치한다.

지하층의 출입구는 긴급시의 피난도 고려하여 2개소 설치한다.

또 지하식 기계실에는 환기·채광의 면에서 드라이에어리어(dry area)를 설치하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 기계실의 온도 및 습도를 거의 일정한 범위로 유지하는 것은 설비의 신뢰성을 높이므로 필요한 것이다.

일반적으로 실온은 40℃이하가 되도록 적당한 환기설비를 설치하는 것이 바람직하다. 또 실내에 자연채광 창문을 설치할 때는 침수나 파손에 주의하고 창문 및 문은 방범, 방화를 고려해야 한다.

8.10.3 전기실

전기실은 다음 각 항에 의한다.

1. 전기실의 위치는 가능한 한 부하의 중심적 위치가 바람직하지만, 설치장소의 상황, 부하의 배치, 배선경로 등을 고려하여 선정한다.
2. 전기실의 넓이 및 높이는 기기의 반출입, 보수점검, 분해정비 및 장래 설비교체에 필요한 여유를 갖는 것으로 한다. 또 출입구는 가능한 한 2개소 이상으로 한다.
3. 전기실의 환경은 설비의 기능이 안정되게 발휘할 수 있도록 환기설비 등을 설치하고 부식성 또는 가연성가스가 있는 장소에서 멀리 떨어지고 위치적으로나 구조적으로 충분히 차폐시켜야 한다.
4. 전기실은 「소방법」 및 「건축법」에 적합한 구조이어야 한다. 또 실내의 채광 및 문은 안전을 고려하고 개구부는 조수나 곤충 등의 침입방지조치를 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 수·변전 및 배전설비 등을 설치하는 전기실의 위치는 가능한 한 배선이 폭주하지 않도록 하고 또 고저압전선로를 분리하는 등 기기나 배선을 점검하기 쉽게 해야 한다.

2.에 대하여 ; 실내의 넓이는 조작, 점검보수 및 설비교체를 원활하게 할 수 있도록 충분한 공간을 확보한다. 특히 폐쇄형의 배전반 주위는 문을 열었을 경우에도 통로를 확보할 수 있어야 한다.

천장높이도 일정한 공간을 갖는 것이 보수점검 및 환기를 위해서도 필요하다. 구조물과 설비의 이격거리와 보유거리도 적합하게 유지해야 하고, 또한 설비교체를 고려한 설계가 필요하다. 예컨대, 동일 전기실내에서 교체를 하기 위한 면적을 고려해 놓는다.

3.에 대하여 ; 옥내에 설치되는 전기설비는 일반적으로 폐쇄형 배전반에 수납된 것이 많다. 따라서 반의 배치에 따라서는 통풍에 지장이 일어나고 실내 전체의 온도분포가 균등하게 되지 않고 반내부 온도가 상승하는 경우가 있다. 특히 변압기 등 발열량이 큰 기기를 수납하고 있는 반에 대해서는 개별로 강제환기를 함으로써 실온을 올리지 않는 배려가 필요하다.

전기실을 환경이 나쁜 곳에 설치해야 하는 경우에는 부식성, 가연성가스 등이 침입할 수 없는 구조로 하고 실내 관통부의 차폐를 충분히 한다. 필요한 경우에는 반내에 공기정화(air purge)를 한다.

또 전기설비는 수분이나 습기에 대한 약점을 가지고 있으므로 전기실은 비가 새거나 물이 침투하는 것로부터 보호되도록 배려하고 상부층에 물탱크 등이 있는 장소는 될 수 있는 한 피해야 한다. 이 밖에 부득이 지하에 전기실을 설치하는 경우에는 침수되지 않도록 1층 출입구를 주위지반보다 충분히 높게 하고 펌프 등과 동일한 바닥높이에 전기설비를 설치하지 않는 등의

배려가 필요하다. 또 벽관통부를 충분히 방수해야 한다.

바닥 면은 먼지(塵)의 부착에 의해 기기가 흡습하는 것을 방지하기 위해서 방진마감으로 한다.

4.에 대하여 ; 변전설비 또는 축전지설비를 설치한 전기실은 「소방법」 등 관계법에 적합하도록 설치한다.

전기실을 이층 이상의 층에 설치하는 경우는 전기기기 중에는 변압기와 같은 중량물이 있으므로 그 중량에 충분히 견디지는 것으로 해야만 한다.

창문 및 문은 빗물이나 눈이 침입하지 않도록 함과 동시에 창문격자 및 자물쇠채움을 설치하여 안전에 고려한다. 또 배전반 등에 직사일광이 비치지 않도록 하는 것도 필요하다. 개구부는 시공이 완료된 후 충진재 등으로 채워 조수류가 침입하지 않도록 배려한다.

8.10.4 조명설비

조명설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 조명은 사용목적에 적합해야 하며 작업면에서 충분한 조도를 갖고 또 효율이 높은 광원을 사용해야 한다.
2. 운전관리상 필요한 장소에는 비상용 조명등을 설치한다.
3. 조명기구의 배치는 보수관리를 용이하게 할 수 있도록 고려함과 동시에 설비는 관련 법규에 적합한 것으로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 조명의 광원으로서 백열등, 형광등, 수은등 등이 있으며, 그 특성을 살려서 고효율등과 기구를 사용해야 한다. 기계실과 전기실의 조명은 기기의 조작, 점검, 수리 등의 보수작업에 지장이 없는 밝기 및 색조로 한다.

감시실은 계기를 감시하고 조작반을 조작할 때에 조작원에게 피로를 주지 않도록 천장, 벽, 마루의 색상에 조화되는 조명방법과 기구를 선정해야 한다.

기기를 점검하거나 수리할 때에 특히 높은 조도가 필요한 경우에는 전반조명뿐만 아니라 국부조명을 병용해야 한다.

소요조도에 대해서는 한국산업규격(KS A 3011)의 조도기준에 의해 선정하는 것이 바람직하며 한국산업규격의 조도기준은 **5.24.2 배치 및 구성(P)**의 <표-5.24.2>와 같다. 다만 염소저장실내 염소용기교체작업이 이루어지는 계량기부근은 다른 곳보다 밝아야 한다.

또 고주파점등방식의 형광램프(Hf형광등), HID 램프 등 효율이 높은 광원을 사용한 조명기구를 가능한 한 채용한다.

또한 설비감시를 위해 상시 점등하는 것과 유지보수시에만 일시적으로 사용하는 것을 구분하여 설치하고 지하공동구실, 공동구 등 점등상태를 외부에서 확인하기 어려운 장소에는 불필요한 점등을 방지하기 위해 타임스위치를 설치하되 장시간 점등도 가능하도록 바이패스(by-pass) 스위치를 설치하는 것이 바람직하다.

점점통로 등 출입구가 2개 이상인 곳에서는 출입구마다 점멸이 가능하도록 스위치를 설치하고 점멸조작이 잦은 장소에는 점등시간이 긴 고압방전등 사용을 피하는 것이 좋다.

2.에 대하여 ; 비상용조명은 「건축법」 등에 규정되어 있지만, 감시실 및 관리실에는 설비의 운전관리상 정전시 운전감시 및 응급조치에 지장 없도록 필요점등시간을 검토하고 비상조명용 전원용량을 결정해야 한다.

지하층펌프실 등의 입구에는 회중전등 등을 상비하도록 배려한다.

3.에 대하여 ; 조명기구는 교환이 용이한 위치에 설치하고 배전반이나 배관 등으로 가려지거나 반사에 의해 눈부심이 없도록 해야만 한다. 특히 높은 천정부분에 설치하는 경우에는 유지관리를 충분히 배려해야 한다.

반내조명기구는 보수할 때에 감전의 위험성이 높으므로 충전부를 차폐하는 것이 바람직하다. 또 콘센트는 다목적으로 이용되기 때문에 용량과 배치를 배려해야 하며 특히 지하실의 콘센트 부착위치는 침수 등의 우려가 없도록 한다.

8.10.5 소음방지 기타

소음방지 기타에 관해서는 다음 각 항에 의한다.

1. 부지경계 밖으로 소음이나 진동 등이 파급되는 것을 방지하는 조치를 한다.
2. 거주구역 및 관리실 등에 소음이나 진동이 파급되지 않도록 고려한다.
3. 비상시에 유효한 연락으로 할 수 있는 설비를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 민가에 가까운 장소에 설치되는 펌프장 등의 수도시설은 펌프, 전동기, 내연기관, 전력설비 등으로부터 발생하는 소음이나 진동에 의해 부근의 주민에게 피해(annoy)를 주지 않도록 방음이나 방진시설을 설치해야 한다. 또 건설할 때에 부근에 민가 등이 없는 경우라도 장래 민가 등이 들어설 것으로 예상되는 경우에는 미리 대책을 강구해 두거나 또는 장래 방음이나 방진장치를 설치할 수 있도록 해 놓는 것이 바람직하다.

허용소음규제기준 및 허용진동규제기준에 대해서는 「소음·진동규제법」에 따라 정해지며 도시의 공해방지조례에 의해 정해지고 있다.

구조물의 대책으로서는 다음과 같은 방법이 있다.

① 방음벽, 방음문, 소음덕트 등을 설치하여, 실내의 흡음성을 늘려서 외부로의 소음전달을 적게 한다.

② 벽두께를 두껍게 하거나 2중벽, 2중천장 구조 또는 창문을 적게 하거나 무창문 또는 지하식, 반지하식으로 한다.

2.에 대하여 ; 펌프실 등 동일구조물에 감시실이 있는 경우에는 진동에 의한 2차음원에서의 소음이 문제가 되는 경우가 있으므로 진동의 절연과 동시에 공명에 의한 진동·소음의 방음처리가 필요하다. 경우에 따라서는 이들 방을 전체구조물로부터 절연하는 것도 있다.

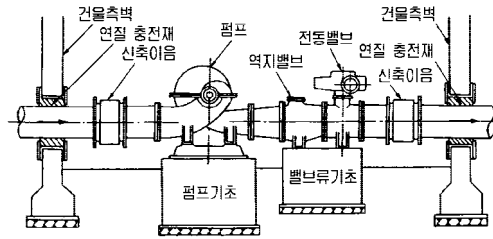
이들의 대책으로서는 다음과 같은 방법이 있다.

① 펌프, 전동기 등의 기계진동을 전하지 않도록 하기 위해서는 독립기초의 중량을 기계중량의 약 3배 이상으로 한다. 또한 필요에 따라 기초와 마루를 절연하면 방진효과는 커진다.

② 소형기기는 고무, 스프링 등을 사용하여 방진베드(bed)에 의해 진동을 절연한다.

③ 펌프 배관이 건물의 측벽을 관통하는 경우에는 신축이음의 사용이나 관통부를 방진재로

충전하여 건물과 절연한다(<그림-8.10.1>을 참조).



<그림-8.10.1> 신축이음 사용의 예

④ 회전속도를 제어하는 펌프설비에서는 펌프로부터 발생하는 압력맥동의 기본주파수(임펠러 깃수×회전속도)가 배관계의 고유진동수와 일치하여 공진현상을 일으켜서 배관의 진동이 커지고 건물까지 진동하는 경우가 있으므로 배관보호베드의 보강, 펌프방진베드 및 신축이음관의 채용 등의 대책을 취한다.

3.에 대하여 ; 평상시 이용하는 전화 이외에 점검정비 및 비상시 운전할 때에 서로 연락을 할 수 있는 통신설비(인터폰 등)를 설치하여 두는 것이 필요하다.

8.11 계측제어설비

8.11.1 총칙

수도시설에서 계측제어란 시설의 감시와 제어 및 정보처리를 취급하는 기술 및 설비를 말한다. 계측제어는 영어로 “Instrumentation”의 번역어로서 계측화라고도 하며, 원래 생산 공정에 계기류를 배치하여 공정의 양적과약 및 상태감시를 함으로써 조업을 용이하고 또한 정확하게 하는 것을 의미하고 있다.

계측제어설비는 수도시설을 원활하게 관리하기 위한 것으로 시설의 운전관리에 관계되는 여러 가지 요인을 정보로서 신속하고 정확하게 파악하여 조작에 반영시키기 위한 설비이다. 그러므로 계측제어는 단지 시설의 감시와 제어를 위한 설비로서의 것뿐만 아니라 정보를 효율적으로 활용하기 위한 기술도 포함한 넓은 의미의 것으로 정의된다.

수도시설에서의 계측제어는 시설을 안전하게 하여 합리적이고 또한 경제적으로 관리하며 정보를 효과적으로 이용하기 위한 것을 목적으로 한다. 수도시설에서 계측제어의 목적은 취수, 도수, 정수, 송수 및 배수 등의 각 시설의 계측과 제어의 자동화 및 집중관리화를 하는 것에 따라 조작의 용이성, 확실성 및 안전성 등을 확보함과 동시에 적절한 정보관리를 통해 수도시설전체의 운전관리나 설비관리를 효율화하는 것이다.

따라서 계측제어설비는 인간과의 관련성을 잘 확인하여 각각의 관리내용과 기능분담을 명확하게 하고 인간의 능력이 충분히 발휘될 수 있는 것이어야 한다.

계측제어설비는 그것을 적절하게 계획함으로써 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- ① 수질, 수량 및 수압 등의 품질관리의 향상
- ② 시설의 가동상황 파악 및 합리적인 제어에 의한 운전의 안정성 및 안전성 확보
- ③ 이상시의 신속하고 또한 적절한 대응
- ④ 노동의 경감, 안전위생의 유지 등에 의한 노동조건 향상
- ⑤ 약품, 동력 등의 적정사용에 의한 생산성 향상
- ⑥ 적절한 정보관리에 의한 수도시설전체의 운전관리나 설비관리기능 향상

8.11.2 계측제어의 안전대책

계측제어설비는 신뢰성과 안정성을 유지하기 위하여 보호장치와 백업장치를 구비하는 등 충분한 안전대책을 강구해야 한다.

【해설】

계측제어설비의 안전대책은 다음 사항을 고려하여 해야 한다.

- 1) 평상시에 기능을 충분히 발휘할 수 있는 것은 물론, 오동작이나 기기의 고장 등에 의한 비정상상태일 때에도 자동안전(fail-safe), 백업대책 등을 강구하여 가능한 한 수도시설의 기능을 유지할 수 있도록 배려해야 한다. 계측제어기기의 고장 또는 형식변경 등에 대처하기 위해서 예비품의 확보에 대하여 항상 유의한다.
- 2) 각종 계측기와 제어기의 설계, 제작 및 설치에는 내진성, 내약품성 등에 대하여 고려한다.
- 3) 뇌해대책으로서는 직격뢰의 영향을 받기 어렵도록 배치하거나 기기를 사용함과 동시에 서지보호기(arrester) 등을 설치함으로써 기기의 절연과괴를 방지한다. 전송로에 대해서는 지중화 또는 광케이블의 사용이 유효하다.
- 4) 지진이나 화재 등의 재해에 대하여 전도방지, 불연화 또는 필요히 따라 방폭, 사고과급방지대책 등을 강구한다.
- 5) 정보처리기기는 주위 환경의 영향을 받기 쉬우므로 그 설치환경에는 충분히 유의해야 한다. 예컨대 공조설비 등을 설치하여 환경을 양호하게 유지함과 동시에 예비계통을 설치하여 불의의 사고에 대비한다.
- 6) 정보처리설비 등으로 다루는 각종 데이터, 정보 등은 그 중요성에 따라 보호대책을 강구한다.
- 7) 시설을 운전관리하고 보수·점검할 때에 인간의 판단을 필요로 하는 사항도 있으므로 사고나 고장 등의 이상시에는 계측제어설비가 고도일수록 혼란도 커진다. 이 때문에 중요한 시설의 요소 간, 특히 관리실과 각 시설간의 통신연락 수단을 완비시켜 놓는 것이 바람직하다.

8.12 계측제어용 기기

8.12.1 총칙

계측제어용 기기는 상수도시설의 제어방식에 적합하고 공정파악을 확실하게 할 수 있는

운전정보 등의 정보처리가 적절하게 이루어지고 또 안전하고 신뢰성이 높은 것이 요구된다.

계측제어용 기기는 일반적으로 검출부, 표현부, 조절부, 조작부 및 전송부의 각 요소로 대별된다.

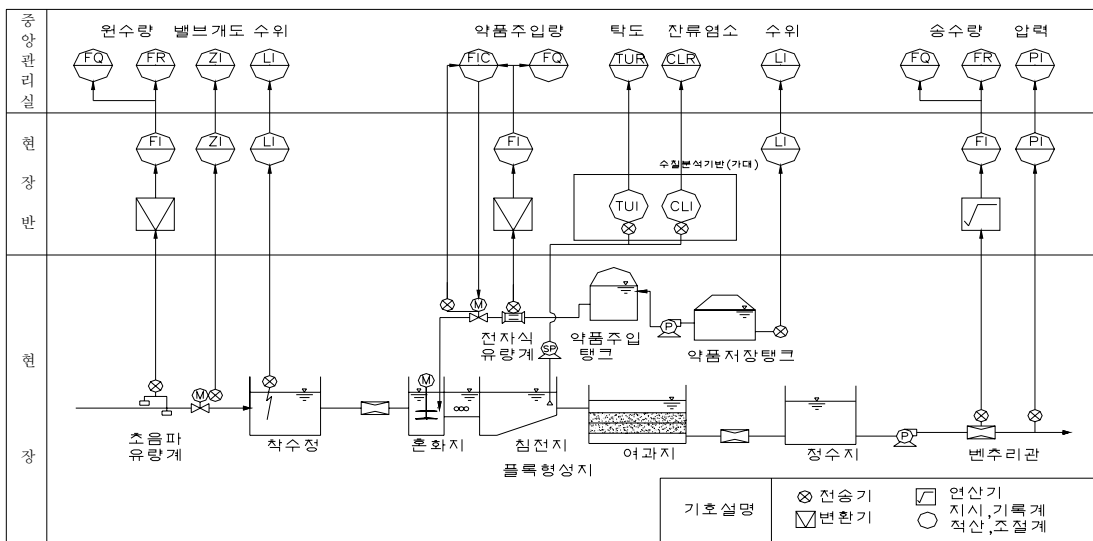
검출부는 상수도시설의 각 부분에서의 수위, 압력, 수량 및 수질 등의 변화량을 검출하여 신호로 변환하는 장치이며 표현부는 변환된 신호의 지시, 기록, 표시 및 경보 등을 하는 장치이다. 조절부는 수량이나 상태를 일정하게 유지하거나 일정한 기준에 따라 변환된 신호를 발하는 장치이고 조작부는 조절부에서의 조작신호를 받아 제어목적을 달성하기 위해서 동작하는 장치이다.

전송부는 이들 검출부, 표현부, 조절부 및 조작부 상호간에 신호를 전달하는 부분이다.

또 시설의 감시, 제어 및 정보처리를 위해 컴퓨터나 데이터전송기기를 사용하는 경우에는 이들 각 요소중 표현부, 조절부 및 전송부 등을 조합한 형식으로 된다.

일반적으로 계측제어용 기기 구성은 계측과 제어의 항목이나 그 양, 제어의 안전성 및 중요성 등에 의해서 결정된다.

상수도시설에서의 주된 계측의 종류로는 유량계측, 수위계측, 압력계측 및 수질계측이 있고 또 그 밖의 계측으로서 온도, 습도, 우량 등의 기상계측이나 전압, 전류, 전력 등의 전기계측 등이 있다. 계측제어용 기기의 구성 예를 <그림-8.12.1>에 보이고 있다.



<그림-8.12.1> 계측제어용 기기의 구성 예

1) 계측제어용 기기의 구성 및 규모를 정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 계측·감시의 항목과 점수는 상시감시를 필요로 하는 것과 그렇지 않은 것, 또 표현에 대해서도 지시나 표시만의 것과 기록, 적산 및 경보까지 하는 것 등, 그 목적과 필요성에 따라 항목마다의 중요도를 명확하게 할 필요가 있으며 가능한 한 필요최소한도의 항목

과 점수에 그치도록 간략화해야 한다.

(2) 제어에 대해서는 계측량을 기준으로 당직근무자(operator)가 수동으로 조작하는데 그치게 하거나, 변위나 변화량을 기준으로 하여 조절기기 등을 사용하여 제어루프를 구성하거나, 제어방식과 중요성 등에 따라 기기의 구성을 결정한다.

2) 계측제어용 기기 선정 및 설치·환경조건에 대하여 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 기기는 같은 사용목적에 대하여 구조, 원리, 형상 및 크기 등이 다른 많은 기종이 있으며 각각 장단점이 있다. 따라서 기기는 사용조건, 측정범위, 정밀도, 설치조건, 환경조건 등에 가장 적합하며 또한 신뢰성이 높은 것으로 더욱이 생애주기비용(life cycle cost)을 고려함과 함께 교정이나 보수가 용이한 것을 선정해야 한다.

또 그 기능만이 아니라 기기의 부착조건이나 외관에 대해서도 유의하여 선정한다.

(2) 기종 및 신호는 계획의 용이성, 보수의 간이성, 기기의 호환성 및 예비품의 공통성 등으로부터 가능한 한 통일시키는 것이 바람직하다.

(3) 설치조건과 환경조건은 기기나 장치의 신뢰성, 내구성, 안정성에 큰 영향을 미치는 정밀도의 보증에도 문제가 생기기 때문에 설치조건에 알맞은 기기를 선정한다. 또 각 기기 간의 신호를 전달하는 전송로에 대해서는 유도장해 및 뇌해를 받지 않도록 대책을 강구해야 한다.

8.12.2 유량계측

유량계측은 다음 각 항에 의한다.

1. 유량계측을 위한 계량기는 측정조건, 측정범위 정밀도 등을 고려하여 선정한다. 특히 거래용이나 유수율에 관계되는 유량계는 정밀도가 높은 것을 선정해야 한다.
2. 유량계의 설치에 대해서는 설치조건 및 환경조건에 유의한다.

【해설】

유량계는 정수처리공정에서의 양적인 파악이나 약품주입량의 제어 등에 쓰이는 것 이외에 송수량, 저수량, 배수량 등의 계측에도 쓰이고 그 계측치는 유수율의 파악이나 거래량에도 영향을 준다. 따라서 이들 유량계측용 기기에 대해서는 높은 정밀도를 유지해야 한다.

유량계의 정밀도는 기종에 따라 또한 같은 기종이라도 구경이나 유속에 따라 다르므로 사용되는 환경, 설치조건 및 측정범위 등에 따라서도 좌우되기 때문에 이들의 조건하에서 만족할 수 있는 것을 선정해야 한다.

유량계측에 사용하는 유량계의 종류에는 관로용으로 전자유도의 법칙을 이용한 전자유량계, 초음파를 이용한 초음파유량계, 벤투리관이나 오리피스 등의 조임기구에 의해 생긴 차압을 이용하는 차압식유량계가 있다.

수로용으로서 위어식 유량계가 있으며 소유량의 계측이나 염소주입량의 측정 등에 쓰이는 면적식 유량계 등이 있다.

1.에 대하여 ; 유량계는 측정원리, 구조 등에 따라 각각 다른 특징을 가지고 있고 사용목적, 측정조건, 측정범위, 정밀도, 신뢰성 등에 대하여 검토한 다음 가장 적절한 기종을 선정한다.

유량계를 선정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 측정장소가 관수로흐름이나 개수로흐름인가의 상태에 따라 선정한다.

(2) 유체의 흐름상태(관로를 충만하고 있거나, 맥동 등이 없는 상태)나 측정지점의 상류측 및 하류측의 배관에 유량계가 필요로 하는 직관부가 있느냐, 또 유량계를 삽입함으로써 생기는 압력손실이 허락되는 것인가 등을 고려하여 적절한 기종을 선정한다.

(3) 종류나 구경선정은 관로구경이 커지면 유량계의 종류에 따라 상당히 비싸게 되는 것도 있으므로 경제성, 정밀도 및 측정범위 등에 대하여 검토하여 적절한 것을 선정한다.

(4) 기종에는 구조가 방수형(防浸形 : watertighted), 수중형(submersible) 등이 있으므로 사용 장소에 알맞은 것을 선정한다.

(5) 거래용이나 유수율에 관한 것과 같이 높은 정밀도(precision)를 필요로 하는 것이나, 제어용에 사용하는 것이나, 단지 감시용 만인가 등 각각의 용도에 따라 기종과 정밀도의 것을 선정한다.

(6) 유량제어나 약품주입량의 제어에 사용하는 유량계는 감도와 정밀도가 높고 응답성이나 안정성이 좋은 것을 선정한다.

(7) 유량의 측정범위를 명확하게 하고 또한 적합한 것을 선정한다. 예컨대 배수량과 같이 하루 중에서 최소유량과 최대유량의 차가 큰 것에는 측정비(rangeability)가 큰 것이나 2-레인지용(2-range model)의 유량계를 채용한다.

(8) 상용유량은 계측오차를 가능한 한 적게 하기 위해서 최대눈금의 50%를 넘는 것이 바람직하다.

(9) 동일관로에 복수의 유량계를 설치하는 경우에는 유량계간에 계측치의 차이가 생기기 때문에, 그것을 가능한 한 적게 하기 위해서 동종, 동구경의 유량계를 선정하는 것이 바람직하다.

(10) 약품주입 등에 사용하는 유량계에는 유체의 종류(기체, 액체), 유체의 조건(온도, 압력, 밀도, 점도), 유체의 성상(부식성, 유독성) 등의 조건에 알맞은 것을 선정한다.

주) 측정비(rangeability)란 계측할 수 있는 최대유량과 최소유량과의 비를 말한다.

2.에 대하여 ; 유량계는 설치조건에 따라서는 큰 오차가 생기는 경우도 있으므로 유량계실내에 빗물이나 지하수 등이 피면 유지관리의 면에서도 문제로 되는 경우가 있다. 또 전기신호로 변환하는 전송기나 변환기에 대한 유도장애 등이 발생하지 않도록 각 기기의 설치조건 및 환경조건에 유의해야 한다.

이하에 각 유량계를 설치할 때에 유의할 점을 보이고 있다.

1) 전자유량계

전자유량계는 파라데이의 전자유도의 법칙을 응용하여 유량에 비례한 출력을 얻는 유량계로 유량을 미소전기신호로 변환하는 검출기와 검출기에서의 신호를 받아 증폭하고 연산하여 소정의 신호로 변환하는 변환기로 구성된다.

전자유량계는 관벽에 작은 전극을 부착시켰을 뿐이고 압력손실이 거의 없으며 압력, 온도, 점도, 밀도 등에 거의 영향이 없다. 또한 건물내에 유량계를 설치하는 경우, 수직으로 설치함으로써 대폭적으로 설치면적을 축소시키는 경우도 있다.

전자유량계는 역류측정이나 2-레인지전환사용 등의 기능을 부가한 것도 있다. 전자유량계를 구경 350 mm 이하인 거래용으로 사용하는 경우에는 전자식 수도계량기(국가공인 검·교정 받은

제품)를 사용해야 한다.

전자유량계의 설치에 대응하고 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 구경은 평균유속이 2~4 m/s의 사이에 있도록 선정하는 것이 바람직하다. 평균유속이 1 m/s미만이면 기전력이 작고 정밀도(precision)상의 문제가 생기기 쉽다.

또 배관경과 동일구경으로 하여 유속이 작아지는 경우에는 축소관(리듀서)을 사용하여 배관구경보다 작은 구경의 검출기를 사용한다.

(2) 배관의 곡관부나 밸브 등에 의해 생기는 편류는 계측에 오차를 생기게 하므로 흐름을 균일하게 하기 위해서 검출기의 설치전후에 필요한 직관부를 확보하여 유량제어밸브를 설치해야 하는 경우에는 검출기의 하류측에 설치한다.

또 필요한 직관부를 얻을 수 없는 경우에는 정류판 사용을 검토해야 하며, 전자유량계 설치방법은 KS B 5260을 참조한다.

(3) 검출기는 항상 유체가 관내를 충만하도록 설치한다. 곤란한 경우에는 비만수형 전자유량계를 검토한다. 또 유량계출력신호의 영점을 확인하고 조정하기 위하여 배관에 밸브를 설치하여 유체가 충만 또한 정지할 수 있도록 한다.

(4) 검출기를 수직 또는 비스듬히 설치할 때는 흐름이 아랫 쪽에서 윗 쪽으로 향하도록 하여 전극이 수평방향으로 되도록 설치한다.

(5) 검출기내부의 점검 또는 청소를 위하여 측관(by-pass)을 설치하는 것이 바람직하다.

(6) 검출기는 유체의 도전율이 불균일하게 되는 곳, 예컨대 약품주입지점의 직후는 피해야 하며 상류측 또는 하류측에 설치하는 경우에는 주입점에서 충분히 떨어진 위치에 설치한다.

(7) 약품계량용으로 사용하는 경우에는 내면을 적당하게 청소할 수 있도록 배관을 한다.

(8) 검출기 및 변환기의 설치장소는 강전기기의 근방이나 부식성 가스가 발생하는 장소는 피해야 하며 계량기실내에서 침수우려가 있는 경우에는 배수(排水)설비를 설치하고 배선의 접속지점은 완전하게 방수공사를 한다.

(9) 검출기 및 변환기에는 방적·방수형(dripproof and watertight type)으로 하여 각각 설치장소에 알맞은 것을 선정하고 변환기의 상하, 좌우에는 보수공간을 확보한다.

(10) 신호케이블 및 여자(勵磁)케이블은 소정의 전용케이블을 사용하여 독립배선으로 합과 동시에 강전기기의 가까이에 배선하는 것이나 고압케이블과 평행으로 배선하는 것은 피한다.

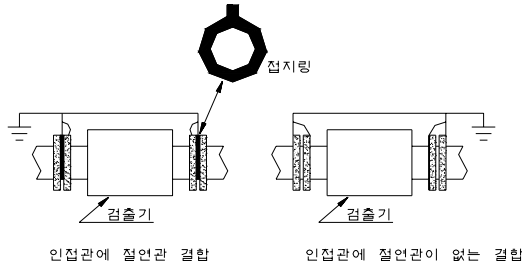
이 밖에 검출기와 변환기의 배선길이는 유체의 도전율에 따라 제한이 있다는 것에 주의해야 한다.

검출기 및 변환기의 접지는 제3종접지(100 Ω이하) 이상으로 하고 전력기기의 접지와 함께 하지 않는다(<그림-8.12.2> 참조).

2) 초음파유량계

초음파유량계는 초음파가 유체 중을 전파하는 속도가 유체의 유속에 따라 변화하는 것을 이용하여 관로의 유량에 비례한 출력을 얻는 유량계로 초음파의 발신기 및 수신하는 검출기와 검출기에서의 신호를 증폭하고 연산하여 소정의 전기신호로 변환시키는 변환기로 구성된다.

초음파유량계는 초음파가 투과할 수 있는 유체이면 도전성이나 비도전성에 관계없이 어떠한 유체에 대해서도 측정할 수 있다. 또 초음파의 발신부와 수신부가 관벽에 부착되어 있기 때문에 전자유량계와 마찬가지로 압력손실이 생기지 않는다.



<그림-8.12.2> 전자유량계 검출기와 인접관 접지방식

다만, 초음파의 전파를 방해하는 거품이나 이물질 등이 혼입되면 측정오차가 생긴다. 일반적으로 탁도 5,000 NTU이하, 수온 0~40℃가 유체조건으로 되어 있다.

초음파유량계에는 역류측정이나 2-레인지전환 등의 기능을 부가한 것도 있고 측정방법으로는 Z-법(투과법), V-법(반사법), X-법(교차법) 및 2V-(측선)법 등이 있고 관내에 편류가 있는 경우에는 2V-법이 정밀도를 좋게 측정할 수 있다.

초음파유량계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 측정관(기설관이라도 좋다)의 재질은 강관, 주철관, 덕타일주철관 등으로 내면에 라이닝이 있더라도 지장이 없다. 다만, 배관이나 라이닝의 두께, 종류가 정확하게 판명되어 있을 필요가 있다.

(2) 배관 외측에 설치하는 clamp-on type의 초음파유량계 검출기의 설치위치는 관내경(D)에 대하여 상류측 10D이상, 하류측 5D이상의 직관부가 필요하다.

다만, 상류측의 밸브로부터는 30D이상, 펌프나 분기관으로부터는 50D이상 이격시키는 것이 바람직하다. 배관에 검출기를 삽입하는 다회선식 초음파유량계는 상류측 5D이상, 하류측 2D이상의 직관부가 필요하다.

또 배관내에는 항상 유체가 충만되어 있어야 한다.

(3) 검출기 및 변환기는 강전기기의 근방이나 부식성 가스가 발생하는 장소에는 설치하지 않는다.

또 검출기를 계량기실내에 설치하여 침수될 우려가 있는 경우에는 배수(排水)설비를 설치하고 배선의 접속개소는 완전하게 방수공사를 한다.

(4) 검출기 및 변환기에는 방적형, 방수형 등이 있으므로 각각의 설치장소에 알맞은 것을 선정하고 변환기의 상하, 좌우에는 보수공간을 확보한다.

(5) 검출기와 변환기간은 전용의 동축케이블을 사용하고 배선은 독립된 전선관(conduit) 또는 케이블트레이에 넣어서 부설한다.

(6) 검출기 및 변환기의 설치는 제3종접지(100 Ω 이하)이상으로 한다.

3) 차압식유량계

차압식유량계는 유량의 2승에 비례하는 차압을 발생시키는 조임기구와 이 차압을 전기신호로 변환하는 차압전송부, 그 신호를 선형화(linearize)하는 개평연산부로 구성된다. 조임기구로서는 오리피스(orifice), 노즐(nozzle) 및 벤투리관이 있다.

조임기구 및 차압전송기를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 조임기구의 전후에는 흐름을 균일하게 하기 위해서 관내경(D)에 대하여 상류측 10D이상,

하류측 5D 이상의 직관부가 필요하고 이 직관부는 측정정밀도를 유지하기 위해서는 반드시 확보해야 한다. 또 원추형 벤투리에서는 직관부의 길이는 이 기준이하라도 좋은 것이 있다. 직관부에 대해서는 KS B 0898, KS A 0612를 참조한다.

(2) 조임기구는 계량기실내에 설치되는 것이 많으므로 필요에 따라 배수(排水)설비를 설치한다.

(3) 차압전송기는 계량기실내에 설치되는 것은 피하며 부득이하게 설치하는 경우에는 배수(排水)펌프나 환기장치를 설치하는 등 환경정비가 필요하다.

(4) 차압전송기의 설치위치는 부압이 되지 않도록 해야 한다.

(5) 조임기구로부터 차압전송기까지의 도압관은 수평배관을 피하고 $\frac{1}{10}$ 이상의 경사로 설치하여 기포나 이물질이 지체되지 않도록 한다.

또 조임기구의 차압관 및 도압관의 재질은 부식에 강하고 내구성이 있는 것을 사용한다.

(6) 차압전송기 및 도압관에는 동결방지대책을 강구한다.

8.12.3 수위계측

수위계측은 다음 각 항에 의한다.

1. 수위계측을 위한 계기는 측정조건, 측정범위, 정밀도 등을 고려하여 선정한다.
2. 수위계의 설치에는 설치조건 및 환경조건에 유의한다.

【해설】

수위계측은 유량이나 압력의 측정과 함께 수도시설의 운전관리상 중요한 요건의 하나이며 용도로서는 정수처리공정의 수위 감시와 제어는 물론, 약품의 재고관리 및 펌프의 수위제어용 등에도 사용되고 있다. 수도시설의 감시·제어에 사용되는 수위계에는 투입식, 차압식, 초음파식, 정전용량식, 플로트식, 전극식 등이 있다.

1.에 대하여 ; 수위계는 측정원리, 구조 등에 따라 각각 특징을 가지고 있으므로 사용목적, 측정조건, 측정범위, 정밀도 등에 대하여 검토한 다음 적절한 기종을 선정해야 한다. <표-8.12.1>에 각 수위계의 비교를 보이고 있다.

수위계를 선정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 감시 및 제어용으로 사용할 것인가, 거래용이나 약품검수용에 관한 것인가 등 용도에 따라 선정해야 한다.

(2) 사용목적이 2위치(기동-정지)검지용인가, 연속측정용인가 등 측정목적에 고려하여 기종을 선정한다.

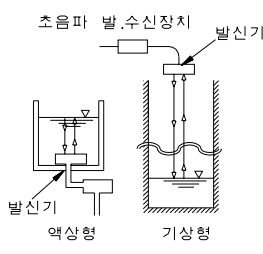
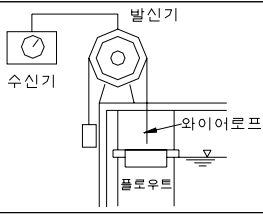
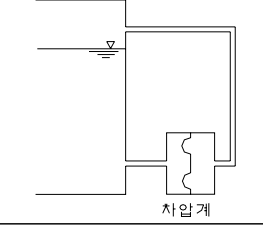
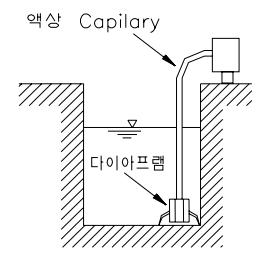
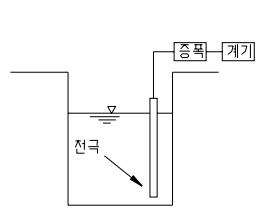
(3) 물의 흐름이나 물결의 유무 등 측정장소의 수면의 상태를 고려하여 선정한다.

(4) 측정대상물의 물리·화학적 성질(부착성, 온도, 밀도, 탁도, 부식성, 점도, 불순물 등)에 알맞은 기종을 선정한다.

(5) 환경조건이 나쁜 장소에 설치해야 하는 경우에는 내습, 내부식성 등 재질을 충분히 고려하고 기기 및 부속품의 교환이 용이한 구조의 기종을 선정한다.

(6) 정밀도에 대해서는 계측오차를 가능한 한 적게 하기 위해서 상시 변화하고 있는 수위의 최대치에는 월류수위를 고려하여 다소 여유를 갖는 값을 풀스케일(full scale)로 하는 것이 바람직하다.

<표-8.12.1> 수위계의 종류

구 조 도	원 리	장 점	단 점
초음파 발·수신장치  발신기 액상형	음원에서 발사된 펄스음파가 액면에서 반사하여 수신기에 되돌아 오기까지의 시간을 측정한다. 발신기를 액체 중에 고정시키는 액상형과 공중에서 발신하는 기상형의 2종류가 있다. 정밀도 $\pm 1\%$ 측정범위 0~0.2 mm · · · 20 m	액상형은 대형탱크, 고압탱크에, 기상형은 가늘고 긴 탱크에 알맞다.	밀도, 온도의 오차를 보정할 필요가 있다. 고가. 장애물이 있는 경우, 초음파에 의한 측정은 불가능.
 발신기 수신기 와이어로프 플로우트	플로트의 이동을 각기에 연결된 와이어와 폴리에 의해 검출하여 전기적 또는 기계적으로 측정하도록 한 것이다. 정밀도 $\pm 1\%$ 측정범위 0~1 mm · · · 30 m	저수지, 배수지 등의 큰 수면을 측정하는 데 사용된다. 계기전원이 없더라도 지시가능.	마찰 등 때문에 정밀도가 약간 떨어진다.
 차압계	액면에 의한 수주압력을 차압계를 사용하여 측정한다. 차압계로는 정전용량식 및 다이어프램식 차압계 등이 있다. 정밀도 $\pm 0.2\%$ 측정범위 0~0.1 mm · · · 70 m	광범위한 액면변화를 연속적으로 측정할 수 있다. 밀폐된 압력용기 내의 액면측정도 가능.	검출기의 설치장소에 제약이 있다.
 액상 Capillary 다이어프램	원리적으로는 차압식과 같다. 접액다이어프램을 액 중에 설치하고, 액봉모세관(liquid seal capillary)으로 액압을 본체로 이끌어서, 여기서 기상압과의 차압에 의해 차압계로 액압을 측정한다. 정밀도 $\pm 0.3\%$ 측정범위 0~0.1 mm · · · 100 m	접액부를 체인 등으로 매달아 투입할 뿐으로 아주 특별한 공사가 필요없다. 보수가 간단하고 용이하다. 부식성의 환경에 사용하기 알맞다.	심한 흐름이 있는 장소에는 주의가 필요하다.
 측정·계기 전극	액체 중에 전극을 삽입하고, 이것과 탱크벽 또는 액 간의 정전용량이 액면의 상, 하에 비례하는 성질을 사용하는 것으로 불연속검출에도 사용할 수 있다. 정밀도 1% 측정범위 0~1 mm · · · 150 m	구조가 견고하고, 가동부가 없어서 보수가 용이하다. 도전, 비도전성에 관계없이 액체, 분체 모두에 알맞다. 휘발성분위기에서도 사용할 수 있다.	전극에 부착물이 있으면 오차의 원인으로 된다. 유전율의 변화가 오차의 원인으로 된다.

(7) 측정범위에 대해서는 계측필요범위를 명확하게 하고 그것에 적합한 것을 선정한다.

(8) 수위제어나 유량제어에 사용되는 수위계는 감도와 정밀도가 높고 응답성이나 안정성이 좋은 것을 선정한다.

2.에 대하여 ; 수위계는 대부분이 현장설치로 되기 때문에 설치조건에 따라서는 오차가 생기며 유지관리의 면에서 문제가 되는 경우도 있으므로 기기의 설치조건에는 충분히 유의해야 한다. 검출기나 변환기의 설치에 대해서는 낙뢰의 영향 및 유도장애가 발생하지 않도록 배려한다.

각 수위계의 종류별로 설치할 때 유의할 점을 다음에 보이고 있다.

1) 투입식수위계

투입식수위계는 접액다이아프램을 수중에 설치하여 다이아프램에 걸리는 압력을 측정하여 통일된 신호로 변환한다. 이 방식은 각종 탱크에 특별한 공사가 필요없이 간단히 설치할 수 있기 때문에 사용 예가 많다.

투입식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 검출기의 설치위치는 부근에서 심한 흐름이 있는 경우에는 방파관이나 방류벽 등을 설치할 필요가 있으며 또 진동의 있는 곳은 피한다.
- (2) 슬러지 등이 퇴적될 우려가 있는 장소에는 사용하는 것이 바람직하지 않다.
- (3) 공중케이블을 통해 전송기에 물이 들어가면 고장의 원인으로 되기 때문에 이것을 방지할 대책을 해야 한다.
- (4) 중계박스나 전원박스는 습기나 부식성 가스가 적은 장소에 설치한다.

2) 차압식수위계

차압식수위계는 수중 임의의 점에서의 정압력이 그 지점에서 수면까지의 거리, 밀도 및 중력가속도의 곱에 반비례하는 것을 이용하여 수면까지의 거리(수위)를 검지하는 방법으로 약품저장조의 수위측정용에 잘 사용된다.

차압식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 차압전송기의 설치위치는 최저수위보다 낮게 설치한다.
- (2) 액의 밀도에 의한 보정이 필요하다.
- (3) 액에 맥동이 있으면 차압전송기의 출력이 불안정하게 되기 때문에 주의해야 한다.
- (4) 도압배관은 공기고임(stagnant air)을 만들지 않게 되도록 직선배관으로 하는 것이 바람직하다. 또 조인트부는 종종 누설의 원인으로 되므로 조인트의 재질이나 시공에 주의한다.
- (5) 동절기에 동결될 우려가 있는 경우에는 도압배관에 보온장치를 시공한다.
- (6) 차압전송기는 떼어낼 수 있도록 도압관의 출구에 원밸브를 설치한다.

3) 초음파식수위계

초음파식수위계는 측정대상물의 윗 쪽에 설치된 초음파센서로부터 발사된 초음파펄스가 측정대상물의 표면에서 반사되어 반사파로 되어 다시 센서로 수신되기까지의 왕복전파시간을 측정하여 수위로 환산한 것이다. 이 수위계의 특징은 비접촉 측정이 가능하고 점도와 밀도에 의한 영향이 없으며 가동부분이 없는 것 등이다.

초음파식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 초음파수위계는 최소측정범위, 반사조건, 불감거리 등에 의해 측정한계가 있다.
- (2) 초음파센서는 발사된 초음파펄스가 먼지, 기체, 증기 등에 의해 측정에너지의 전파를 약하게 하는 경우가 있다.

(3) 탱크 내에 설치된 사다리나 배관 등에 의한 반사파에 의해 노이즈(noise)가 발생하지 않도록 설치장소를 선정한다.

(4) 센서부에 물방울·결로가 발생하면 오차가 발생하는 요인으로 되기 때문에 초음파발신부에 고분자 압전막, 고분자필름 등의 피막을 씌어서 물방울이 부착되지 않도록 배려한다.

(5) 센서는 진동이 없는 장소를 선정하고 또 기계류의 잡음이나 전자 유도와 등의 영향을 받지 않도록 설치한다.

(6) 측정대상물의 표면에 거품이나 작은 파(small wave)가 있는 경우 초음파의 에코가 일어나서 오차가 생긴다.

4) 정전용량식수위계

정전용량식수위계는 액체 중에 전극을 삽입하여 전극과 수조 또는 탱크 벽과의 사이에 정전용량이 액면의 상하에 비례하는 성질을 이용한 것이다. 이 방식은 전극의 길이, 재질, 측정대상의 유전율에 의해 측정범위가 넓게 채용되며 또 전극의 재질을 선정하는 것에 의해 부식성액체에도 적용할 수 있다.

정전용량식수위계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 정전용량식수위계는 전극선정이 중요하다. 전극은 수위의 직접검출부로서 발신기를 작동시키는 것에 충분한 용량변화를 필요로 한다. 또 측정대상물의 물리·화학적성질, 진동, 충격 등의 요인에 대해서도 배려해야 한다.

(2) 전극은 사용목적이나 측정조건에 따라 여러 가지 형식의 것이 제작되고 있지만, 크게 나누면, 전극전체가 절연물로 피복된 완전피복형과 전극의 끝부분 등의 금속부가 노출된 부분피복형으로 나뉘어진다. 그 형상으로서서는 막대형상의 것이 일반적이지만, 그 이외에도 와이어로프형상, 파이프형상 등이 있으며 피복에 쓰이는 유전체로는 4불화에틸렌(Teflon), 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 세라믹 등이 있다.

이들 수많은 전극 중에서 어떤 전극을 선정할 것인가는 측정결과와 양부에 직접 결부되는 요인이기 때문에 사용목적이나 측정조건 등을 검토해야 한다.

(3) 깊은 우물(심정호) 등 특수한 측정조건에서 수위를 측정하는 경우 사용할 전극이 길게 되기 때문에 기계적 강도에 주의해야 한다.

(4) 전극 및 변환기의 영점 및 스펠을 확인하기 위해서는 실제로 측정액을 변동시켜서 확인하는 것이 가장 정확한 방법이므로 설치 후에 그 조작이 가능한 지를 확인한다.

5) 플로트식 수위계

플로트식 수위계는 플로트를 액면에 띄우고 플로트의 변위를 와이어 또는 테이프에 의해 계기내부의 활차(pulley)에 전하여 회전각으로 변환한다. 이 회전각을 변환부에서 통일신호로 변환하여 지시 및 전송한다.

이 수위계는 원리와 구조가 간단하고 취급이 용이하다. 또 계기용의 전원이 없더라도 지시할 수 있다. 플로트식 수위계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 측정대상물이 산화제, 산성약품 등 부식성이 있는 경우에는 플로트의 재질을 경질염화비닐 또는 스테인리스 등 내식성의 것을 선정해야 한다.

(2) 옥외에 설치하여 직사일광 및 복사열 등을 받을 때에는 단열조치를 하거나 통풍이 잘 되도록 설치하며 또 부식성이 우려되는 환경에 설치하는 경우에는 환기장치설치를 고려해야

한다.

(3) 플로트를 띄우는 장소에 흐름이나 물결이 있을 때에는 정확한 수위를 측정할 수 없으며 오차가 생기기 때문에 플로트탱크 또는 방파관 등을 설치하여 플로트의 흔들림을 방지해야 한다.

(4) 나사식감기드럼을 사용한 것에서 플로트는 상하의 이동에 따라 조금씩 수평방향으로 이동하기 때문에 플로트방파관의 간격은 충분히 잡을 필요가 있다.

(5) 플로트와 평형추(counterweight)가 한 와이어로프의 양끝에 부착되고 변환부의 활차에 반바퀴 걸게 되는 것으로 플로트 또는 평형추와 방파관과의 간격을 한쪽 평균 20 mm 이상 잡는 것이 바람직하다.

(6) 수위변동이 심한 곳에서는 드럼에서 와이어감김(휨쓸림)이 흐트러지는 경우가 있다.

8.12.4 압력계측

압력계측은 다음 각 항에 의한다.

1. 압력계측을 위한 계기는 측정조건, 측정범위, 정밀도, 응답성이 적정한 것을 선정해야 한다.
2. 압력계의 설치에는 설치조건 및 환경조건에 유의해야 한다.

【해설】

압력계측은 배수관의 압력 균등화, 누수방지대책상의 압력조정 등의 배수시설에서 많이 사용하고 있다.

압력계의 용도로는 기계식압력계로서는 부르동(bourdon)관식 압력계가 펌프의 압력측정에 많이 사용되고 다이어프램식압력계는 부식성약품, 슬러리 등의 압력측정에 많이 사용되고 있다. 또 벨로즈식(bellows type)압력계는 공기식조절계(pneumatic controller), 압력스위치(pressure switches) 등에 사용되고 있다.

정전용량식 및 반도체식 압력계는 압력측정뿐 만 아니라 탱크의 수위를 압력으로 측정하여 수위로 환산하거나 조임기구에 의한 차압을 측정하여 유량으로 환산하는 등 유량과 수위 등의 측정에도 응용되고 있다.

압력을 검출할 때 압력표현 방법에는 절대압력, 게이지압력 및 차압압력이 있다.

1.에 대하여 ; 압력계는 측정원리, 구조 등에 따라 각각 다른 특징을 가지고 있고 사용목적, 측정조건, 측정범위, 정밀도 등에 대하여 검토한 다음 가장 적절한 기종을 선정한다.

압력계를 선정할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 계측범위 및 사용목적에 적합한 감압소자를 선정한다.
- (2) 부르동(bourdon)관 압력계의 정밀도는 등급, 눈금범위의 단계 등에 의한 허용차의 다르므로 사용목적에 적합한 기종으로 한다.
- (3) 압력계는 지시계로만 사용하는 것인가, 또는 전기신호로 변환하여 사용할 것인가에 따라 각각의 용도에 따른 것을 선정한다.
- (4) 액체의 종류(액체의 성상, 밀도, 부식성, 유독성) 등의 조건에 적합한 것을 선정한다.
- (5) 측정 장소가 관로, 개방탱크 또는 압력탱크인 것에 따라 각각의 설치조건에 적합하고 유

지보수가 용이한 기종을 선정한다.

(6) 압력제어나 유량제어에 사용할 압력계로는 특히 감도, 정밀도, 응답성 및 안정성이 좋은 것으로 선정한다.

(7) 압력계의 발신기는 레인지변경이 용이한 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 압력계는 많은 현장에 설치되기 때문에 설치조건에 따라 오차가 생기는 경우가 있다.

압력계를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 측정유체에 따라서는 접액부에 내식성재질의 것을 사용한다.

(2) 동결이 우려되는 경우에는 도압관을 보온재 또는 배관용 히터 등으로 보호해야 한다. 또한 액체압력을 측정하는 경우에는 도압관로에 공기빼는 공기밸브를, 기체압력측정에는 도압관로에 물뽑는 드레인밸브를 설치한다.

(3) 부르동관은 구조부분의 마모나 노후화 등에 따라 정밀도가 떨어지기 때문에 정기적으로 조정 또는 교체 등을 용이하게 할 수 있도록 한다.

(4) 옥외에 설치하는 경우에는 직사일광, 빗물 등을 피하는 뚜껑을 부착하여 장기적으로 신뢰성이 높은 측정을 할 수 있도록 고려한다.

(5) 압력전송기는 도압관의 공기빼기와 조정 등으로 지시치를 확인해야 하기 때문에 현장지시계(bourdon관식 압력계 등)를 병설하는 것이 바람직하다.

(6) 보수점검 및 교체 등을 용이하게 할 수 있도록 압력전송기는 단독으로 떼어낼 수 있는 배관 및 조인트를 설치한다.

8.12.5 수질계측

수질계측은 다음 각 항에 의한다.

1. 수질계측을 위한 계기는 구조나 원리가 간단하고 응답성이 좋으며 신뢰성이 높고 교정 및 보수가 용이한 것을 선정한다. 또 내습성, 내부식성 등 주위의 환경조건에 알맞은 것을 선정한다.
2. 수질계측은 수질계기의 설치환경과 채수방식에 유의한다.
3. 상수도시설에서 수질계측기기는 원수의 수질 및 정수장 운전의 자동화 등 정수처리 시설여건에 능동적으로 대응키 위해 필요한 계측기를 선정·설치해야 한다.

【해설】

수질계기는 취수로부터 정수까지의 정수처리공정이나 송·배수관망에서의 수질감시에 사용하는 것으로 응집제, 알칼리제, 소독제 등의 약품주입제어에 사용되는 것으로 높은 정밀도로 장기에 안정된 신뢰성이 있는 것이 요구된다.

수질계기의 정밀도는 다른 공업계기와 달리 측정원리가 서로 다르거나 계기의 종류, 또는 동일기종이더라도 측정레인지가 다름에 따라 값이 다른 경우가 있다. 또 계기의 값과 인력에 의한 분석치에 대해서도 측정원리나 측정조건의 차이가 있다고 할 수 있다.

수질계기의 정밀도 표현방법에는 일반적으로 직선성, 재현성, 안정성 등이 사용된다.

응집제의 주입제어에는 탁도계, pH계, 알칼리계, 수온계가, 알칼리제 등 pH조정주입제어에는 pH계, 알칼리도계가, 염소제주입제어에는 염소요구량계, 암모니아이온계, 잔류염소계 등이 사용된다. 오존제어에는 용존(액상)오존농도계나 배출오존농도계가 사용된다.

감시용 계기는 상황에 따라 미량휘발성유기화합물(VOC)계, 유막검지기, 유분(油分)모니터, 고감도탁도계, 색도계, 트리할로메탄계, 전기전도도계, UV(자외선흡광도)계, ORP(산화환원전위)계, 시안이온계 등이 있다.

또 수질계기는 기종마다 다른 측정방식의 것이 있으며 예를 들면, 탁도계에서는 투과광측정 방식, 투과광산란광비교방식, 표면산란광측정방식 등이 있으며 측정수질이나 사용목적에 합치되는 기종을 선정해야 한다.

수질계기의 구조, 원리 및 특징 등을 <표-8.12.2>에 보이고 있다.

1.에 대하여 ; 수질계기를 선정할 때에 유의사항으로서는 다음과 같은 것이 있다.

(1) 다른 계측제어 기기에 비하여 유지관리주기가 짧기 때문에 교정과 보수가 용이한 것이 바람직하다.

(2) 시약을 필요로 하는 것은 되도록이면 시약소비량이 적은 것을 선정한다. 시약탱크의 용량은 유지관리주기, 운전시간 및 시약의 시간경과변화 등을 고려하여 정한다.

(3) 검출장치나 전극의 세척방식에는 초음파세척, 물분사(water jet)세척, 브러시(brush)세척, 비드(bead)세척 등이 있지만, 어떤 방식을 채용할 것인가는 측정수질이나 유지관리 등을 고려하여 정한다.

세척방법은 수동과 자동을 겸비하고 세척간격 및 세척시간이 변경가능한 것이 바람직하다.

세척할 때나 레인지전환 중에는 출력신호를 홀드(hold)하고 홀딩(holding)시간을 변경할 수 있는 것이 바람직하다.

각 계기별로 선정할 때 유의사항은 다음과 같다.

1) 탁도계

탁도계는 측정수가 착색된 것의 영향을 받지 않는 것을 선정한다. 저탁도용의 탁도계(low range turbidimeter)로는 제로탁도필터부(zero-turbidity filters)가 바람직하다. 측정수질의 변동이 큰 경우에는 2중레인지 등의 채용을 고려한다. 레인지전환은 자동전환이 바람직하다.

크립토스포리디움 대책으로서 고감도탁도계나 입자계수기(particle counter)가 사용되는 경우도 있다.

고감도탁도계로는 투과산란광(laser)식, 투과산란광(가시광)식, 표면산란광식이 있고 감도가 높으며 저탁도까지 측정할 수 있다. 설치할 때에는 유지관리가 용이하고 신뢰성이 높은 것을 채택한다. 입자계수기(particle counter)는 여과지전후의 물에 포함된 탁질의 입자경 및 입자수를 측정하여 여과상황을 파악하는 데 사용되고 있다.

2) 미량휘발성유기 화합물(VOC)계

정수장 원수의 오염사고에 대처하기 위해서 휘발성유기화합물 23성분을 $\mu\text{g/L}$ 단위까지 연속 측정할 수 있는 VOC계를 원수감시에 사용하는 경우가 있다.

VOC계는 1시간마다 디클로르메탄, 톨루엔, 벤젠, 트리클로로에틸렌 등 많은 물질을 확인할 수 있고 원수수질의 돌발적인 변화나 장기변동을 파악할 수 있다.

VOC계는 측정정밀도나 신뢰성도 높고 유지관리도 비교적 용이하다.

<표-8.12.2> 수질계기의 구조, 원리, 특징

(1) 고감도탁도계

종류	구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
투과산란광레이저방식		반도체레이저를 시료액의 한 점에 집중시켜 쏘면, 액중의 탁도수입자에서의 투과광이나 산란광에 의한 간섭효과(縞)를 광전지 등에 의해 입자수를 측정함으로써 탁도를 측정. 재현성 : $\pm 3\%$ FS 측정범위 : 0~2 mg/L	감도가 높고 저농도의 측정이 가능.	측정수의 유량을 일정하게 할 필요가 있다. 광전지장오염의 영향이 크다.
투과산란광가시광방식		시료수에 직각으로 가시광을 맞춰서 입자에 의한 투과광과 산란광을 광전지에 의해 검출하여 탁도를 계산. 재현성 : $\pm 2\%$ FS 측정범위 : 0~0.2 mg/L	감도가 높고 저농도의 측정이 가능하다. 색도의 영향을 받지 않는다.	광전지장오염의 영향이 크다.
표면산란방식		광원램프로부터의 빛은 집광렌즈를 거쳐 시료수면에 입사되고 있다. 샘플수중의 부유현탁물질량에 의하여 산란광량이 변화한다. 산란광중에 대략 위쪽에 산란된 것만이 수광부로 들어간다. 이들 산란광이 집합하여 수광자에 입사하여 전기신호로 교환된다. 재현성 : $\pm 2\%$	셀 창이 없으므로 셀의 오염에 의한 영향이 없다.	진동에 약하고 입자경에 의한 영향이 크다.

(2) 염소요구량계

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수에 염소발생기로 생성한 차아염소산을 과잉 주입하여 유리염소를 만들고, 잔류염소계로 염소농도를 측정하여 주입염소량으로부터 잔류염소량을 뺄셈하여 염소요구량을 측정한다. 재현성 : $\pm 3\%$ FS 직선성 : $\pm 3\%$ FS 측정범위 : 0~5. . . 20 mg/L	수중의 암모니아성 질소와 함께 염소를 소비하는 모든 물질을 측정할 수 있다.	염소발생기의 음극부에 가성소다가 석출되기 때문에 정기적인 청소가 필요.

(3) 전기전도율

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수에 전극을 담궈서 전극봉간의 전기저항을 측정한다. 원리는 간단하고 교류전원이 사용된다. 최근에는 정밀도가 좋은 전자유도형의 전기전도율계도 있다. 재현성 : $\pm 1\%$ FS 직선성 : $\pm 2\%$ FS 측정범위 : 0~0.05 μ S/cm · 1999 mS/cm	원리가 간단하고 고탁도의 시료도 측정할 수 있으며, 유지관리도 쉽다.	측정용 전극의 특성이 열화되므로 정기적인 점검이 필요.

(4) 암모니아질소계

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수에 pH조정용의 가성소다를 가하여 pH 11 이상으로 하여, 암모니아이온을 암모니아로 바꿔서 암모니아 가스의 농도를 암모니아전극을 사용하여 측정한다. 다른 측정방법으로는 이온크로마토그래프법 등이 있다. 재현성 : $\pm 3\%$ FS 측정범위 : 0~1. . . 100mg/L	방해성분의 영향을 거의 받지 않고, 연속하여 원수를 측정할 수 있다.	표준 첨가액의 화암모니아염이나 가성소다 등의 시약이 필요. 감도와 정밀도가 약간 나쁘다.

(5) 유막검지기

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	하천 등의 수면상에 설치하여, LED광을 기름에 의해 형성되는 유막에 맞힌다. 기름의 반사율은 물보다 크기 때문에 반사광의 세기를 측정함으로써 유막의 유무를 판별한다. 재현성 : $\pm 2\%$ FS	장치는 간단하고 유지관리도 용이하다.	수면이 비나 강한 바람으로 맞으면, 오작동하거나 검지할 수 없다. 또 수면이 크게 변동하거나, 흐름이 빠른 수로에 적합하지 않다.

(6) 입자계산기

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수에 레이저광선을 맞춰서 입자에 의해 차단되는 그림자를 포토다이오드로 계측하여 입자경별로 입자경을 측정한다. 출력은 입자경의 크기에 비례하므로, 지정입경별 입자수를 계산한다. 재현성 : $\pm 5\%$ FS 측정범위 : 2~400μm	입자경별로 입자수를 측정할 수 있으므로, 입자의 분포상태를 파악할 수 있고, 여과지의 상황을 확인할 수 있다.	측정수의 유량을 일정하게 할 필요가 있다.

(7) VOC계

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	시료수를 증발시켜 용해되어 있는 휘발성물질을 기화시키고, 기화된 물질을 가스크로마토그래피에 의해 각 성분마다의 농도를 측정한다. 재현성 : $\pm 1\mu\text{g/L}$ ($2\mu\text{g/L}$에서) 직선성 : $\pm 5\%$ FS (100$\mu\text{g/L}$검량선에서)	VOC 23성분을 한번에 고감도로 연속측정할 수 있다.	유틸리티에 공기, 질소, 수소가 필요.

(8) 유분(油分)모니터

구 조 도 의 예	원 리	장 점	단 점
	측정수를 공기에 의해 증발시켜, 측정수 중에 용해되어 있는 휘발성물질을 기화시켜, 수정진동자의 공진주파수의 변화량에 의해 농도를 측정한다. 재현성 : $\pm 5\%$ FS 감도 : 등유로 10$\mu\text{g/L}$	수중에 용해되어 있는 미량기름 성분이 검지될 수 있다.	시료 전 처리나 기화기, oil-less의 계속제어용의 공기가 필요.

3) 기름의 측정

원수수질사고의 대부분을 등유나 경유 등의 혼입에 의한 기름사고가 차지하고 있다. 원수중의 기름을 측정하는 계기에는 기름에 의해서 형성되는 유막을 반사율 등의 차이를 이용하여 측정하는 유막검지기나 측정수중에 포함된 기름의 휘발성물질을 측정하는 기름성분모니터가 사용된다.

4) pH계

pH계에는 유통(流通)형과 잠수(潛水)형 등이 있으며 측정 장소에 알맞은 것을 선정한다. 또 측정수의 전기전도도가 5 μ S/cm이하의 pH측정에는 저전기전도도용(순수한 물용 pH계)을 선정한다. 세척이나 교정을 시퀀서(sequencer)를 사용하여, 자동적으로 하는 기종도 있다.

5) 전기전도도계

전기전도도계의 전극에는 직결형, 유통형 및 투입형이 있으며 측정 장소에 알맞은 것을 선정한다.

6) 알칼리도계

알칼리도계는 중화적정에 의해 측정수의 알칼리도를 측정하는 것으로 측정수의 탁질이나 유기물 등에 의해 측정오차가 생기는 경우가 있으므로 여과장치 등 전처리장치를 설치하는 것이 바람직하다.

7) 염소요구량계

염소의 자동주입제어를 하기 위해서는 암모니아성질소계나 염소요구량계가 사용된다. 염소요구량계는 측정수에 과잉염소를 주입함으로써 소비되는 염소량으로부터 요구량을 산출한다.

설치할 때에는 염소는 암모니아성질소 등 수중의 피산화물과 반응하는데 반응시간을 요하기 때문에 채수점 등 수질제어계의 응답시간을 고려해야 한다.

또 수원수질이 크게 변하는 경우에는 2중라인지 등을 채용하고 자동제어중의 기기 점검중에는 신호가 홀딩(holding)되도록 대책을 강구한다.

8) 잔류염소계

잔류염소계는 시약을 쓰는 시약형과 무시약형이 있다. 시약형은 유리잔류염소와 결합잔류염소를 시약을 바꿈으로써 분별측정할 수 있는 계기이고 무시약형은 유리잔류염소만을 측정하는 계기이다. 무시약형은 측정수의 pH값 및 전기전도도 값이 일정한 범위 내인 것이 필요하므로 시약형에 비하여 수질에 의한 정밀도의 제한을 받기 때문에 주로 여과수이후의 정수 측정에 사용하고 있다.

9) 암모니아성질소계

측정수중의 암모니아이온을 연속으로 측정하여 염소주입제어용으로 사용된다.

10) 오존농도계

오존농도의 연속측정에는 자외선흡광도법이나 격막전극법, 폴라로그래프(polarograph)법이 사용된다.

기상용으로는 자외선흡광도법이 잘 사용되며 유지관리도 용이하고 측정정밀도도 안정되어 있다.

누설오존농도 등 저농도의 오존을 측정하는 경우 공기중의 옥시단트(oxidant)의 방해가 있다는 것을 고려해야 한다. 또 액상의 오존농도계는 시료채취중에 오존농도가 감소되기 때문에 현장설치가 바람직하다.

11) UV(자외선흡광도)계

UV계는 유기물 총량의 목표를 측정하기 위해서 사용된다. UV계는 유지관리가 용이하고 또한 염가로 연속측정할 수 있다.

12) 색도계

색도계는 망간 등에 의한 발색을 계측하는 것으로 색도의 390 nm의 투과광을 측정하는 방식

이 사용된다.

13) ORP(산화환원전위)계

ORP계에는 pH계와 같이 침수형과 유통형이 있으며 사용목적에 따라서 선정한다.

14) SDI(오염지수)계

SDI계는 해수담수화장치 등에 사용된다. 원수의 오염을 측정하는 것으로 멤브레인필터에 측정수가 몇분간 흐를 수 있는 가를 측정하여 계산한다.

15) 배수(配水)모니터

고객서비스나 배수관 이상의 조기발견 등을 목적으로 배수관말단 수질의 연속측정용으로 배수모니터가 사용된다. 모니터에는 수온계, 압력계, 탁도계, 색도계, 전기전도도계, 잔류염소계 등을 조합하여 측정한다. 각 기기는 자동교정과 자기진단기능을 갖고 있으며 통신회선 등을 이용하여 원격의 중앙관리실에 신호를 전송할 수 있다.

설치할 때에는 유지관리주기가 길고 측정변동이 적은 기종을 선정한다. 또 상시 무인이기 때문에 자물쇠를 채울 장치 등이 필요하다.

2.에 대하여 ; 수질계측은 측정수에 가까운 지점에 설치하는 현장설치방식과, 집중채수방식으로 수질시험실 등에 설치하는 중앙집중설치방식이 있다.

전자의 방식은 계측데이터의 시간지연이 작고 특히 약품주입제어에서는 안정적이고 또 확실하게 제어할 수 있으므로 가장 바람직한 방식이다. 그러나 각 측정점이 분산되어 있으며 또 수질계기의 검출부는 일반 공업계기에 비하여 구조도 복잡하고 유지관리주기도 짧으며 또 시약을 보충해야 하는 등으로부터 보수 점검 작업하는 데에 있어서 문제가 있다.

후자의 중앙 집중 설치 방식은 시료채취관에 의한 시료채취방식이기 때문에 계기의 설치환경은 양호한 분위기를 유지할 수 있고 집중적으로 보수점검할 수 있다는 이점이 있지만, 시료채취관 내의 체류시간에 의한 시간지연(time lag)이 제어계의 문제로 되는 경우가 있다. 또 체류에 의한 수질변화가 측정오차의 원인으로 되는 외에 시료채취관의 파손이나 시료채취펌프의 고장 등으로 계측에 지장을 가져오는 등의 문제가 있다.

이와 같이 수질계기의 설치장소에 대해서는 각각 일장일단이 있으므로 계측데이터의 사용목적이나 유지관리 등을 검토하여 정한다. 수질계기 설치장소의 비교를 <표-8.12.3>에 보이고 있다.

<표-8.12.3> 수질계기의 설치장소에 따른 손실비교

비 교 항 목	현 장 설 치	중 앙 집 중 설 치
계측데이터의 시간지연	작다. 약품주입 제어계에 유리하다	크다. 약품주입 제어계에 불리하다
시료채취관에 의한 수질변화의 영향	거의 영향없다	영향이 있으며 정기적으로 관세척이 필요하다
수질계기에의 환경조건	좋지 않다. 방우와 방한, 환기대책 등이 필요	좋다
수질계기의 보수관리	계기가 각처에 산재되어 있어서 유지관리가 나쁨	좋다

3.에 대하여 ; 상수도 취,정,송수 및 배출수처리 공정에 수질계측기기는 고객에게 안전하고 양

질의 물을 공급하기 위하여 설치하며 공정별 계측기기 설치항목은 <표-8.12.4>공정별 수질계측기 설치 항목에 보이고 있다.

(1) 수원 및 취수장의 수질감시기능 강화

(수온, pH, 탁도, 전기전도도, 알칼리도, 조류, TOC, 암모니아)

(2) 소독부산물 제어를 위한 감시기능 강화(TOC)

(3) 정수장 자동화대비 공정감시 및 제어기능 강화

1) 전,중,후염소 투입량 종속제어

2) 혼화·응집공정 감시제어(pH, SCD)

3) 관부식 방지를 위한 알칼리제(소석회, 가성소다) 종속제어

(4) 여과지별 탁도감시기능 강화(지별 탁도계, 공정 입자계수기)

(5) 배수지 등 공급과정의 수질감시기능 강화(수온, pH, 탁도, 잔류염소 등)

(6) 설치기준 외 현장여건상 필요시 기타 항목으로 설정가능

<표-8-12.4>공정별 수질계측기 설치항목

구 분	수온	pH	탁도	전기 전도도	알칼 리도	잔류 염소	불소	SCD	입자 계수	TOC	NH ₃	조류 측정	COD (UV)	SS	기타
취수장(수원)	○	○	●	○	○					○	○	○			○
착수정	●	●	●	●	●	○				○					○
혼화지		○			○	○		○							
침전지		○	●			○									
여과지 또는 정수지전단		○	●		○	○	○		○	○					
정수지	●	●	●			●									
가압장						○									
배수지	○	○	○			○									
방류수		●											○	○	

※ 1. 범례 : ● 기본설치항목, ○ 추가설치항목

2. 취수장 탁도계는 착수정 도착시간이 1시간 이상인 취수장 또는 광역취수장에 설치하며 취수장과 정수장이 인접한 경우는 설치 불필요

3. 여과지 “탁도”의 경우 통합 여과수 탁도계와 여과지별 탁도계 포함

4. “기타”는 취수원 수질특성상 온라인 감시(망간, 질산성질소 등) 필요시 또는 수원의 목적상 온라인 감시필요시 다항목수질자동측정기 설치운영

수질계기를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

1) 일반적 사항

(1) 계기는 진동이나 충격이 적은 장소에 수평으로 설치한다. 특히 탁도계로 표면산란광식인 경우에는 진동이나 충격에 의한 물결치기가 있으면 오차의 원인으로 된다.

(2) 유도장애가 있는 장소나 먼지나 부식성 가스발생이 많은 곳은 피하고 주위의 온도변화가 작고 습기가 적으며 직사일광이 쏘이지 않는 장소에 설치한다. 특히 시약탱크는 직사일광을 피해야 한다.

옥외에 설치하는 경우에는 방우대책과 동절기의 동결방지대책 및 하절기의 고온대책이 필요하다.

(3) 수질계기의 배선구는 방수처리를 한다.

2) 기포대책

(1) 측정수의 기포대책으로 탈포조를 설치한다. 탈포조의 크기나 계기간의 수위차는 탈포효과, 수질계기의 수, 설치위치 등을 고려하여 정한다.

(2) 탈포조와 탁도계와의 사이의 배관은 가능한 한 밸브를 설치하지 않도록 한다. 밸브를 설치해야 하는 경우에는 볼밸브를 사용한다.

(3) 탈포조나 계기의 배수(排水)배관의 길이는 아주 짧게 하고 토출구는 대기개방으로 하강배관으로 한다.

3) 시료채취설비

(1) 측정수의 채수점은 평균적인 수질을 얻을 수 있는 곳, 특히 잔류염소 등은 혼화가 충분히 이루어진 지점으로 한다.

(2) 측정수를 탱크나 거에서 취수하는 경우에는 밑바닥으로부터의 취수는 피해야 하며 침전물의 영향을 받지 않는 지점에서 취수한다. 관에서 취수하는 경우에는 관중심부에서 수평으로 샘플링하거나 또는 상부에서 샘플링한다.

(3) 채수용 펌프는 목적에 충분한 양수량과 양정의 것을 설치한다.

(4) 시료채취관은 유량을 조절할 수 있는 배관으로 한다. 또 배관내를 청소할 수 있도록 도중에 조인트를 설치하여 떼어낼 수 있는 배관으로 하고 그 위에 관로를 세척하기 위해서 배관 각부에 배수(排水)할 수 있도록 한다.

(5) 시료채취관은 관내면에 녹이 발생하지 않는 재질의 것을 사용한다. 배관의 굵은 부분이나 기타 채류될 지점을 적게 하고 밸브로는 볼밸브를 사용하는 등 배관의 막힘을 피하는 배려가 필요하다.

(6) 시료채취관에 이물질이나 조류 등이 혼입되는 경우에는 샘플링관 또는 흡입관에 스트레이너를 부착한다. 착수정이나 침전수거 등에는 쓰레기에 의해 스트레이너가 막히는 경우가 있으므로 그 대책을 강구해야 한다.

(7) 수질시험실은 수질계기, 탈포조, 채수전 등으로부터의 배수(排水)가 많으므로 습도가 높고 또 염소가스의 발생에 의해 계기부식 등의 문제가 발생하기 때문에 채수전의 상부에 국소환기설비를 설치하여 환기하거나 배수구에는 될 수 있는 한 덮개를 설치한다.

그 밖에 시험실의 수분은 마르면 가까이 채류되기 쉬우므로 마르면 상부를 환기하는 등 환경조건을 정비한다.

(8) 수질계기의 측정수 입구부근에서 대폭 배관경을 조이는 것은 막힘의 원인으로 되기 때문에 피한다.

(9) 시료채취량은 정수처리에 영향이 없는 수량으로 한다. 관내유속은 관로도중에서 탁질이 침전되거나 관벽에 부착된 생물 등에 의해 암모니아성질소 및 잔류염소가 감소하는 등의 수질

변화가 일어나는 경우가 있으므로, 충분히 큰 관내유속으로 하고 재질에도 배려한다.

(10) 시료채취관의 세척방법에는 일반적으로 압력수에 의한 방법과 스폰지볼(sponge ball)에 의한 방법이 있다. 어느 쪽의 방법을 채용할 것인가는 설비비나 유지관리 등을 고려하여 정한다.

8.12.6 그 밖의 계측

기상관측용기기, 염소가스누설검지기, 지진검지기 등의 기기는 각각의 용도에 알맞은 것으로 하고 설치조건 및 환경조건에 적합한 기종을 선정한다.

【해설】

하천유량의 예측이나 댐의 방류량을 결정하기 위한 우량·풍향·풍속·온도·습도 등의 기상관측이나 수변전설비 등의 전기계측, 시설의 유지관리상 필요한 소음, 진동, 지진도의 측정 또는 기기의 온도계측 등이 있다.

이들 기기의 설치에는 사용목적, 설치조건, 환경조건을 충분히 검토하고 상황에 따른 기종을 선정해야 한다. 이 중 염소가스 누설검지기를 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 누설염소가스를 연속적으로 검지하여 경보를 발하는 검지기로 한다.
- (2) 중화설비를 연동하여 작동시키기 위한 제어설비를 설치한다.
- (3) 응답시간에 늦음이 생기지 않도록 시료채취장치를 설치한다.
- (4) 반응액의 보충이나 전극의 청소 등 보수점검작업에 충분한 공간과 조명설비를 설계한다.
- (5) 시료흡기관은 경질염화비닐 또는 동등품을 사용하고 흡입측 검지기입구에는 풍량조절용의 밸브를 설치한다.

8.12.7 지시·기록용 기기

지시·기록용 기기는 시설의 계측치 및 가동상황 파악이나 데이터관리에 적합한 것으로 선정하고 설치해야 하며 사용목적이나 설치조건에 유의해야 한다.

【해설】

지시·기록용 기기에는 현장조작반이나 중앙관리실의 감시반 등에 배치되는 지시계 및 기록계 등이 있으며 일반적으로 기계식, 전기식 및 전자식으로 대별된다.

기계식에는 다이어프램식과 부르동관식이, 전기식으로는 가동코일형(직동식)이, 전자식으로는 자동평형형이 있다.

지시계에는 아날로그식과 디지털식이 있다. 디지털식은 정확함과 읽기 쉬운 점에서는 적합하지만, 많은 표시기가 감시반에 나란히 배치되면, 숫자의 나열로 되어 전체를 파악하는 데 곤란하기 때문에 표시하는 데이터를 최소한으로 하는 것이 필요하다. 이에 대하여 아날로그식은 직감적이고 많은 지시계가 나란히 배치되더라도 그 개략을 조속히 파악할 수가 있다.

일반적으로 다수의 측정항목을 동시에 감시할 목적으로는 아날로그식이 알맞으며 소수의 측정항목 또는 다항목이더라도 각각 전환선택표시하는 경우에는 디지털식이 적합하다.

기록계로는 아날로그기록계와, 아날로그기록과 디지털지시·기록기능을 가진 것이 있다.

아날로그기록계는 유량, 수위 등의 계측루프로 많이 사용된다. 고기능의 기록계는 데이터의

기억이 가능하고 측정눈금이나 차트스피드(chart speed)의 변경이 용이하고 입력점수도 많으며 (30점용도 있다) 컴퓨터다운시의 데이터 백업이나, 데이터로깅용으로 사용되는 등 데이터해석이나 관리용으로 알맞은 기록계이다.

기록계를 설치할 때에 종이출력방식은 종이의 교환이나 대량의 종이의 보존, 또 해석이 비교적 어렵다. 사용목적과 이용빈도를 검토하여 설치해야 한다.

또 지시계·기록계에는 경보기능을 갖는 것이 있다. 이것에는 지침 등의 움직임을 기계적 또는 전기적, 전자적으로 파악하는 것이나, 입력값과 경보설정치를 프로그램 등으로 비교하여 경보를 발하는 것 등이 있다.

이 밖에 모니터화면을 직접 기록하는 하드카피(hard copy)나 디지털데이터의 기록으로 플로피디스크, IC카드 등도 쓰이고 있다. 이들을 쓰면 대량의 기기운전데이터를 현장에서 보존할 수 있고, 정기적으로 교체할 수 있다.

지시·기록용기기를 선정하고 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

(1) 지시·기록용 기기는 구조나 원리가 간단하고 입력신호나 입력점수에 적합한 것으로, 정밀도가 좋고 교정보수가 용이하며 내구성이 있는 것을 선정한다.

읽기가 정확함을 목적으로 하는 것인가, 상태파악이나 경향 또는 상관관계를 아는 것을 목적으로 하는 것인가 등 사용목적에 적합한 것을 선정한다.

(2) 기록방식에는 펜쓰기식이나 타점식이 있다. 또 기록펜에는 잉크펜식, 카트리지식 및 잉크 제트식과 잉크를 쓰지 않는 감열식 등이 있으므로 각각의 사용목적이나 유지관리 등을 고려하여 선정한다.

(3) 지시계나 기록계의 설치장소로서는 진동이나 충격이 없고 먼지나 부식성 가스가 적으며 또 복사열이나 직사일광이 쏘이지 않고 전기적 유도장애가 적은 곳, 그 위에 보수점검을 용이하게 할 수 있는 공간이 충분한 곳이 바람직하다.

(4) 지시계와 기록계의 계기용 전원은 기종이나 방식에 따라 여러 가지의 것이 있다. 또 동일 기종이라도 다른 것이 있으므로 가능한 한 전원격식을 통일해야 한다.

8.12.8 조절기기

조절기기는 다음 각 항에 의한다.

1. 조절기기는 안정되고 또한 확실하게 동작하는 것이어야 한다.
2. 조절기기의 동작특성과 종류는 그 제어계에 적합한 것이어야 한다.

【해설】

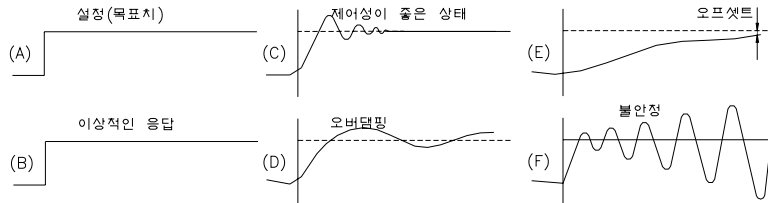
조절기기는 수량, 수위, 수질 등의 계측신호와 설정치를 연산기에 의해 비교하고 그 편차를 검출하며 이 편차가 0으로 되도록 조작단에서 조작신호를 출력하는 것이다.

설정치를 설정하는 방법에는 정치(定値)수동설정법, 컴퓨터나 비율설정기의 출력신호에 의한 외부설정법, 미리 정해진 시간에 설정치를 변경하는 프로그램설정법 등이 있다. 계측용이란 별도로 경보용의 설정을 하고 경보를 출력할 수 있는 것이 있다.

1.에 대하여 ; 조절기기가 양호한 제어성을 발휘하기 위해서는 검출부, 조작부 등의 정적, 동적인 특성뿐만 아니라 외란에 대한 특성을 아는 것이 필요하다.

조절기기의 제어성이 양호함은 목표치가 <그림-8.12.3(A)>와 같이 급변하였을 때, 어떤 응답을 하느냐에 의해 판단할 수 있다. 이상적으로는 항상 목표치와 제어량이 일치하는 <그림-8.12.3(B)>와 같은 자동제어계이지만, 실제로는 <그림-8.12.3(C)~(E)>와 같은 응답으로 된다.

자동제어계는 편차가 작은 것, 변동이 적고 안정된 것, 응답이 빠른 것 등을 가능한 한 만족시킬 필요가 있으며 <그림-8.12.3(F)>는 불안정한 상태를 보인 것이다.



<그림-8.12.3> 자동제어계의 응답

2.에 대하여 ; 조절기기에 의한 제어동작은 제어의 목적으로 알맞은 제어결과를 얻기 위한 것이므로 반드시 고도이고 복잡한 제어동작이 알맞은 것은 아니다. 조절기기의 선정에서는 그 제어계에 알맞은 것을 선정할 필요가 있다.

제어계에 사용되는 조절기기로는 다음과 같은 형식이 있다.

(1) 아날로그조절계

목표치와 연속입력신호를 비교하여 그 편차가 0이 되도록 연속적으로 조절연산부가 작동하고 조작신호를 조작부에 전하는 조절계이다.

연산회로는 저항과 콘덴서 등으로 구성되고 비례대·미분시간·적분시간은 저항과 콘덴서의 정수로 결정되며 가변저항기에 의해 임의의 값으로 설정할 수 있다.

(2) 원루프컨트롤러(one-loop controller)

마이크로프로세서를 내장한 1계열 제어량을 제어하는 기능을 갖는 디지털컨트롤러이다.

마이크로프로세서는 소프트웨어에 의해 제어연산기능이 실현되기 위해서 기본적인 PID연산 외에 각종연산모듈을 소프트웨어결합함으로써 아날로그조절계로 할 수 없었던 복잡한 제어연산을 용이하게 실현할 수 있다.

그 밖에 입력신호의 전처리나 상위 시스템과의 데이터전송, 자기진단기능 등을 장비하고 있으므로 1계열별로 분산제어를 하는 경우에 알맞은 조절기기이다.

(3) 멀티루프컨트롤러(multi-loop controller)

마이크로프로세서를 내장한 2계열이상의 제어량을 제어하는 디지털컨트롤러이다.

기본적인 기능은 원루프컨트롤러와 마찬가지로이지만, 동일컨트롤러상에서 시퀀스제어와 루프결합(loop connection) 등을 할 수 있다.

8.12.9 신호변환용 기기

신호변환용 기기는 용도 및 설치조건에 적합한 것을 선정한다.

【해설】

수도시설의 감시·제어 및 정보처리를 하기 위해서는 각종 기기간에 여러 가지 신호를 송수한다. 그리고 이들 신호는 사용목적에 알맞은 신호로 변환시켜야 한다.

신호변환에는 저항-전류, 전압-전류, 전류-공기변환 등이 있다.

신호변환용 기기의 종류에는 여러 가지 형식의 것이 있지만, 수도시설에서 많이 쓰이는 변환용 기기로는 프로세스신호변환기(process signal converter), 직선화변환기(linear converter), 절연변환기(isolation converter), 디스트리뷰터(distributor), 교류전압변환기(AC voltage converter) 등이 있다.

신호변환용 기기를 선정하고 설치할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

- (1) 신호변환기는 검출부와 변환부가 일체로 되어 있는 것이 있으므로 설치조건에 적합한 것을 선정해야 한다.
- (2) 설치할 때에는 직부식, 패널부착식, 폴(pole)장착식 등이 있으므로 설치장소에 알맞은 것을 선정한다.
- (3) 현장설치식 변환기는 주위온도, 환경조건, 충격, 진동 등의 영향에서도 사용에 충분히 견디는 구조의 것을 선정한다.
- (4) 외부에서 노이즈의 영향을 받지 않는 회로구성으로 한다.
- (5) 입출력간은 절연되어 있는 것이 바람직하다.

8.13 감시제어설비

8.13.1 총칙

감시제어설비는 상수도시설의 규모에 알맞은 것으로 안정적이고 합리적이며 또한 효율적으로 운용하기 위하여 높은 신뢰성과 우수한 감시제어성을 겸비할 필요가 있으며 생애주기비용(life cycle cost)을 충분히 고려하여 설계해야 한다.

설치할 때에는 사업체의 실태에 비추어 필요최소한의 설비로 하는 것이 바람직하다. 또 시스템의 규모가 커질수록 시스템다운은 곧 정수처리공정이나 물의 안정공급 등에 지장을 주게 되므로 높은 신뢰성을 갖는 기기를 사용하는 것은 물론, 시스템 전체로서 고장시 자동안전(fail safe)대책, 확장성, 위험분산 등에 대해 고려해야 한다.

또 감시제어설비는 고도화되고 복잡화되는 시설을 종합적인 관점에서 안정적이고 효율적이며 합리적으로 운영하는 것을 목표로 하는 이외에 작업시간과 작업노력을 절약한다는 측면도 가지고 있다. 따라서 한정된 인원으로 목적에 부합되는 관리운용을 하기 위해서는 인간공학적으로 고려해야 하면서 감시조작성이 우수한 시스템으로 해야 한다.

감시제어설비는 물 수요 증대나 시설의 운용형태를 변경한 경우에 영향을 가장 받기 쉬운 설비이다. 이에 대응할 수 있는 유연하고 또한 확장성이 있는 시스템이 바람직하다. 그러나 한편으로는 기술진보가 매우 빠르게 변하므로 확장시 등에서의 진부함에 대한 불안이 남는 등의 이유 때문에 필요최소한의 시스템화가 바람직하다는 견해도 있다.

감시제어설비는 시설을 운전관리하기 위한 것이기 때문에 이것을 운용하는 조직·체제와 밀접한 관계가 있다. 시설을 효율적이고 안전하게 또한 합리적으로 운전하기 위해서는 계측제어설비가 갖는 각종기능과 유기적으로 결합한 운전관리체제, 즉 관리방식이 중요하다.

고도의 기능을 갖는 감시제어설비이더라도 운전조작 및 유지관리요원의 기술수준에 어울리는 것이 아니면 설비의 기능을 충분히 발휘할 수 없을 뿐만 아니라 운전원의 부담을 초래하여 효율적으로 시설을 운전할 수 없게 될 우려가 있다. 따라서 감시제어설비를 포함한 계측제어설비는 시설의 규모, 중요도 및 기술수준에 적합해야 하며 관리방식도 고려한 것으로 할 필요가 있다.

이와 같이 관리방식과 밀접한 관계를 갖는 감시제어설비는 휴먼머신인터페이스(human-machine interface : HMI)로 되기 때문에 인간과 시설, 시설상호의 관련을 충분히 이해한 다음에 명확한 도입목적과 또 그에 근거하는 명확한 설계개념에 맞게 설계해야 한다.

일반적인 감시제어설비의 구성 예를 <그림-8.13.1>에 보이고 있다.

8.13.2 감시조작설비

감시조작설비는 다음 각 항에 의한다.

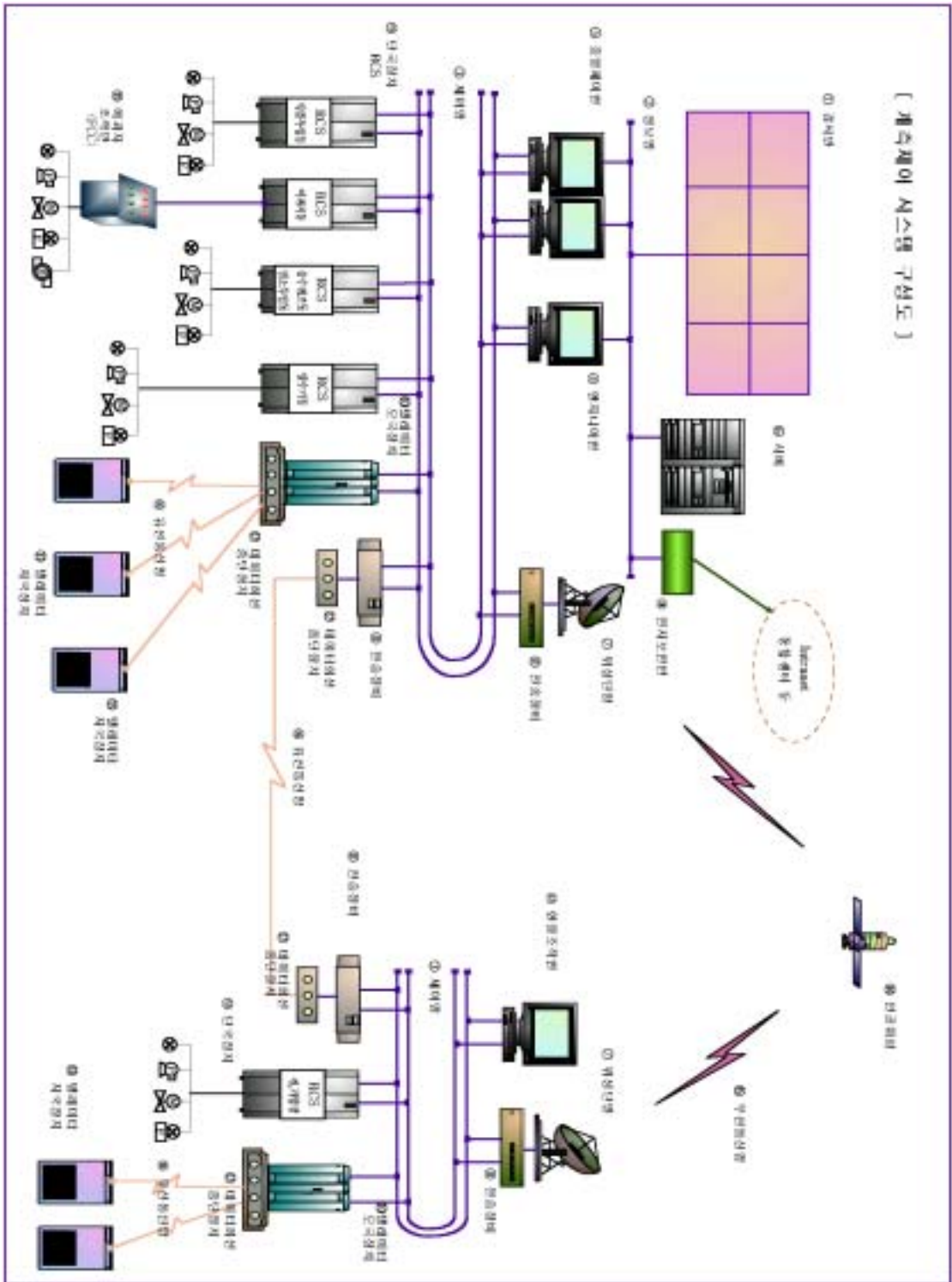
1. 감시설비는 시설의 운전이 이해하기 쉬운 것으로 한다.
2. 감시설비에 각종 정보를 전송하는 장치는 정확하고 신속하게 전달하는 기능을 갖는 것으로 한다.
3. 기록방식은 기록의 목적과 내용에 적합한 것으로 한다.
4. 경보의 통지나 표시는 운전원이 이해하기 쉬워야 하며 또한 필요최소한으로 해야 한다.
5. 조작설비는 감시설비와 일체로 하는 것으로 조작이 확실하게 이루어지고 또한 조작성이 우수한 것이 필요하며, 운용목적 및 설치위치에 따라 데이터서버(data server), 중앙제어반(COS : central operation station), 현장조작반(LOS : local operation station), 엔지니어링반(EWS : engineering work station) 등으로 구분할 수 있다.

【해설】

감시조작설비는 감시반, 조작반, 계측제어반, 대형디스플레이, CRT모니터(브라운관 표시장치), CCTV 장치(ITV : 공업용TV), 프린터 등을 시설의 규모에 따라 조합시키는 것에 의해 구성된다.

1.에 대하여 ; 감시설비는 설비 및 기기의 운전상태나 고장상황, 정수처리공정에서의 각종 계측량 등의 정보를 목적과 용도에 따라 정리 통합하여 운전원에게 필요할 때 필요한 형으로 신속하고 확실하게 제공하는 것이 요구된다.

감시설비는 상수도시설을 한정된 인원으로 운전감시하기 때문에 운전원이 정확하게 운전데이터를 파악할 수 있도록 감시성이 우수한 설비가 요구된다.



감시방식은 현장감시와 중앙에서의 집중감시방식으로 구분할 수 있다.

현장감시방식은 한정된 범위의 설비나 기기를 현장감시반 등에 의해 감시하는 것으로 계측치를 표시하는 지시계나 조절계, 설비 및 기기의 운전상태나 고장상황을 알리는 표시등 등으로 구성된다.

집중감시방식은 정수장 등에서 설비나 기기를 중앙관리실에 설치된 감시반이나 CRT모니터 등으로 종합적으로 감시하는 것으로 원격감시제어장치, 분산형제어장치 및 컴퓨터 등이 사용된다.

집중감시방식은 일반적으로는 중앙관리실에 미니그래픽패널과 CRT모니터의 병용방식, 그래픽감시반만으로 감시하는 방식, 그래픽감시반과 CRT모니터의 병용방식, CRT모니터만으로 감시하는 방식 등이 있다.

이들 방식을 선정할 때에는 다음 각 항을 검토하고 결정해야 한다.

- (1) 감시대상시설의 규모, 계측량 및 감시항목의 점수
- (2) 정보출력점수, 정보의 표시 및 통지방법
- (3) 운전원의 수나 유지관리요원의 수
- (4) 감시의 난이성이나 요원과 기계간 의사소통(human-machine communication)의 양부
- (5) 증설이나 개조에 대한 적응성
- (6) 관리실의 공간
- (7) 경제성-생애주기비용(life cycle cost)
- (8) 이상적인 백업(back-up)시스템



<그림-8.13.2> 중앙조정실 전경(한국수자원공사 구미권 관리단)

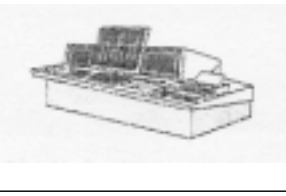
<표-8.13.1>에 감시방식의 비교를 보이고 있다.

감시반, 모니터, 미니그래픽을 채용할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

1) 감시반

감시반은 표시내용이나 점수가 많으면, 대형으로 되어 상태파악이 곤란해지기 때문에 너무 커지지 않도록 하고 표시내용의 변경에 대해 유연하게 대응할 수 있는 것이 바람직하다.

<표-8.13.1> 감시방식의 비교

방식	개념도	감시의 난이도	Man - Machine Communication	설비의 확장개조에 대한 적응성	중앙조정실 공간
G P 감시방식		대형감시반이 설치되기 위하여, 정수장 전체의 운전상태, 수처리상태를 용이하게 파악할 수 있다. 다만, 정보량과 조작량이 많아지면 반면(盤面)이 복잡하게 되어 감시성이 떨어진다.	운전자는 전체를 파악할 수 있으므로, 감시성이 우수하고 지치지 않고 양호하다. 상세정보는 printer 등 다른 기기로 확인한다.	모자이크방식의 그래픽은 확장성, 개조성이 좋다.	중앙조정실은 넓은 공간이 필요하고, 교체도 상당히 어렵다.
G P + C R T 방식		대형감시반에 의해 전체의 상태파악이 용이하고, 감시반에 표시할 수 없는 상세정보나 관련정보도 CRT에서 표시할 수 있다.	감시반으로 전체파악하고, CRT에서 상세분석을 할 수 있으므로, 우수하다.	감시반과 CRT의 변경은 용이하지만, 양설비의 개조가 필요하게 된다.	중앙조정실은 넓은 공간이 필요하고, 교체도 상당히 어렵다.
미니 G P + C R T 방식		미니그래픽에 의해 전체의 운전상태나 정수처리를 파악한다. 대규모정수장에서는 각 시설마다 그래픽을 설치하고, 전체를 대형표시장치로 감시하는 방법도 있다.	미니그래픽은 전체상태의 감시성에 약간 뒤떨어진다. 대형표시장치를 병용하는 형은 약간 비싸지만, 감시조작성이 대단히 우수하다.	모자이크의 변경은 용이하지만, 대규모인 확장의 경우에는, 미니그래픽반의 증설이 필요하다.	중앙조정실은 비교적 작아도 가능하며 교체도 용이하다. 대형표시장치도 콤팩트하다.
C R T 방식		CRT화면의 크기가 한정되어 있기 때문에 전체의 상태파악이 약간 어렵다. 사고시에는 복수CRT로 확인하면서, 대처하는 것이 바람직하다.	CRT에서는 장시간 감시가 곤란하고, 휴면머신코뮤니케이션이 뒤떨어진다.	시설의 확장이나 개조에 의해, CRT의 화면변경은 용이하지만, 만들어 넣는 소프트웨어의 경우, 메이커위탁이 필요하고 비교적 비싸다.	중앙조정실은 비교적 작아도 가능하며 교체도 용이하다.

2) CRT모니터

CRT모니터는 운전감시에 필요한 모든 정보를 화면상에 임의로 표시할 수 있기 때문에 시설 및 설비단위의 상세감시가 가능하다.

CRT모니터의 대수는 일반적으로 시설의 규모, 운전원의 수, 감시제어방식 등으로부터 결정되지만, 감시성, 조작성, 경제성 등을 고려해야 한다. CRT모니터의 화면수는 시설의 규모가 클수록 증대되지만, 화면 수에 따라 비용도 증대됨과 동시에 화면의 변경에는 고액의 소프트웨어변경비가 필요하므로 가능한 한 필요최소한에 그치도록 해야 한다. 더욱이 필요한 정보를 운전원이 호출하지 않으면 볼 수 없기 때문에 운전원의 요구에 민첩하게 CRT모니터가 응답할 수 있는 것이 필요하다. 따라서 화면선택에는 조작을 단순하게 할 필요가 있다.

화면선택에는 다음 각 항과 같은 조치로 운전원의 편의를 도모해야 한다.

- (1) 이용도가 높은 화면은 화면의 교체속도를 올린다.
- (2) 감시조작 상 서로 관련이 있는 화면 간에는 직접 전환할 수 있도록 한다.
- (3) 화면조작 중 감시대상설비에 고장이 발생한 경우에는 고장발생화면으로 윈터치 전환할 수

있도록 한다.

(4) 사용빈도가 많은 화면이나 주된 시설 및 설비의 화면에는 원터치 키(key)를 설치한다.

다만, 화면선택의 조작성이나 편리성의 요구가 커져서 소프트웨어가 복잡하게 되지 않도록 주의한다.

화면표시는 운전자에게 피로감을 주지 않도록 흐름(flow)도의 구성이나 배색에 유의해야 하며 기기나 계측데이터의 고장이나 이상시에는 상황파악을 쉽게 하기 위해서 기기심볼의 표시색, 계측데이터의 색깔을 변화시키는 배려도 필요하다.

화면의 유지관리기능으로서 화면의 설비흐름도(flow)나 문자명칭의 추가, 삭제 및 변경 또는 계측데이터의 표시위치의 변경 등이 CRT모니터와의 대화형식으로 용이하도록 가능한 기능을 구비하는 것이 바람직하다.

3) 미니그래픽패널(mini graphic panel)

미니그래픽패널은 전체의 운전상태가 한눈에 직감적으로 감시할 수 있고 또 정수처리공정을 파악하기 쉽고 조작성도 우수하므로 잘 사용되고 있다. 대규모시설에서는 복수대의 미니그래픽패널과 대형디스플레이를 병용하여 사용함으로써 안전성과 감시제어성이 우수한 시스템을 구축할 수 있다. 컴퓨터에 의한 감시기능이 다운된 경우의 백업조작에 유효한 것도 필요하다. 이들 기능을 만족시키기 위해서는 다음과 같은 표시기능에 유의한다.

(1) 대상공정의 계통표시로서는 관리대상 공정전체를 간소화한 그래픽이나 수변전설비 개략도(skeleton)를 표시한다.

(2) 상태 및 정보표시는 주요기기의 상태, 정보표시 및 주요한 지(池)와 탱크의 정보표시에 한정하고 최저한의 전체적인 시설가동상태를 파악할 수 있어야 한다.

(3) 데이터표시는 특히 공정의 운전상태, 처리상태를 판단하는 것에 필요한 수량, 압력, 수질 데이터를 디지털로 표시한다. 표시데이터는 컴퓨터 시스템과는 별개의 데이터를 사용한다.

4) 대형디스플레이

대형디스플레이는 비디오프로젝터나 액정표시장치 등 영상장치를 사용하여 광범위한 시설상황을 파악하기 위해서 종래의 대형그래픽패널의 대체장치로서 사용되고 있다.

그 기능은 운전원에게 시각이나 음성에 의해 알기 쉽게 정수처리상황이나 송수상황 등을 도시하도록 연구되었고 아울러 사고나 재해시에도 활용되고 있다. CRT모니터나 미니그래픽패널을 사용하여 비교적 큰 규모의 시설에 정보량이 많은 시설을 감시하는 경우에는 시설전체의 상황을 효율적으로 파악하기 위해서 대형 디스플레이와 병용하는 것이 바람직하다.

5) CCTV(공업용TV)장치

수도시설의 이상발생시에 신속하게 대응하고 또 운전관리를 경감시키기 위하여 취수로부터 정수까지의 각 정수처리공정, 펌프 등 설비가동상태, 구내 출입자의 감시용으로 CCTV가 사용된다. 침입감시용에는 음성통지장치나 적외선센서, 침입자에 의해 선(線)의 이상을 검지하는 케이블센서(tension sensor) 등과 병용하여 사용하는 경우가 있다.

CCTV의 설치에는 감시성과 경제성 등을 고려하여 설치장소와 대수를 검토한다.

2.에 대하여 ; 계측·감시·제어점수가 많은 정수장 등에서 설비의 상태나 계측량 등의 정보 파악과 이에 근거하여 정확하고 신속하게 종합적인 판단 및 제어를 하기 위해서 전송장치가 필요하다.

전송장치의 구성, 유의사항 등에 대해서는 8.13.4 전송설비(P)를 참조한다.

3.에 대하여 ; 정수장 등의 설비나 기기를 운전관리 또는 보수관리하기 위해서는 운전데이터나 계측데이터의 기록이 필수적이다. 이들 데이터는 단지 기록뿐만이 아니고 운전조작이나 보수작업에 반영, 최적약품주입제어에의 이용 등 운전관리에 효율적으로 활용될 필요가 있다. 운전 및 계측데이터는 일반적으로는 일보, 월보, 연보 등의 형태로 기록·보존되며 이들 데이터는 운전비(약품비, 동력비 등)의 절감에 활용하는 등 경영관리정보로서도 활용된다. 이를 위해서 정보계의 LAN 등에 의해 유지관리부문에서도 공유할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

설비 및 기기의 고장데이터는 보수주기나 설비교체시기의 결정 또는 사고의 분석 등에 활용된다.

데이터의 기록은 설비 및 기기의 운전 상태나 조작내용, 그 위에 정수처리상황 등을 보존하기 위해서는 상세한 편이 바람직하지만, 방대한 수의 데이터를 전부 기록하는 것은 낭비일 뿐만 아니라 불가능하기도 하며 기록된 데이터는 운전 상태나 정수처리상황을 후에 파악하는 데 필요최소한으로 하는 등의 정리선택이 중요하다.

기록방식은 기록계에 의한 상시기록을 주체로 하고 운전원에 의한 정기적인 기록을 병용하는 방식과 컴퓨터를 주체로 한 자동기록방식이 있다.

전자의 방식은 데이터의 보존이 일보용지와 기록용지이기 때문에 통계처리나 각종 분석을 하는 경우에 데이터가공이 어렵다.

후자의 방식은 데이터의 수집과 보존을 자기디스크 등의 전자매체로 하기 때문에 데이터의 가공이 자유롭고 통계처리나 각종 해석을 하는 데 적합하다. 이 방식에서의 고장이나 기기동작 기록은 발생시점에서 발생시간과 항목명칭 등을 기록할 수가 있다.

이 밖에 CRT모니터화면상의 그래프표시화면이나 경향(추세)표시화면을 직접 출력하여 기록하는 하드카피(hard copy)도 있으며 유지관리업무 및 보고업무에 활용된다.

일보 및 월보용지는 미리 인쇄된 용지로서는 설비나 기기의 증설 등에 대한 융통성이 없고 재인쇄가 필요하게 되면 비경제적이다. 범용의 기록용지를 사용하고 설비나 기기의 증설시에는 기록프로그램의 변경에 의해 간단히 대응할 수 있는 시스템으로 하는 것이 바람직하다.

4.에 대하여 ; 경보의 발생통지나 표시는 운전원에게 알기 쉽게 대처하기 쉽게 한다. 경보의 통지나 표시는 고장기구나 고장의 정도에 따라 음성, 음량, 음색, 심볼색상, 표시등색을 바꿔 알리는 등의 배려가 필요하다.

고장의 정도로는 전기사고 등 단수에 이어지는 기기나 항목은 중고장으로 계측데이터의 이상 등은 경고장으로 순위를 붙인다.

경보점수는 시설의 규모나 감시제어방식에 의해 결정되지만, 가능한 한 적게 되도록 시스템을 설계한다.

5.에 대하여 ; 조작설비는 운전원이 감시와 조작을 하는 데 필요한 정보가 정확하게 제공되고 또 운전조작하기 쉽고 오조작이 없도록 조작스위치나 조절계 등의 조작기기를 배치한다. 특히 현장에 설치되는 조작기기는 조작에 의한 동작을 확인할 수 있는 장소에 배치한다.

또 단순한 조작대상 기기에 대해서는 한번 움직임으로 조작하고 중요한 조작대상 기기에 대해서는 확인사항 등을 포함한 두 번이상의 움직임으로 조작한다.

감시조작설비는 운용목적 및 설치위치에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) 데이터 서버(DATA SEVER) : 공정감시 및 제어시스템에서 보유한 각 사업장의 운전현황을 종합적으로 감시 및 분석하기 위한 역할을 담당하며, 또한 정보관리 및 의사결정을 지원하는 상위레벨의 시스템으로서의 데이터의 분석 및 응용 등도 일부 담당하는 중간계층의 시스템으로 정의된다.

(2) 중앙제어반 COS(central operation station) : 운전조작 기능과 데이터베이스 기능을 수행 하며 하드웨어 본체, 모니터 화면과 키보드(전용키보드 포함), 마우스 등으로 구성된 설비이다. 감시제어 소프트웨어로 GUI(graphic user interface)의 MMI(man machine interface), HIS(human interface station)등으로 표기한다.

(3) 현장 조작반 LOS(local operation station) : 현장 단위 공제제어에 운전조작 기능과 데이터베이스 기능을 수행하며 모니터 화면과 키보드, 마우스 등으로 구성된 감시제어 설비로서 정수장 내의 탈수기동, 취수장, 가압장 등에 주로 설치한다.

MMI 소프트웨어는 정수장 중앙제어실의 COS와 비슷한 형태로 구성하고 주로 해당 단위공정과 인근 필요한 연관 소프트만 탑재토록 하여 간결하게 구성한다.

이 LOS가 현재 과거의 고전 벤치보드모자이크 타입의 현장 패넬을 대신하여 많이 사용되고 있다

(4) 엔지니어링반 EWS(engineering work station) : 전체 시스템의 운영에 필요한 엔지니어링 데이터를 생성, 변경, 저장하는 스테이션으로 운전에 필요한 화면, 데이터베이스, 제어프로그램 작성을 지원토록 설치한다.

단, 소규모 시설인 경우는 COS(central operation station) 설비가 EWS(engineering work station)을 겸용하여 운용할 수 있다.

8.13.3 제어설비

제어설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 시설에 적합한 제어기능을 갖고 또 신뢰성, 확장성 및 보수성 등에 우수한 것으로 한다.
2. 필요최소한의 백업설비를 마련하는 것으로 한다.

【해설】

제어설비는 시설을 안전하고 확실하며 효율적으로 운전하는 것으로 안전성과 신뢰성이 특히 요구되며 운전관리방식을 결정하는 것에도 큰 영향을 준다.

따라서 제어설비를 검토할 때에는 시설의 규모, 제어내용, 제어루프의 수, 정보량, 장래의 확장성, 설비비, 유지관리 등을 고려함과 동시에 제어설비의 고장에 의한 영향을 최소한으로 하기 위해서 백업기능, 위험분산, 기능분산을 도모하는 것 같은 여유용량에 대해서도 유의해야 한다.

1.에 대하여 ; 제어설비는 제어성, 신뢰성, 안전성, 보수성, 확장성, 경제성 등이 우수하고 시설의 규모나 운전관리방식에 적합하며 취수, 약품주입, 여과 등의 제어방법에 알맞은 것이어야 한다.

제어방식은 컴퓨터를 사용하는 제어방식과 사용하지 않는 제어방식으로 대별할 수 있다. 컴

퓨터를 사용하는 제어방식은 집중제어방식과 분산제어방식으로 크게 나누어진다.

집중제어방식은 제어기능을 1대의 컴퓨터에 집약하여 제어하는 형태로 동일한 컴퓨터로 제어기능과 감시기능을 수행하는 방식이다.

분산제어방식은 제어기능을 정수처리공정 또는 설비구분마다 전용으로 설치한 복수의 제어장치(마이크로컴퓨터내장)로 분산하여 이루어지는 제어형태이다. 정수장과 같이 취수, 침전, 여과, 오존, 활성탄, 송수 등 복수의 처리기능을 갖는 경우에는 분산제어방식이 바람직하다.

컴퓨터를 사용하지 않는 제어방식은 중앙감시반이나 현장제어반에 설치 또는 조합된 제어장치(조절계)나 릴레이회로에 의해 직접 기기를 제어하는 방식으로 컴퓨터의 이상으로 정수장내의 시스템다운으로 이어지는 중요한 수배전설비 등의 제어에 사용된다.

제어방식을 채용할 때에는 다음 사항에 유의하여 결정한다.

1) 컴퓨터를 사용하는 제어방식

(1) 집중제어방식

① 제어기기가 컴퓨터이고 시퀀스제어나 피드백제어는 물론이고 복합제어나 고도의 연산을 필요로 하는 제어도 가능하다.

② 시퀀스제어 등은 소프트웨어로 대체할 수 있기 때문에 비교적 유연성이 있으며 릴레이회로 등 반대를 개조하는 것에 비하면 변경이 용이하다. 그러나 컴퓨터의 소프트웨어 변경에도 상당한 비용이 따른다.

③ 컴퓨터1대로 전루프를 제어하기 때문에 컴퓨터의 고장은 시스템전체를 정지시키는 것으로 되기 때문에 백업대책이 필요하다.

④ 제어기능이 전부 컴퓨터에 집중되어 있기 때문에 보수점검이 용이하지 않다.

(2) 분산제어방식

① 제어는 현장 전기실 등에 분산·설치된 제어장치(마이크로컴퓨터 내장)로 제어하는 것으로 집중제어방식과 마찬가지로 제어할 수 있고 중앙감시조작설비와 현장 제어장치 및 각 현장 제어장치 간에는 제어용 LAN 등을 통해 결합되는 구성으로 하면 배선이 대폭 삭감된다.

② 시퀀스 제어는 마이크로컴퓨터의 소프트웨어로 할 수 있기 때문에 복잡한 시퀀스도 비교적 용이하다. 제어장치를 증설하거나 또는 소프트웨어를 변경함으로써 설비를 증설하거나 제어내용을 변경할 수 있으므로 확장성이 좋다.

③ 설비단위로 제어장치가 배치되어 있기 때문에 시스템전체를 정지하지 않고 보수 점검할 수 있다. 더욱이 고장범위도 한정되는 등 위험이 분산되고 신뢰성도 우수하다.

④ 현장설치의 제어장치는 피제어설비의 규모에 따른 것을 선택할 수 있다. 다만, 1대만의 제어장치인 경우는 고장이 복수의 루프에 영향을 주기 때문에 백업시스템에 대해 고려해야 한다.

2) 컴퓨터를 사용하지 않는 제어방식

(1) 제어단위에 독립적인 단일루프(one-loop)를 구성하는 것으로 제어반과 기기간은 전부 케이블배선으로 된다. 소규모 시설에서는 설비가 단순하고 최저한의 백업으로 끝나기 때문에 높은 경제성을 발휘할 수 있다.

(2) 백업은 제어단위가 단일루프이기 때문에 고장이 발생하더라도 전체 설비에 영향을 미치지 않으므로 특히 중요한 루프를 제외하고는 필요로 하지 않는다.

(3) 피드백제어와 시퀀스제어가 주체로 고도의 연산처리를 필요로 하는 제어나 시퀀스제어와

피드백제어를 조합한 복합제어에는 적당하지 않다.

(4) 시퀀스제어는 릴레이회로로 구성하기 때문에 회로가 비교적 간단하고 보수가 용이하다. 제어내용 변경은 기구나 배선의 철거하거나 추가해야 하므로 융통성이 약간 나빠지는 면이 있다.

(5) 복잡한 제어나 규모가 큰 시설에서는 정보량이 증가하여 케이블배선이 증가하기 때문에 경제성이나 유지관리 면에서 불리한 경우가 있다. 설비를 증설할 때에도 새로운 케이블을 부설해야 하는 등 확장성이 뒤떨어지는 경우가 있다.

2.에 대하여 ; 제어설비의 백업은 시스템의 점검시 또는 고장·이상시의 영향이나 손해를 극소화하여 필요최소한의 운전감시나 정수처리를 계속하기 위한 설비이다.

백업방식을 결정할 때에는 설비나 장치의 중요도나 신뢰성, 또 고장·이상시의 조작성, 설비비, 유지관리비 등의 경제성 조건을 종합적으로 판단하여 결정해야 한다.

제어설비의 백업 대상으로는 중앙의 컴퓨터, 현장제어장치 및 전송로가 있다.

백업을 검토할 때에 유의해야 할 점은 다음과 같다.

1) 컴퓨터의 백업

컴퓨터의 백업에는 아날로그조절계 등에 의해서 백업하는 방식과 컴퓨터를 이중화하는 방식이 있다.

전자는 컴퓨터가 고장일 경우에 동일한 기능을 유지시키고자 하면 시스템이 복잡하게 되기 때문에 최소한으로 백업하는 것이 보통이다. 이 방식은 고장시의 기능은 저하되지만 시스템이 단순하다.

후자는 컴퓨터의 고장에 대해 완전히 기능을 유지하는 백업방식이고 보수점검도 용이하지만, 이중화하더라도 입출력부 등의 공통부가 남기 때문에 동시에 다운될 가능성이 있으며 시스템전체가 신뢰성을 갖도록 설계하는 것이 필요하다.

이중화구성에는 듀얼(dual)구성, 듀플렉스(duplex)구성 등이 있으며 채용할 때에는 제어에 대해서 뿐 아니라 감시시스템의 내용에 대해서도 고려하여 결정해야 한다.

2) 현장제어장치의 백업

현장제어장치의 백업에는 수동방식, 현장제어장치 주요 공통부(CPU)의 이중화 방식 및 조절계에 의한 방식이 있다.

수동방식은 현장조작반으로 수동조작에 의해 운전을 유지하는 단순한 방식이다. 이 방식은 어떠한 시스템에서도 최저 필요한 백업방식이다.

주요공통부의 이중화 방식은 제어장치의 종류에 따라 가능한 것과 불가능한 것이 있으며 이중화함으로써 필요이상으로 비싸지는 것도 있기 때문에 설비의 중요도나 경제성 등으로부터 판단하여 선정한다.

조절계에 의한 방식은 제어장치의 조절기능 등을 아날로그조절계 등으로 백업하는 방식으로 연속조절이 요구되는 약품주입제어나 여과유량제어로 채용되는 것이 많다.

3) 전송로의 백업

전송로의 백업방식은 일반적으로 동축케이블이나 광케이블 등 전송로의 이중화방식이 채용된다. 그 밖의 방식으로서 수·변전설비나 송수펌프설비 등의 특히 중요한 설비에 채용되는 직송회선의 부설이나 별도의 신호전송장치를 설치하는 방식이 있다.

8.13.4 전송설비

전송설비는 다음 각 항에 의한다.

1. 시설의 규모나 운전관리에 적합하고 신뢰도가 높은 것으로 한다.
2. 신호변환(signal exchange)은 장치나 기기의 종류에 관계없이 가능한 한 표준화하고 어떠한 시스템에도 유연하게 적용할 수 있도록 한다.

【해설】

수도에서의 전송설비는 시설의 정보수집과 전달을 담당하며 수도의 안정적 급수나 효율적 운영을 지탱하는 설비이다.

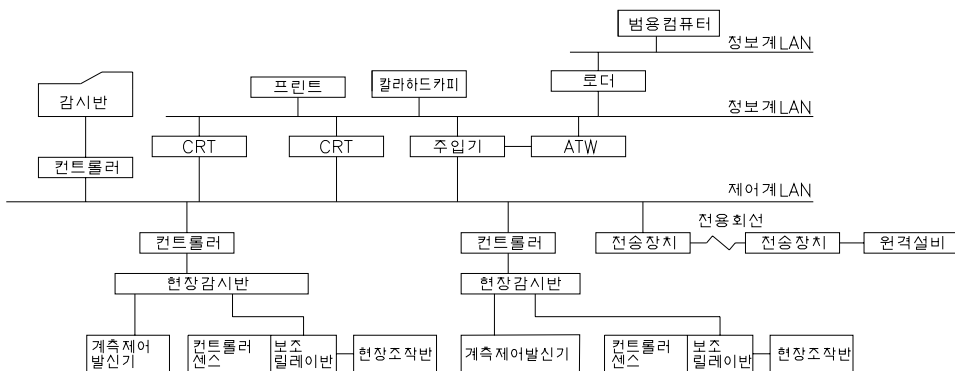
수도는 비교적 소규모인 시설에서부터 대규모인 시설까지 자동화, 작업시간과 노력의 절약이 기대됨에 따라 취급하는 정보량도 증가하고 있다. 따라서 전송설비를 계획할 때에는 시설정보량을 정확하게 파악한 기초에서 장래의 전망을 보아 여유를 갖는 적절한 설비로 해야 한다.

수도시설전반과 관계가 깊은 전송설비나 신호변환은 다른 시스템과의 접속이나 기존 계측제어와의 조화가 가능하고 더욱이 정보량이 증대되거나 설비확장과 설비교체에 유연하게 대응할 수 있는 것이 중요하다.

계측제어설비는 감시제어라는 종래의 관점으로부터 경영과 관리도 포함하는 종합시스템으로 넓어지고 있는 것을 고려하여 향후 이들의 변화에도 충분히 대처할 수 있는 전송설비인 것이 바람직하다.

1.에 대하여 ; 수도시설을 안정적이고 효율적으로 운용하기 위해서는 항상 설비의 상태 등의 정보를 신속하고 확실하게 수집하며 이들 정보를 종합적으로 판단하여 제어하는 것이 필요하다. 이들 필요정보를 수집 전달하는 수단으로서 전송설비는 필수적이며 수도의 대표적인 전송설비로서는 근거리전송을 대상으로 하는 제어계 LAN, 정보계 LAN, 원거리전송을 대상으로 하는 TM/TC나 인터넷기술을 이용한 인트라넷(intra net) 등이 있다. 최신의 기술동향을 근거로 하면서 신뢰성과 경제성 등에 유의하여 합리적인 설계를 해야 한다.

수도에서의 전송계 시스템을 <그림-8.13.3>에 보이고 있다.



<그림-8.13.3> 수도사업장의 전송시스템 예

1) 장내전송

수도로 사용되는 장내전송의 하나로, 감시제어정보의 고속대량 데이터의 전송이 가능한 LAN이 있다. LAN은 광케이블이나 동축케이블, 또는 twisted pair 케이블을 사용하여 고속대량의 정보를 전송하는 것이다. 수도에서의 LAN의 전송형태는 버스(bus), 링잉(ring), 스타(star)형의 3종류로 구분된다.

· 제어계 LAN

제어계 LAN에는 중앙조정실의 미니그래픽패널 등의 감시제어설비와 장내의 펌프설비나 여과지설비 등의 현장설비를 네트워크화한 것이다. LAN화함에 따라 고속화되고 대용량화할 수 있으며 전송로도 축소할 수 있다. LAN을 구축할 때에는 LAN의 비정상을 고려한 신뢰성설계가 중요하다.

· 정보계 LAN

정보계에 대해서는 설비의 보전정보시스템에의 응용 등 오픈화가 요구되므로 계산기와 PC, 워크스테이션 등과 범용기술을 사용한 LAN화가 진행되고 있다. 정보계의 LAN에 대해서는 Ethernet LAN 등이 표준화가 규정되고 있다. 그리고 염소주입량이나 기기의 고장정보 등의 데이터수집 및 가공에 범용소프트를 사용할 수 있다. 오픈화할 때에는 안전(security)대책을 검토할 필요가 있다.

2) 장외전송

수도에서의 장외전송은 원격지에 광범위하게 분산된 펌프설비나 급배수시설 등의 감시·제어정보의 전송을 대상으로 하고 있다.

텔레미터·텔레컨트롤은 전송로로서 유선을 이용하는 경우와 무선을 사용하는 경우가 있으며, 디지털방식이 주류로 되어 있다.

디지털방식의 특징과 설계할 때의 유의점은 다음과 같다.

(1) 텔레미터·텔레컨트롤시스템의 형태는 시설규모, 시설의 넓이, 정보전송시간, 제어성, 시스템의 신뢰성, 확장성, 보수성, 컴퓨터와의 결합 등을 고려하여 선정한다. <표-8.13.2>에 텔레미터·텔레컨트롤의 형태를 보이고 있다.

(2) 전송로 선정에는 신뢰성, 보수성, 취급의 용이함 및 장치의 비용 등을 고려해야 한다.

전송로에는 유선과 무선이 있으며 유선방식에는 전용케이블을 부설하는 사설선과 민간전용서비스회선이 있다. 사설선은 자영전주에 참가하는 경우나 전력회사전주 등에 참가하기도 한다. 송수배수관로의 매설과 함께 전선관로를 부설해 놓으면 광전송을 비롯하여 여러 가지 전송로형태로 이용할 수 있다. 그러나 수도로서는 일반적으로 전송대상지역이 넓은 것과 경제성의 면에서 민간의 전용회선이 많이 사용된다.

수도용의 무선은 전송거리, 무선허가사항 등을 고려하여 선정해야 하며, 현재 정수장에서 취수장이나 가압장을 무인원격으로 운전하여 근무환경 개선과 인건비 절감을 위하여 시행중인 곳이 있다. 무인원격 감시제어의 여러 필수요소 중 중단 없는 통신망 확보가 중요하며, 불가피한 사고로 통신선로가 중단되었을 경우 백업(back-up)용으로 무선통신망을 이용하여 원격감시제어 데이터 전송의 연속성을 확보하도록 해야 한다.

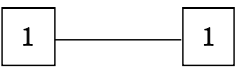
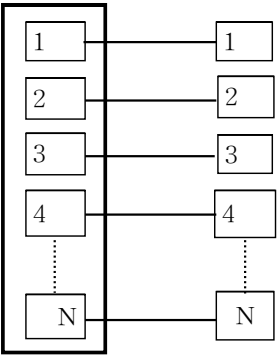
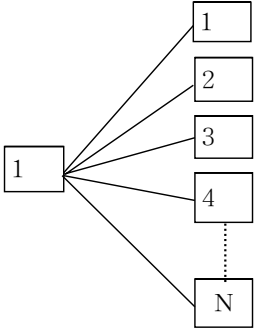
현재 무선 백업망으로 많이 이용되고 있는 인공위성망과 이동통신망을 <표-8.13.3>에 간략하게 비교하였으며, 현장 여건에 따라 적절한 방법을 선택해야 한다.

이동통신망은 궁극적으로 혼합(유선+무선)망이므로 무인화 사업장등 중요한 감시제어소간의 백업통신망은 초기 투자비가 다소 비싸지만 인공위성망을 고려할 필요가 있다.

전송설비가 구비해야 할 조건은 다음과 같다.

- ① 전송의 신뢰도가 높고 고정밀도로 전송정보의 품질을 확보할 수 있다.
- ② 필요한 전송속도를 얻을 수 있다.
- ③ 설비의 증설에 따른 확장성을 구비하고 있다.
- ④ 정보처리장치나 종류가 다른 통신수단과 결합할 수 있다.
- ⑤ 높은 경제성, 보수성 등의 조건을 구비하고 있다.
- ⑥ 고장이나 이상을 검출할 기능을 유지할 수 있다.
- ⑦ 유지관리에 필요한 전용전화기능을 구비하고 있다.

<표-8.13.2> 텔레미터 · 텔레컨트롤시스템의 형태와 특징

구분	1: 1대향	(1: 1)N대향	1 : N대향
시스템의 형태	 텔레미터 모국장치 텔레미터 자국장치	 텔레미터 모국장치 텔레미터 자국장치	 텔레미터 모국장치 텔레미터 자국장치
	• 단말국의 규모에 관계없이 1개소 1: 1의 관계로 기지국을 설치하여 제어하는 형태.	• N조의 기지국과 단말국이 1:1로 대응하며, N조의 기지국만의 설비를 1개소에 집중하는 형태.	• N개소의 단말국을 1개소로 된 기지국공통설비를 거쳐서 관리되는 형태.
특징	• 시스템의 기본형이고 기지국의 고장은 시스템의 다운으로 된다. • 확장이 용이. • 소규모시설에 알맞다.	• 기지국이 각 단말국별로 독립되어 있으므로, 고장은 다른 계통에 영향은 미치지 않는다. • 확장이 용이. • 신호의 전송속도는 기지국과 단말국이 1:1로 전송하므로 빠르다. • 피제어국이 일정수이하가 아니면 경제성에 없다(5~10국 이하).	• 기지국의 고장으로 단말국, N국의 감시조작이 불가능하게 된다. • 확장, 개조는 곤란. • 신호의 전송속도는 기지국이 N국을 담당하므로 느리다. • 피제어국이 일정수이상이면 경제성에 없다(5~10국 이상).
비고	• 텔레미터 · 텔레컨트롤시스템은 대향방식에 의한 기지국송신 및 선택 · 기억, 공통 집중제어반이나 표시반에 의해 구성될 필요에 따라 정보처리장치를 설치한다. • 대향방식을 선정하는 데는 적용되는 대상 및 주위조건 등의 여러 가지 조건을 비교·검토해야 한다.		

<표-8.13.3> 인공위성망과 이동통신망 비교

구분	위성통신망	이동통신망
설치비	• 이동통신망 보다 다소 비싸다.	• 위성망 보다 저렴함
운영비	• 단말국 수와 무관(정액제 임대)	• 단말국 확장에 따라 서비스비용 증가
유지 보수 비용	• VSAT안테나에서 위성, 위성에서 수신처로 직접 통신망 구성, 유지보수비 저렴 • 자가망이므로 장애 발생시 신속한 유지보수 가능(일부 자체기술 확보)	• 이동통신 사업자의 중계기를 이용하므로 유지보수비 저렴 • 자가망이 아니므로 장애 발생시 신속한 유지보수 불가 • 주기적 통신점검시 비용지출
안정도	• 1:N 서비스 기능으로 많은 단말국과도 동시 통신가능(동보성)	• 1:1 서비스로 많은 단말국과 통화시 많은 시간이 소요됨(동보성 없음) • 발신에서 접속까지 8-10초정도 지연 발생
호환성	• 사용자의 요구에 따라 다양한 프로토콜을 선별적으로 제공 가능, 중심국에서 통일적인 망제어가 가능하여 호환성 양호	• 이동통신 사업자의 시스템에 따라 지원 가능한 프로토콜이 정해지므로 호환성이 떨어짐.
확장성	• 위성(무궁화 위성)의 전파사용범위는 우리나라 전역과 중국 및 일본 일부를 커버할 수 있어, VSAT안테나만 설치하면 망을 구성할 수 있어 망의 확장이 용이	• 이동통신 사업자의 중계기가 없는 산간 벽지 또는 중계기가 있더라도 전파 음영지역에서의 단말국 설립이 어려우므로 확장성이 제한됨
통신 기법의 다양성	• 데이터 전송속도가 19.2~64 Kbps으로 많은 데이터전송이 가능, 다양한 응용서비스가능	• 데이터 전송속도가 14.4 Kbps로 제한되어 간단한 데이터 전송만 가능

2.에 대하여 ; 수도시설의 계측제어는 검출기의 단계에서부터 컴퓨터의 단계까지 광범위한 계측제어기기나 고기능의 계측제어기기 등 다종다양한 기기와 장치가 종래형 기기와 혼재된 형으로 사용되는 상황에 있다.

필드버스라고 하는 계측기기가 감시제어장치에 접속된 시스템이 실용화되고 있다. 따라서 이들 기기와 장치간의 신호변환에도 여러 가지 방식이 혼재될 것으로 예상되므로 시스템 중에서 신호변환이 일관성이 없는 상태로 수행되게 되면 유지관리가 곤란하게 된다. 또 종류가 다른 기기와 장치간의 상호접속과 함께 확장 등에 대한 유연성을 손상시키는 것으로도 되기 때문에 신호변환은 일정한 규칙에 따라 이루어지는 것이 바람직하다.

그러므로 수도시설의 계측제어 화에는 신호변환에 대한 시방을 명확화, 통일화, 표준화 등을 해야 하는 것이 필요하다.

1) 신호형식의 명시

기기와 장치간의 신호변환에는 미리 신호형식을 명시하는 것이 필요하다.

예컨대, 유량, 수위, 압력, 수질 등의 계측신호는 주파수나 교·직류의 전압·전류 등으로 또 설비의 상태나 제어정보 등에는 펄스나 점점, 코드 등이 사용되고 있다. 이들 몇 가지 신호의 종류 중에서 어떤 신호형식을 선택하여 계측제어 화할 것인가를 미리 명시해야 한다.

2) 신호시방의 명시

신호형식의 명시와 함께 그 신호가 아날로그신호인 경우에는 신호레벨이나 입력임피던스를,

또 디지털신호인 경우에는 점점용량, 변환시간, 부호형식 등의 신호시방을 명시해야 한다.

3) 신호변환의 회로조건

복잡한 시스템구성으로 됨에 따라 신호누설(signal leak)에 의한 트러블발생의 기회도 많고 유도되 기타의 원인으로 발생하는 이상전압에 대한 보호와 함께 신호의 접속방법 등 신호변환 회로의 조건을 정비해야 한다.

그 유의해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 신호의 절연

디지털이나 아날로그신호에 관계되지 않는 신호변환은 접지사고나 보수시의 신호회로개방, 노이즈대책, 그리고 신호전위의 통일이라는 면에서 신호변환점에서 신호를 절연하는 것이 바람직하다.

① 아날로그신호

아날로그신호의 변환은 <그림-8.13.4> 보인 바와 같이 절연신호변환기를 거쳐서 이루어지는 것이 바람직하다. 기기 그 자체에 신호절연기능을 구비하고 있는 것이 있으므로 필요에 따라 이러한 기기를 이용한다.

② 디지털신호

디지털신호에는 <그림-8.13.5>에 보인 바와 같이 점점신호에 의한 경우나 RS-232C, GP-IB (general purpose interface bus) 등의 주고받는 방식이 있다.

펌프나 밸브 등의 운전상태 신호나 운전조작지령 신호는 일반적으로 점점신호로 변환되지만, 장치나 그 회로상황에 따라 릴레이접점, 무접점인 포토트랜지스터스위치(photo-coupler), 트랜지스터스위치 등에 의한 신호절연에 의하여 변환하는 것이 바람직하다. 또 RS-232C 등은 일정한 순서로 디지털화된 신호를 변환하는 방식이고 A/D, D/A변환기를 거쳐 아날로그신호도 변환할 수 있으며 신호는 형식을 변환함으로써 절연된다.

(2) 회로의 보호

신호전송과 신호변환에 있어서 회로보호는 단순한 회로보호에 머물지 않고 신호의 정밀도를 확보한다고 의미에서도 중요하다. 전송장치나 계측제어기기는 대표적 전자기기이고 전자기기는 전원, 신호, 부하, 접지선으로부터 침입해 온 뇌나 플랜트노이즈(plant noise)에 약하다는 약점을 갖고 있다.

이 영향을 최소한으로 억제하기 위한 보호대책으로서 뇌에 대해서는 전원, 신호, 부하, 각각에 알맞은 서지보호기(arrester)를 설치하고 또 일반의 유도노이즈(induction noise)에 대한 대책으로서 신호절연, 실드선의 채용, 그리고 동력선과 신호선을 용도별로 이격시켜 배선하는 방법이 있다. 접지는 용도별로 설치함과 함께 메시접지 등에 의해 저항치를 낮추어 억제하는 것이 바람직하다.

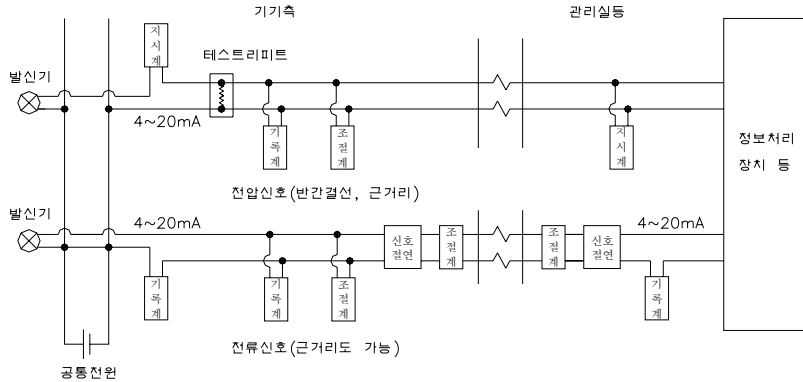
(3) 신호변환 회로방식

아날로그신호는 마이너스(-)선을 모선화하는 공통모선방식(common bus방식)이 일반적이다. 이 방식에는 신호선과 전원선을 공용한 2선식과 신호선과 전원선을 분리한 4선식이 있다. 또 전원공급은 하나의 전원장치로부터 복수의 센서와 기기에 대하여 공급하는 것이 보통이다.

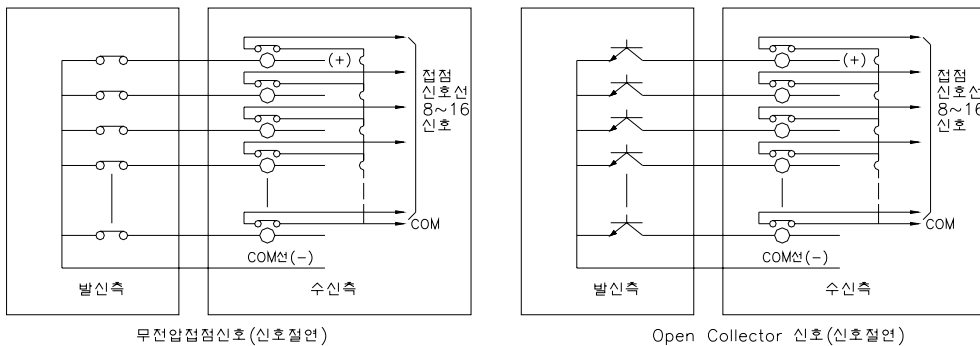
따라서 회로의 단락이나 서지보호기(arrester)의 누설(leak)이 있다면, 신호누설로 인하여 정상적인 신호변환이 불가능하므로 절연신호변환기를 설치하여 대응하는 것이 바람직한 경우도 있

다(<그림-8.13.4>를 참조한다).

디지털신호는 컴퓨터나 시퀀스와의 변환을 고려하여 공통모선 1개를 설치하여 그룹단위에서의 신호 주고받기를 하는 것이 일반적이다(<그림-8.13.5>을 참조).



<그림-8.13.4> 아날로그신호의 변환



<그림-8.13.5> 디지털신호의 변환

접점신호의 변환에는 기측에서 무전압접점을 제공하는가 유전압접점을 제공하여 변환할 것인가를 명확하게 보일 필요가 있다. 이것을 명확하게 해두지 않으면 전원혼촉이 일어나서 중대사고로 될 가능성도 있다. 일반적으로는 무전압접점으로 변환하는 것이 많다.

(4) 신호선의 접속

신호변환에는 전기적 시방은 물론, 기계적 조건도 대단히 중요하다. 시설의 신호 수량이 커지고 전송설비, 시퀀스, 컴퓨터 등 신호밀도가 높은 신호집중형기기 사용빈도가 많아짐에 따라 신호변환점에서의 설비가 복잡하게 된다.

이 때문에 신호변환 전용의 중계단자만을 설치하는 것도 있다. 또 신호를 접속하는 단자나 접속기 등은 어떠한 규격·규정의 것을 사용하는 것인가, 또 단자나 접속기에 접속되는 케이블의 종류나 그 시방, 그리고 아날로그신호, 디지털신호를 어떤 단자배치로 변환할 것인가라고 하는 구체적인 검토도 필요하다.

신호변환에는 여러 장소에 설치된 다종다양한 기기와 장치로부터 발생하는 신호와 회로 등의 조건에 관계없이 표준화된 일정한 기준으로 조화된 시스템으로 해야 한다.

8.13.5 중앙조정실

중앙조정실은 시설관리의 중추로서 안전하게 운전관리할 수 있는 작업환경이 되도록 계획한다.

【해설】

중앙조정실은 단순히 계기류를 집중하는 장소로서가 아니라 시설관리상 필요한 감시제어기능이 집중되며 당직근무자(operator)는 이 방에서 시설의 운전관리, 사고시의 대응, 기록의 작성 및 운전의 해석 작업을 하므로 시설관리의 중추로서 계획해야 한다. 또 시설의 규모, 장래의 확장 및 관리체제 등에 적합한 계획으로 한다.

중앙조정실은 감시제어기기가 정확하게 동작하고 운전원이 쾌적하게 근무할 수 있는 환경이 필요하며 다음에 교체할 것을 고려한 설계로 한다. 예컨대, 동일한 중앙조정실에서 교체를 하는 경우에는 공사기간 중의 감시업무에 영향을 주게 됨으로 교체면적을 고려한 설계를 하는 것이 필요하다. 또 무인조정실 또는 제어실은 전기실과 동등한 설계가 바람직하다. 8.10.3 전기실(P)을 참조한다.

8.13.6 계측제어용 전원

계측제어용 전원은 다음 각 항에 의한다.

1. 계측제어용 기기에 안정적이고 또한 확실하게 전원을 공급할 수 있는 것으로 한다.
2. 전원은 양질이고 충분한 용량을 갖는 것으로 한다.

【해설】

계측제어용 전원에는 교류·직류 어느 것이나 이용된다. 설비나 기기는 그것이 항상 유지해야 할 상태나 그 중요도, 특성에 맞추어

- ① 상용전원
- ② 직류전원
- ③ 교류무정전 전원

의 중에서 어느 하나의 전원격식을 선정한다.

1.에 대하여 ; 계측제어설비는 전원의 공급정지에 의해서 설비가 정상으로 기능하지 않는 등 중대한 영향을 미치므로 상시 안정된 전원을 공급할 수 있는 것이 절대적인 조건이다. 상용전원은 순간전압강하나 정전을 완전히 잃는 것이 불가능하다. 따라서 계측제어용 전원으로서의 직류전원 또는 교류무정전 전원이 바람직하다. 따라서 계측제어설비의 종류에 따라 충분한 백업장치가 필요하며 안정적으로 확실하게 동작하는 교류무정전 전원장치 등으로 대응한다.

2.에 대하여 ; 계측제어기기 중에는 컴퓨터나 통신장치, 계측제어장치 등과 같이 전원전압의 변동이나 순간 정전에 민감하게 반응하며 수도시설에 큰 영향을 주는 설비도 있다. 이들을 회피

하기 위해서는 무정전 전원설비에서 상시 공급하는 전원의 형식이 필수적으로 되고 있다.

교류무정전 전원설비에서 공급되는 전원은 상용전원과 다르고 장치나 소자에 기인한 제약에 의해 그것에 접속할 수 있는 부하의 종류나 그 용량에는 여러 가지 조건이 요구되기 때문에 다음 점에 대하여 유의해야 한다.

① 계측제어용 전원회로는 일반의 전등, 전기기기 등의 회로와 분리한다.

② 상용전원으로서의 문제가 되지 않는 비선형부하, 예컨대, 스위칭레귤레이터 등의 전원회로를 사용하고 있는 계기·기기를 접속한 경우, 이것이 전압변동이나 전원의 파형변형 등의 요인으로 된다.

③ 인버터를 구성하는 스위칭 소자의 전류(轉流)능력에는 한계가 있기 때문에 그 용량결정에는 과부하로 되지 않도록 주의한다. 정전에 의한 영향이 작은 기기나 장치 등을 무정전전원장치의 부하로 하는 것은 장치의 규모를 크게 하는 것으로 되고 경제성을 나쁘게 한다.

8.14 각종 시설의 계측제어

8.14.1 총칙

상수도에서 계측제어의 적용범위를 대별하면, 취수장, 정수장 및 배수펌프장 등 개개의 시설을 대상으로 한 플랜트제어와 수원으로부터 배수시설까지 상수도시설전체를 종합적으로 일체화하여 운전관리하는 계통운용제어가 있다.

상수도시설에서 계측 및 제어의 일반적인 항목을 열거하면 <그림-8.14.1>와 같다. 이들 항목은 원수수질의 양부, 정수처리방법, 취수, 송·배수방식 등에 따라 몇 개의 항목을 생략(또는 추가)할 경우가 있다. 그러나 대개 시설의 규모에 관계없이 취수로부터 배수에 이르기까지의 공정 중에서 필요로 하는 계측 및 제어의 항목이다.

계측제어설비의 규모 및 구성을 결정할 때에는 계측제어의 목적과 효과를 명확하게 하고, 신뢰성·안전성 등 기본적 사항을 교체작업을 포함해서 검토해야 한다.

8.14.2 저수 및 취수시설

저수 및 취수시설의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 수원의 종류와 유지관리에 적합한 수위계 및 유량계를 설치하고 필요에 따라 수질계기, 수질감시수조 등을 설치하는 것이 바람직하다.
2. 저수 및 취수시설에서 계측제어기기의 각 입·출력단자부에는 서지보호기(arrester) 등 적절한 보호장치를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 저수 및 취수시설의 계측제어는 적정한 원수의 운용, 기기의 보수 등에 적합한 계측제어를 함과 동시에 수량, 수위, 수질 등의 여러 데이터는 후일 수원의 검토 자료로서 기록·보존하는 것이 바람직하다.

1) 수위계

댐 등의 저수지를 수원으로 하는 경우에는 특히 수위의 측정폭이 크므로 측정범위와 정밀도에 주의하여 기기를 선정한다. 또 취수탑이나 댐시설에서 취수구를 수질에 따라서 선정하고 해당 게이트류의 개폐조작을 수위계 등과 대응시키는 경우에는 임의의 수위에서 정보출력할 수 있는 다점수위정보기 등의 설비를 설치하는 것이 바람직하다.

하천표류수 및 호소수를 수원으로 하는 취수시설에서는 수위의 변동폭이 그다지 크지 않은 곳에 설치할 경우에는 유지관리가 용이하고 장기간 안정하여 사용할 수 있는 수위계를 선정한다. 그러나 하천의 홍수위가 큰 경우에는 홍수시의 하천수위를 고려하여 설치해야 한다.

지하수 및 복류수를 수원으로 하는 취수시설에서는 우물수위 또는 매거(埋渠) 부근의 하천수위 등을 지시 또는 기록할 수 있도록 하였을 경우에는 하천표류수 및 호소수의 경우와 같다.

플로트식이나 전극식의 수위계에서 원수중의 유목(流木)이나 유사(流砂) 등에 의해 수위검출단의 손상이 예상되는 경우에는 흡관 또는 비닐관을 사용한 방파관(防波管)이나 보호통을, 미리 관계구조물의 계획 및 시공단계에서 짜 넣어 놓은 것이 바람직하다.

특히 깊은 우물 수위계에서 정전용량식을 사용하는 경우에는 우물의 도중에서의 용수나 도중의 금속과의 접촉 등에 의하여 오차발생의 원인이 되므로 비닐관 등에 의하여 보호할 필요가 있다.

2) 유량계

유량계의 선정 및 설치는 **8.12.2 유량계측(P)**의 항에 따라서 한다. 다만, 취수량의 계측은 배수량의 계측과 달리 개수로로 계측하는 경우도 많으며 더구나 순회점검이 곤란한 관리장소에서 떨어진 곳이나 옥외설치된 것이 많으므로 측정조건, 주위환경, 전원조건 등에 유의하여 기기를 선정하고 설치해야 한다.

또 당초 취수량과 최종계획최대 취수량과의 차가 큰 경우, 측정범위(full scale)를 연차계획에 적합한 것으로 하는 것이 바람직하다.

3) 수질계기

수질계기는 수원의 종류에 따라 구별하여 사용하는 것이 바람직하다.

(1) 저수지 및 호소수를 수원으로 하는 경우에는 수온계, 탁도계, 전기전도도계 및 pH계 등을 필요에 따라서 설치한다. 특히 수원의 수직방향의 몇 개 지점에서 검수하는 경우에는 이들 몇 개 지점에 미리 검출단을 설치하여 두거나 또는 몇 개 지점의 수질을 차례로 교대로 측정하는 것이 바람직하다.

(2) 하천표류수를 수원으로 하는 경우에는 일반적으로 기상조건이나 상류의 환경조건에 크게 좌우되어 수질이 크게 또한 급격하게 변화하는 경우가 많으므로, 정수처리에 필요한 수온계, 탁도계, pH계, 알칼리도계, 전기전도도계 등을 설치해 두고 항상 감시하는 것이 바람직하다.

특히 탁도 변화가 큰 경우에는 고탁도용과 저탁도용으로 2대의 탁도검출단을 설치하여, 원수 탁도에 따라 고탁도와 저탁도 중의 어느 쪽으로 절체되도록 해 놓는 것이 바람직하다.

(3) 지하수 및 복류수를 수원으로 하는 경우에는 수질적으로는 안정되어 있으므로, 수질계기를 상설하지 않는 경우가 많다.

(4) 원수탁질이 높은 시료채수관은 침전을 방지하기 위해서 유속을 크게 해야 한다. 또 관내 벽에 미생물이나 유기질 부착을 방지하기 위해서 채수시의 유속을 이용하고 정기적으로 관내를

청소하는 것이 바람직하다. 관내청소에 대해서는 **8.12.4 압력계측(P)**을 참조한다.

2.에 대하여 ; 저수 및 취수시설은 중앙조정실로부터 상당히 떨어져 있으며 검출단은 실외에 설치되는 경우가 많으므로 뇌서지의 영향을 받기 쉬운 기기는 파손되는 예가 많다. 저수 및 취수시설의 계측제어기기는 전원 측 및 신호 측에 용도별 서지보호기(arrester)를 설치하여 계측 제어기기 보호도 확실하게 하는 것이 중요하다.

8.14.3 도수시설

도수시설의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 도수시설에는 도수방식이나 유지관리에 적합한 유량계를 설치하는 것이 바람직하다.
2. 펌프에 의한 도수유량의 제어는 **8.3.3 유량제어(P)**를 참조한다.
3. 도수시설에서 계측제어기기의 보호장치는 **8.14.2 저수 및 취수시설(P)**의 **2.에** 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 도수방식에는 자연유하식과 펌프가압식이 있으며 도수로는 개수로와 관수로로 구분된다. 도수로에 설치하는 유량계는 개수로에 대해서는 위어식 유량계가, 관수로에 대해서는 전자유량계, 초음파식 등이 많이 사용된다.

이들을 선정할 때에는 **8.14.2 저수 및 취수시설(P)**의 **1.을** 참조한다.

8.14.4 착수정

착수정의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 착수정에는 그 규모 및 목적에 적합한 수위계와 유량계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 착수정의 유량을 제어하는 경우에는 수위변동에 대하여 안정되고 또 확실한 제어방법에 의한다.

【해설】

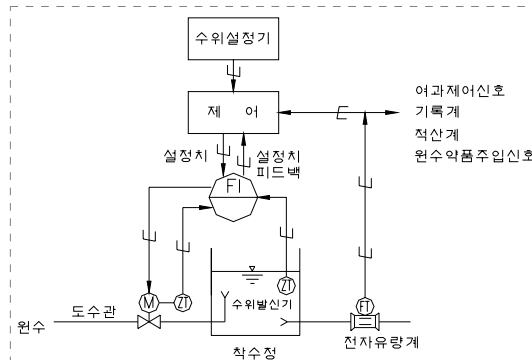
1.에 대하여 ; 수위계는 착수정 수위를 확실히 계측할 수 있는 것으로 고·저수위경보를 발신할 수 있는 것이어야 한다. 검출단을 착수정내에 설치하는 경우에는 상당한 와류가 착수정내에 있으므로 검출단용의 방파관(防波管)을 설치한다.

정수장의 운전관리상 처리수량에 따라 착수정 수위를 조절해야 하는 경우에는 가능한 한 정밀도가 좋은 수위계를 선정해야 하며 수위조절장치와의 연동에도 적합한 것을 선정한다.

원수유량계의 측정치는 정수시설의 원수이용률을 파악(물 수지)하거나 약품주입제어(소독제, pH조정제, 응집제 등)에 중요한 데이터이기 때문에 안정적으로 측정가능한 유량계를 설치한다.

2.에 대하여 ; 정수시설의 착수량 제어는 원칙적으로 취수시설 또는 도수시설에서의 유량제어에 의한 것으로 한다. 다만, 이들 시설로 제어될 수 없는 경우에 대해서는 정수장의 총여과량 또는 착수정수위 등을 목표치로 안정되고 또한 확실하게 제어할 수 있도록 조절밸브 등에 의해

제어한다. <그림-8.14.2>은 그 흐름도(flow sheet)의 예이다.



<그림-8.14.2> 착수정 수위제어 시스템 예

8.14.5 응집용 약품주입설비

응집용약품주입설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 약품의 종류, 주입방식 및 유지관리에 알맞은 유량계, 수위계 및 조절밸브 등을 설치한다.
2. 약품주입설비의 계측제어는 수질변화에 대응할 수 있는 제어범위와 계측을 할 수 있는 것으로 한다.
3. 계측제어기기 중 필요부분은 약품에 의한 부식 등에 견디지는 것으로 한다.

【해설】

약품주입의 제어는 종래형의 공업계기레벨에 의한 시퀀스제어로부터 원루프컨트롤러(one loop controller)와 컴퓨터 등을 연결한 계층적인 시스템까지 시설의 상황에 따라 여러 가지 방식이 있다. 제어에 대해서는 8.13.3 제어설비(P)를 참조한다.

1.에 대하여 ; 계측제어의 대상으로 되는 약품의 종류는 5.3 응집용 약품주입 설비(P)를 참조한다.

약품의 주입방법은 약품의 성상에 따라 자연유하식, 인젝터(injector)식 및 펌프압송식 등이 있다.

자연유하식은 액상약품을 사용하는 경우에 약액 주입점에서의 필요주입압력을 얻을 수 있도록 미리 약품탱크를 높은 장소에 설치하고 주입량계와 조절밸브의 조합으로 주입량을 제어하는 방식이다.

인젝터식은 약품의 주입제어에 필요한 주입압력을 인젝터에 의해 얻는 방식으로 주입량계 및 조절밸브의 조합으로 소다회 등의 주입량을 제어하는 경우가 이에 해당한다.

펌프압송식은 액상 약품의 주입량을 제어하는 데 있어서 정량(定量)펌프를 사용하여 필요주입압력을 확보하고 주입량을 제어하는 방식과 내식성 펌프와 주입량계 및 조절밸브의 조합으로 주입량을 제어하는 방식이 있다.

유량계로서는 전자식이나 면적식이 널리 사용된다. 정량펌프를 사용하여 약품을 주입하는 경

우 유량계는 정량펌프의 맥동을 고려하여 선정해야 한다. 수위계는 액체약품저류조, 저장조 등에 설치되고, 조의 수위, 저장량의 감시나 제어에 사용하는 외에 고·저수위경보에도 사용할 수 있는 것이 바람직하다. 수위계로서는 일반적으로 차압식·정전식 및 초음파식이, 또 분면계(粉面計)로서는 정전용량식이 널리 사용된다.

2.에 대하여 ; 약품주입량의 범위는 수량범위와 수질변화도 고려하여 주입물을 곱한 폭으로 하며 일반적으로 크게 되며, 1 : 수십에 미치는 것이 보통이다. 한편, 유량제어장치의 동작범위는 1:5~1:10정도의 것이 많으며 그 조합에 유의해야 한다. 예컨대, 계측 및 제어범위에 알맞은 대·소 2계통의 유량계와 조절밸브 등 기기의 조합에 의한 방식, 또는 동일 레인지의 것을 다수 계통 설치하여 제어하는 방식이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 정수장에서 사용하는 약품은 부식성의 것이 많으므로 기기나 구조재는 내부식성을 고려한 것으로 한다. 그리고 점검이나 청소를 쉽게 하고 또 부품교환을 용이하게 할 수 있는 구조나 구성에 대해 배려해야 한다.

8.14.6 플록형성지 및 침전지

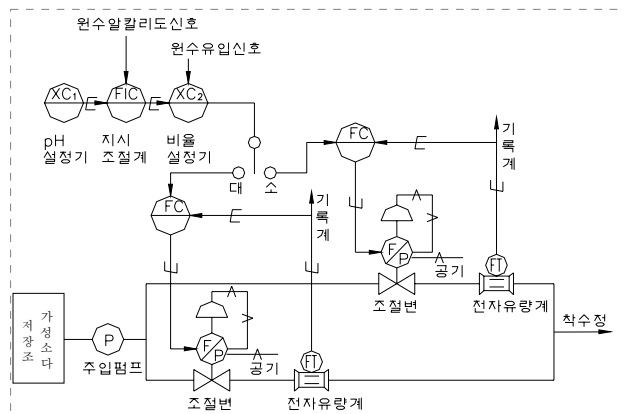
플록형성지 및 침전지의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 플록형성지 및 침전지에는 필요에 따라 수질계기 등을 설치한다.
2. 계측제어기기는 주위의 환경조건에 적합한 기기를 선정한다.
3. 침전지의 배슬러지제어는 배슬러지의 조건 등도 고려하여 안전하고 확실하게 할 수 있는 설비로 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 플록형성지의 계측제어로서는 플록형성지 전단 부근의 pH값을 계측하여 pH조정제 주입주입물을 보정하는 경우도 있다. 제어방식으로는 일반적으로 캐스케이드(cascade)제어가 사용된다. 약품주입은 유량계측치로 제어되기 때문에 혼화지를 2계열이상으로 하는 경우에는 계열마다 유량계를 설치해야 한다.

알칼리제 보정주입계통도를 <그림-8.14.3>에 보이고 있다.



<그림-8.14.3> 알칼리제 보정주입계통도

침전지에 대해서는 처리수의 탁도, pH, 알칼리도 및 잔류염소 등을 감시할 목적으로 수질계기를 설치한다.

고속응집침전지에 대해서는 정수처리효과 및 슬러지배출효과를 높이기 위해서 필요에 따라 슬러지 농도계 및 슬러지 계면계를 설치하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 플록형성지 및 침전지에 설치되는 계측제어기기는 옥외 또는 지하의 습도가 높은 곳, 또는 약품이나 염소 등의 배관이 있는 부근에 설치되는 경우가 많으므로 내습성, 내부식성의 재질 및 구조의 기기를 선정한다.

3.에 대하여 ; 침전지는 원수의 수질상황이나 응집제주입에 따라 슬러지량이 변화하기 때문에 배슬러지를 위한 제어설비를 설치하는 것이 바람직하다. 그 배슬러지조건에는 배슬러지의 간격, 배슬러지지의 수위, 다른 침전지의 배슬러지상황 및 배출수처리장에서의 받아들일 상황조건 등이 있으며 이것들을 고려한 설비인 것이 바람직하다.

8.14.7 여과지

여과지의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 여과지에는 여과유량계와 손실수두계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 여과유량제어는 총여과수량을 임의로 제어할 수 있는 것이 바람직하다.
3. 세척조작을 시퀀스 제어방식에 의한 경우에는 각 기기는 동작이 확실하고 안전성과 신뢰성이 높은 것을 선정한다.
4. 세척탱크에는 수위계를 설치하고 양수펌프 등으로 연동될 수 있는 장치로 하여 수위 경보표시를 한다.

【해설】

여과지의 계측제어는 각종 여과지 형식에 따른 것으로 초기투자비(initial cost), 운전비용(running cost) 외에 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

- ① 여과지의 운전, 정지 및 여과유량 조절은 임의로 또한 용이하게 할 수 있어야 한다.
- ② 여과지의 세척을 임의로 조정할 수 있고 더구나 세척시간과 세척유량을 극소화하며 여층의 안전을 확보할 수 있는 것으로 한다.

1.에 대하여 ; 여과유량계에는 차압식, 전자식, 초음파식 및 위어식 등이 있다.

중력식여과지의 유량계 설치에는 일반적으로 배관이 폭주하며 필요한 검출부의 전후 직관 부를 충분히 확보되지 않는 경우가 많으므로 유량계의 구조, 원리 및 특징을 고려하여 기종을 선정한다.

또 여과손실수두의 검출에 대해서는 여과지의 수위와 여과지유출후의 수위와의 차를 측정하는 방법이나 여과층 전후의 압력차를 측정하는 방법, 그리고 여과지수위를 측정하는 방법이 있다. 일반적으로 차압식인 경우에는 차압발신기에 접속하기 위한 도관을 설치하는 방법이 적절하지 않으면 기포의 혼입이나 세척의 영향을 받기 쉬우므로 주의가 필요하다.

자연평형형 여과지에서의 여과유량은 필요에 따라 총유입량 또는 총유출량 중 어느 것을 계측해도 좋다. 또 손실수두의 검출에 대해서는 여과지내의 수위를 측정하면 좋고 단순한 계측제어설비가 실현된다.

수질계기에 대해서는 여과지의 운전상, 고감도탁도계, 잔류염소계 및 pH계 등을 설치하는 것

이 바람직하다.

2.에 대하여 ;

1) 중력식 여과지의 여과유량제어는 여과유량계의 신호를 기초로 조절밸브를 피드백제어로 제어하는 것이 일반적이고 조절밸브로서는 버터플라이밸브나 콘밸브 등이 사용되고 있다.

2) 자연평형형 여과지는 여과유량의 제어에 기기를 사용하지 않고 위어와 수두를 이용하는 것으로 제어는 개개의 여과지의 유량을 제어하는 것이 아니고 여과지 유입량에 의해 결정되며 특별한 유량조절기기를 필요로 하지 않는다.

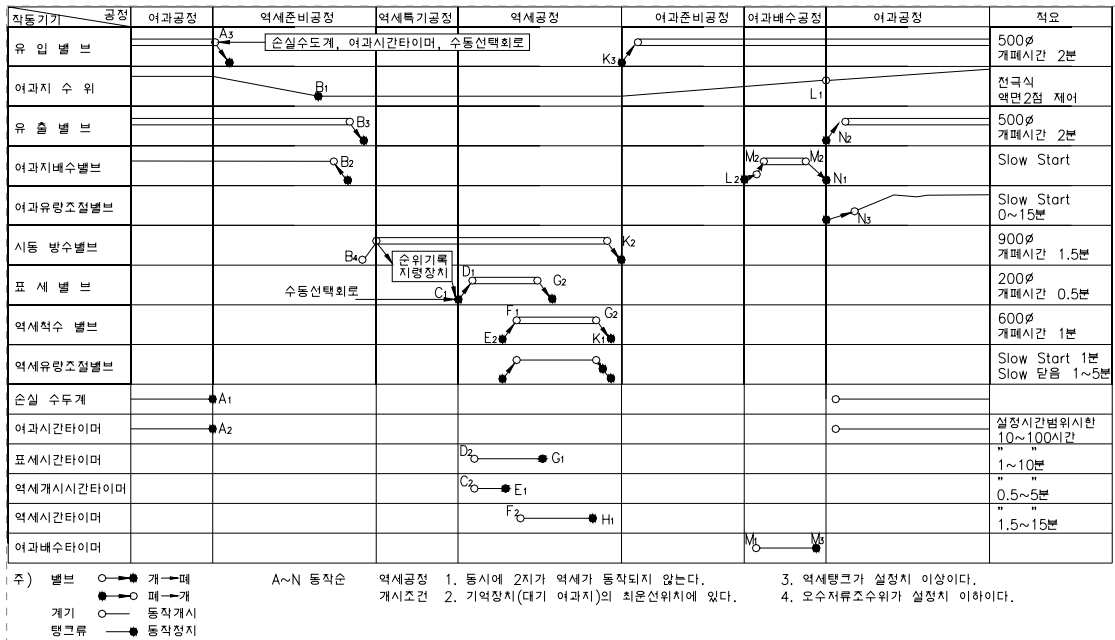
3.에 대하여 ;

급속여과지의 세척방식에는 역류세척과 표면세척을 조합한 것과 공기세척과 역류세척을 조합한 방식이 있다. 세척조작을 자동화하는 경우에는 높은 작동빈도에 견디고 안정적이며 확실한 기기 및 회로를 사용한다. 이 때문에 경우에 따라서는 배관공동구의 염소가스, 습기, 동결에 대한 대책이나 환경조건을 개선하는 것도 필요한 경우가 있다.

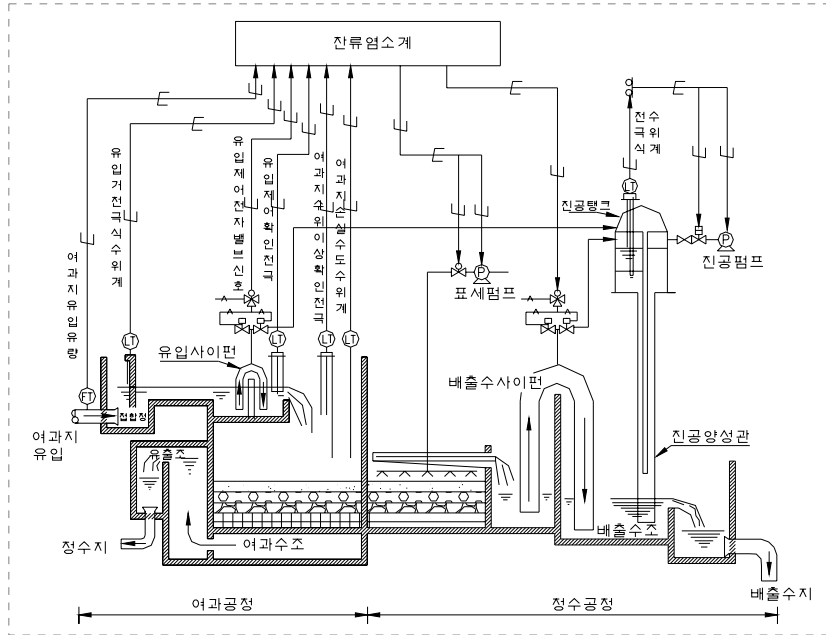
중력식 여과지는 세척조작에 필요한 표면세척펌프, 역류세척펌프, 고가탱크와 양수펌프, 세척 배출수통(pit) 및 배출수펌프 등의 여러 가지 시설을 안전하고 또한 원활하게 운전하도록 연동장치를 설치하여 세척 도중에 세척수가 단수되거나 세척배출수통을 월류하는 일이 없도록 한다.

자연평형형 여과지는 여과나 세척조작 등에 필요한 사이편형성을 위한 진공펌프나 탱크 등 여과지에 관련되는 여러 가지 시설을 연계·운용할 수 있도록 고려해야 한다. 그 밖에 여과지의 형식에 관계없이 여과지별로 현장조작반을 설치하여 수동세척을 하는 경우의 현장과 중앙조정실 간의 통보연락 및 전환방식(자동세척공정 중에는 현장조작반을 회로에서 분리하는 것이 바람직하다)이나, 세척공정 중의 정전에 대한 대책이나 연동장치에 대해서도 유의한다.

<그림-8.14.4> 및 <그림-8.14.5>에 여과지 세척조작 공정도를 보이지만, 이들 세척공정을 중앙관리실에서 파악할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.



<그림-8.14.4> 중력식여과지 역세조작공정도 예



<그림-8.14.7> 자연평형형여과지 제어흐름도 예

8.14.8 정수지(배수지)

정수지의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 정수지에는 수위계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 계측제어기기는 내염소성 및 내습성 등 그 환경조건을 고려한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 정수지의 수위는 총 여과유량과 송·배수량에 따라 변동하기 때문에 정수장내의 효율적인 수량관리 목적으로 정수지 수위를 중앙조정실 외에 필요에 따라 송·배수펌프실 또는 여과지조작반 등에 원격지시하면 조작상 편리하다.

수위계에는 플로트식, 전극식, 삽입식 및 초음파식 등이 있으며 일반적으로 플로트식이나 전극식 또는 삽입식의 사용 예가 많다. 수위계를 설치할 때에는 방파관(防波管)에 의한 보호와 필요에 따라 상·하한 경보를 설치한다.

정수지에는 수위계 이외에 pH계, 잔류염소계, 탁도계 등을 설치하고 pH조정이나 후염소주입물의 보정에 사용하는 것이 바람직하다.

또 수질계기의 설치에 대해서는 8.12.5 수질계측(P)을 참조한다.

2.에 대하여 ; 정수지는 일반적으로 지하에 설비되는 경우가 많으므로 현지에 설치되는 계측제어기기는 높은 습도에 노출되고 또 염소가스의 발생에 의한 기기의 부식이 고려된다. 따라서 정수지에 설치하는 계측제어기기는 내염소성·내습성의 재료 및 구조의 것을 사용하고 그리고 환기설비를 설치하는 것이 바람직하다.

8.14.9 소독설비

소독설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 소독제의 주입 및 유지관리에 적합한 유량계, 압력계, 조절밸브 및 잔류염소계 등을 설치한다.
2. 계측제어 기기는 환경조건에 알맞은 것으로 필요부분은 내식성을 갖는 것으로 한다.
3. 소독설비의 안전성을 확보하기 위하여 저장소 및 주입기실 등에는 염소누설검지기를 설치한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 주입제어에는 수동제어, 정치제어, 유량비례제어, 피드백제어, 피드포워드제어 및 캐스케이드(cascade)제어 등이 있다.

(1) 수동제어

수동제어는 주입량계를 보면서 인위적으로 조절밸브를 조작하는 것으로 현장에서 직접 수동으로 제어하는 것으로 중앙조정실 등에서 원격수동조작에 의한 경우가 있다.

(2) 정치제어

정치제어는 목표치(소정의 염소주입량)를 일정하게 유지하는 제어이다. 설정된 주입량이 되도록 조절밸브(또는 정량 펌프)를 제어하며 유량계로 계측된 측정치를 유량조절계에 피드백하여 편차에 따라 제어하는 방법이다. 이 제어는 처리수량과 염소요구량의 변화가 적고 거의 일정한 염소주입량으로 소정의 잔류염소를 유지할 수 있는 경우에 채택하는 방법이다.

(3) 유량비례제어

유량비례제어는 미리 설정된 염소주입률로 주입량을 제어하는 것이다. 수질 변화가 적고 염소요구량이 거의 일정하며 처리수량이 변화할 경우에 채택한다.

(4) 피드백제어

피드백제어는 처리수량이 변화하며 염소요구량도 변화하는 경우에 잔류염소를 목표치로 제어하는 방법이다. 유량비례제어에 잔류염소계에서의 잔류염소신호를 피드백하여 염소주입량에 보정을 가하는 방식이다.

(5) 피드포워드제어

피드포워드제어는 염소를 주입하기 전에 잔류염소계, 염소요구량계 등의 측정치로부터 주입량을 설정하고 편차가 생기기 전에 염소주입량의 조절을 하는 방식이다. 일반적으로 송·배수계 등에서의 추가염소주입에 많이 채용되고 있다. 유입수의 잔류염소를 미리 측정하여 배수할 곳의 필요로 하는 잔류염소로부터 상당하는 염소주입률과 유입수량과의 연산으로부터 염소주입량을 제어하여 주입한다.

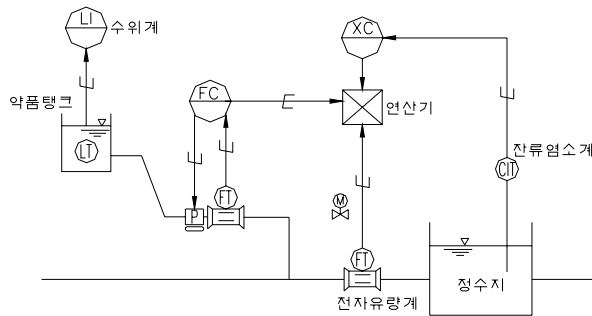
(6) 캐스케이드제어

캐스케이드제어는 잔류염소계와 조합하여 일정한 잔류염소량으로 되도록 비율설정신호로 보정하는 방법으로 비율제어계에 잔류염소계에 의한 보정신호를 가하는 방법이다. <그림-8.14.8>에 캐스케이드제어의 예를 보인다.

염소주입에는 면적식이나 오리피스(orifice)식 등의 유량계가, 차아염소산나트륨주입에는 전자

식이나 면적식유량계가 사용된다. 또 압력계는 격막식이 많이 사용되고 고·저의 압력정보를 발령할 수 있는 것이 바람직하다.

조절기구는 전유식(電油式 : electrohydraulic type)과 전동식이 사용된다. 잔류염소계는 폴라로그래픽법, 갈바니전극법 등이 있으며 폴라로그래픽법이 많이 사용된다.



<그림-8.14.8> 소독설비 계측제어 예(비율설정제어)

2.에 대하여 ; 염소는 수분과 반응하여 강력한 부식성을 발휘하기 때문에 계측제어기기는 산성에 충분히 견딜 수 있는 재료 및 구조의 것을 사용해야 한다.

계측제어기기 중 염소주입에 직접관계가 없는 계측기, 감시반 및 조작반 등은 만일 염소가 누설된 경우를 고려하여 가능한 한 염소주입기실과는 별도의 건물에 설치해야 하며 계측제어기기가 있는 건물은 신선한 공기를 도입하고 실내압을 외부 압력보다도 높게 하는 것이 바람직하다. 또 부득이 감시반이나 조작반 등을 염소주입기실 등에 설치하는 경우에는 반의 틈새를 고무등으로 밀봉하고 반 내에 에어퍼지(air purge) 등을 시공하는 것이 바람직하다. 이 경우의 공기공급원에 관해서는 염소가스가 혼입될 우려가 없는 옥탑 등에서 도입해야 한다.

차아염소산나트륨은 산과 반응하면 염소가스를 발생하기 때문에 약품을 입하할 때에는 다른 약품과 혼동하여 받아들이는 일이 없도록 꼭지쇠 등을 포함하여 해당 전용설비로 해야 한다.

또 차아염소산나트륨은 상온이라도 불안정한 성질이기 때문에 일광이나 자외선에 의해 분해가 촉진되며 온도상승에 의해 한층 더 분해가 진행하고 유효염소농도가 떨어진다. 따라서 제어상의 관점에서도 농도계의 설치나 해당 약품의 저장환경을 정비하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 염소설비에서의 염소저장소, 주입기실 및 기화기실 등 해당 시설에서 누설되는 가스가 체류될 우려가 있는 장소에는 「고압가스안전관리법」에 근거하여 해당 가스의 누설을 검지하고 경보하기 위한 설비를 설치해야 한다. 따라서 이들 장소에는 염소누설검지기, 경보장치 등을 설치하고 만일 염소가 누설된 경우에 중앙조정실에 경보를 표시하는 외에 염소제해설비와 연동시켜 원활하게 배기가스를 처리할 수 있도록 유의해야 한다.

염소누설검지기에 대해서는 **8.12.6 그 밖의 계측(P)**을 참조한다.

8.14.10 전 · 중간염소처리 설비

중간염소처리설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 계측제어설비는 원수의 수량과 수질의 변화에 대응하여 제어와 계측할 수 있는 것으로 한다.
2. 염소주입은 주입설비나 측정설비에 의한 시간차의 영향을 받기 때문에 충분히 검토한다.

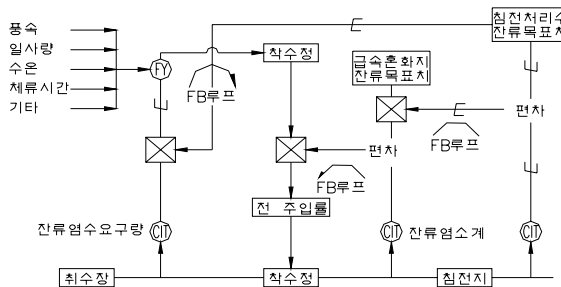
【해설】

1.에 대하여 ; 염소주입량은 원수수질 및 처리수량 등에 의해 변화한다. 특히 수질변동(암모니아성질소)이 심한 수계(하천 등)에 대해서는 제어범위가 넓게 된다. 그 때문에 1대의 주입기나 제어설비로는 모든 제어범위를 만족할 수 없는 경우가 있으므로 대·소 2계통, 또는 동일 라인지로 다수계통의 주입설비와 제어설비를 설치한다. 전 · 중간염소의 자동제어는 피드포워드제어, 피드백제어, 캐스케이드제어의 조합으로 이루어진다.

중간염소주입은 원수의 수질에 따라 전염소와 병용하는 경우와 전염소 없이 주입하는 경우가 있다.

피드포워드제어를 하기 위해서는 염소요구량을 기초로 수질상황(수온, 탁도), 침전지에서의 소비량에 영향을 주는 기상조건(기온, 일사량), 배출수반송조건(양, 수질), 활성탄주입률 등의 조건을 고려해야 한다.

피드백제어는 목표잔류염소치에 대하여 염소주입 후의 잔류염소량을 기초로 염소주입량을 제어하는 것이다. <그림-8.14.9>에 피드포워드제어와 피드백제어의 조합의 예를 보이고 있다.

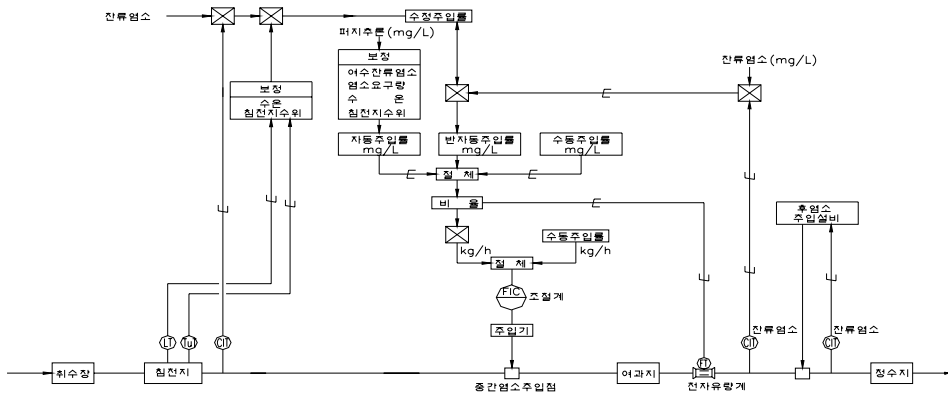


<그림-8.14.9> 전염소주입 계측제어 흐름도 예
(피드포워드제어와 피드백 제어)

캐스케이드제어는 잔류염소량과 염소주입량을 계측하여 처리수량과 연동하여 일정한 잔류염소량으로 되도록 주입률을 보정제어하는 것이다. 이 경우의 계측제어흐름도는 소독설비의 계측제어흐름도(<그림-8.14.8>)에 준한다. 또 퍼지제어를 도입하는 것도 있다. <그림-8.14.10>에 중간염소주입계측제어흐름도의 예를 보이고 있다.

2.에 대하여 ; 염소주입에는 주입관의 길이나 시료채취관의 길이에 의한 주입시간 및 시료채취시간의 늦음에 의해 계측데이터에 지연이 있으므로 자동제어를 하는 경우에는 이 시간지연

요소를 검토할 필요가 있다. 또한 그 밖에도 정수처리설비의 염소혼화지나 침전지의 용량, 처리 수량에 의한 시간적 영향도 더불어 검토한다.



<그림-8.14.10> 중간염소주입 계측제어 흐름도의 예

8.14.11 알칼리제 · 산제 주입설비

알칼리제 · 산제 주입설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 계측제어기기는 약제의 사용조건이나 그 주변의 환경조건에 알맞은 것이어야 하며 안전하게 취급할 수 있는 구조로 한다.
2. 유량계, 압력계, 수위계 등은 약제의 용해나 주입에 알맞은 것을 설치해야 하며 제어에 알맞은 조절밸브 등을 설치한다.
3. 약제주입설비의 계측제어는 수질변화에 대응할 수 있는 제어범위와 계측기를 구비하는 것으로 한다.

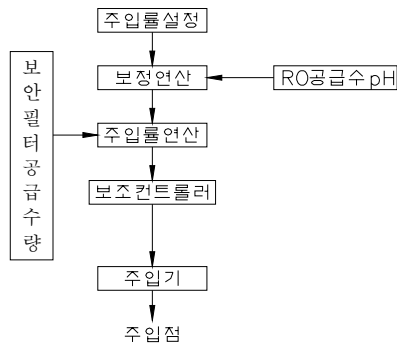
【해설】

1.에 대하여 ; 취급되는 약품으로 액체가성소다 및 황산은 독극물이기 때문에 직접 약액에 접하는 수위계, 압력계, 온도계, 유량계 등의 재질이나 구조는 그 약액에 충분히 견딜 수 있는 것이어야 한다. 또 점검이나 분해, 청소, 부품의 교환 등이 안전하고 간단히 할 수 있도록 설계한다.

2.에 대하여 ; 알칼리제주입 제어는 정수공정에서의 알칼리제어와 pH제어로 나누어진다. 전자는 원수유량, 후자는 여과후의 유량과 알칼리제를 비율제어하는 것이다.

산제주입 제어는 응집효과의 향상을 위해 응집약품주입에 앞서 원수의 pH를 제어하는 경우나 역삼투막에 의한 해수의 담수화공정에서 역삼투막 내의 스케일발생을 미연에 방지하기 위한 pH제어 등이 있다. 전자는 원수유량과 산제에 의한 비율제어를 하며 후자는 보안필터공급수량, 역삼투막공급수의 pH 등에 의해 pH일정제어가 이루어진다. <그림-8.14.11>에 해수담수화의 경우의 산제주입제어 흐름도를 보이고 있다.

3.에 대하여 ; 8.14.5 응집용 약품주입설비(P)를 참조한다.



<그림-8.14.11> 해수담수화의 산제주입제어 흐름도

8.14.12 활성탄 흡착설비

활성탄 흡착설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 분말활성탄 흡착설비의 계측제어 기기와 주입기기는 방진성, 방폭성, 내마모성, 내부식성 등을 고려한다.
2. 입상활성탄 흡착설비는 탄층(고정층식, 유동층식)의 관리에 필요한 계측제어 기기를 설치한다.

【해설】

활성탄에 관한 성능 및 주입설비 등의 상세한 것은 5.13 분말활성탄 흡착설비(P)를 참조한다.

1.에 대하여 ; 분말활성탄은 수분을 거의 포함하지 않는 것(dry탄)이나 함수율 50% 정도의 상태의 것(wet탄)이 있으며 주입할 때는 이것들을 슬러리상(5~10%)으로 원수에 주입하는 방법을 취하고 있다.

이들 활성탄의 저장조설비 및 주변에 설치하는 레벨계, 슬러리농도계, 지시계, 계기반 및 전기기기는 방진성 및 방폭성의 것을 설치해야만 한다.

또 주입설비기기의 유량계(전자식), 조절밸브 등은 내마모성의 것을 사용해야만 한다. 주입방식은 펌프식 및 인젝터식이 있지만, 주입량의 제어는 비율제어방식을 많이 채용하고 있다.

활성탄주입량은 주입률의 범위가 크게 변화하기 때문에, 주입설비를 소유량과 대유량으로 나눠 설치하고 그 제어설비는 전환기에서 공통으로 제어할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 입상활성탄 처리설비는 그 탄층에 고정층방식과 유동층방식이 있다. 고정층방식은 중력식여과설비의 계측제어 설비에 준하며 그 설비는 유량제어설비, 손실수두계, 탄층레벨계 및 세척제어설비를 설치하는 것이 바람직하다.

또 가압식 여과설비의 계기는 중력식 여과설비의 계측제어 설비에 더하여 압력계를 장비한다.

세척에 공기세척을 병용하는 경우에는 공기량계측 및 그 제어설비를 설치하는 것이 바람직하다.

유동층방식은 흡착수조내의 입상활성탄층을 수중에 팽창유동화시켜 접촉시간을 많이 잡는 방식이다. 보통 처리할 때는 선속도 등의 관리를 위해 처리수의 통수속도(처리수)제어설비를, 입상활성탄의 팽창계면레벨관리에 초음파레벨계 등을 설치하고 이상팽창시의 경보설비를 설치할 필요가 있다. 입상탄층 및 정류상부(整流床部)를 세척할 필요가 있으므로 통수속도제어설비에는 통상처리에 더하여 세척에 필요한 통수속도를 얻을 수 있도록 배려한다.

또 통수속도제어설비는 입상활성탄을 채운 다음에 골고루 퍼기 위하여, 활성탄을 끌어낼 때에 탄층을 슬러리화하기 위해서 유동화시킬 필요가 있으므로 그 조정에도 사용할 수 있는 제어범위를 취한다.

입상활성탄의 흡착과과점을 관리하기 위해서 누적통수시간계 및 누적통수량계 설비를, 또 정류상부의 막힘현상을 관리하기 위한 압력감시에 압력계를 설치하는 것이 바람직하다. 입상활성탄층의 팽창계면위치는 수온에 의해 크게 변화하기 때문에 감시제어용의 수온계를 설치하는 것이 바람직하다.

입상활성탄처리 후는 소실된 잔류염소를 보충하기 위해서 미량의 염소를 주입하는 경우 유출거 등의 출구에 잔류염소계를 설치하여 감시해야 한다. 잔류염소의 조정은 그 계측 데이터에 의한 피드포워드방식으로 제어할 수가 있다.

8.14.13 오존처리설비

오존처리설비의 계측제어는 다음 각 호에 의한다.

1. 계측기기는 오존의 성질이나 그 주변 환경에 알맞은 것이어야 하며 유지관리가 용이하고 안전하게 취급할 수 있는 구조로 한다.
2. 오존의 발생과 주입 등이 안전하고 또 효율적이며, 적절하게 제어할 수 있는 것으로 한다.
3. 오존의 계측제어는 수질변화에 대응할 수 있는 제어범위를 계측할 수 있는 설비로 한다.

【해설】

오존의 발생수단으로서는 각종 방식이 있지만, 여기서는 상수도에 널리 사용되고 있는 무성방전식의 계측제어에 대해 기술한다(계측제어를 제외한 오존처리설비는 5.15 오존처리설비(P)를 참조).

1.에 대하여 ; 오존가스에 직접 접촉하는 농도계, 압력계, 온도계, 유량계 등의 재질이나 구조는 충분한 내구성을 구비한 것이어야 한다. 제어장치나 전원설비는 염소설비와 같이 설치장소의 실내환경을 고려해야 하며 유지관리가 용이하고 안전을 목표로 하는 설계가 이루어져야 한다.

2.에 대하여 ; 오존처리설비는 (1) 오존 발생장치의 제어 (2) 오존의 주입 (3) 오존의 회수·처리 (4) 배출오존의 측정으로 이루어져 각각이 일체되어 안전하고, 효율적인 기능 발휘가 요구된다.

1) 오존 발생장치의 제어

오존은 산소 또는 공기를 원료로 해서 발생시키는 것으로, 오존의 발생농도는 발생기의 공급전압, 전류, 주파수, 냉각온도, 원료의 종류, 공급량이나 압력, 더욱이 원료 상태 등에 따라 변화

8.14.14 막여과설비

막여과설비의 계측제어는 다음 각 호에 의한다.

1. 막여과의 특성이나 유지관리 등을 고려하여 자동운전을 가능하게 한다.
2. 막여과설비에 있어서의 계측제어기기는 유량계, 압력계, 수위계, 그리고 필요에 따라 탁도계, 온도계 등의 수질계기 등을 설치한다.
3. 막의 파손, 여과수탁도의 상승 등의 이상시에는 해당 처리장치를 조속히 자동정지하고, 이에 따른 경보 등 필요한 처리를 하는 제어장치를 갖는 것으로 한다.

【해설】

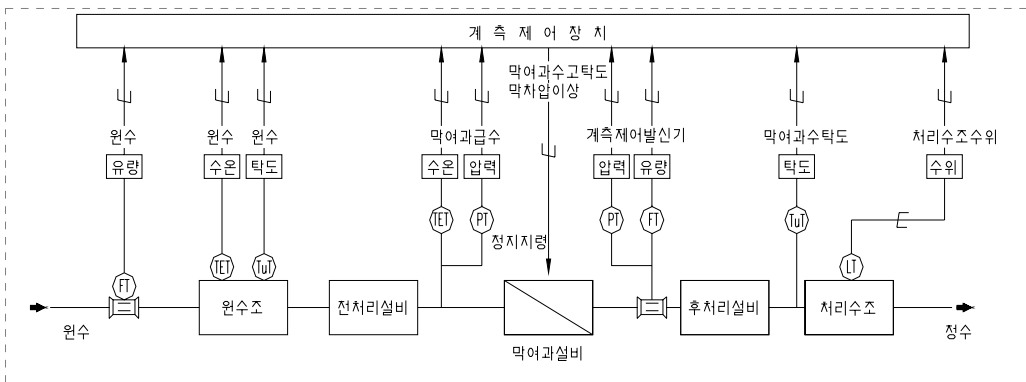
1.에 대하여 ; 막여과설비는 원칙으로 자동운전을 전제로 하고 있기 때문에 관련되는 전처리설비, 소독설비 등도 자동 운전할 수 있는 것으로 하고 필요에 따라 원격감시장치를 설치한다.

2.에 대하여 ; 주된 감시항목은 다음과 같다.

- (1) 유량 ; 막모듈유입수량, 막여과수량
- (2) 압력 ; 막여과설비 1차측 압력, 막여과설비 2차측 압력
- (3) 온도 ; 막공급수(cross flow여과방식인 경우에는 순환수)온도
- (4) 탁도 ; 원수 탁도, 막처리수 탁도

3.에 대하여 ; 막여과에 의한 정수방식에서는 막의 파손에 대해서는 신속한 대응이 필요하다. 이 때문에 여과수 탁도나 막차압을 계측하여 이상을 감시하고 이상발생시는 해당 장치를 조속히 정지함과 동시에 경보출력 등 필요한 조치를 취한다.

<그림-8.14.13>에 막여과의 계측제어흐름도의 예를 보이고 있다.



<그림-8.14.13> 막여과의 계측제어 흐름도 예

8.14.15 용존공기부상조(DAF) 설비

용존공기부상조(DAF) 설비의 계측제어는 다음 각 호에 의한다.

1. DAF설비의 특성이나 유지관리 등을 고려하여 자동운전을 가능하게 한다.
2. DAF설비를 운영하기위하여는 유량계, 압력계, 수위계와 탁도계, pH계 등의 수질계측기를 설치하여 운전하며, 설비중 공기저장조, 가압탱크, 순환수밸브 및 Saturator(압력제어밸브) 등 주요설비 이상시 경고발생과 함께 해당처리장치를 조속히 정지하여야 한다.

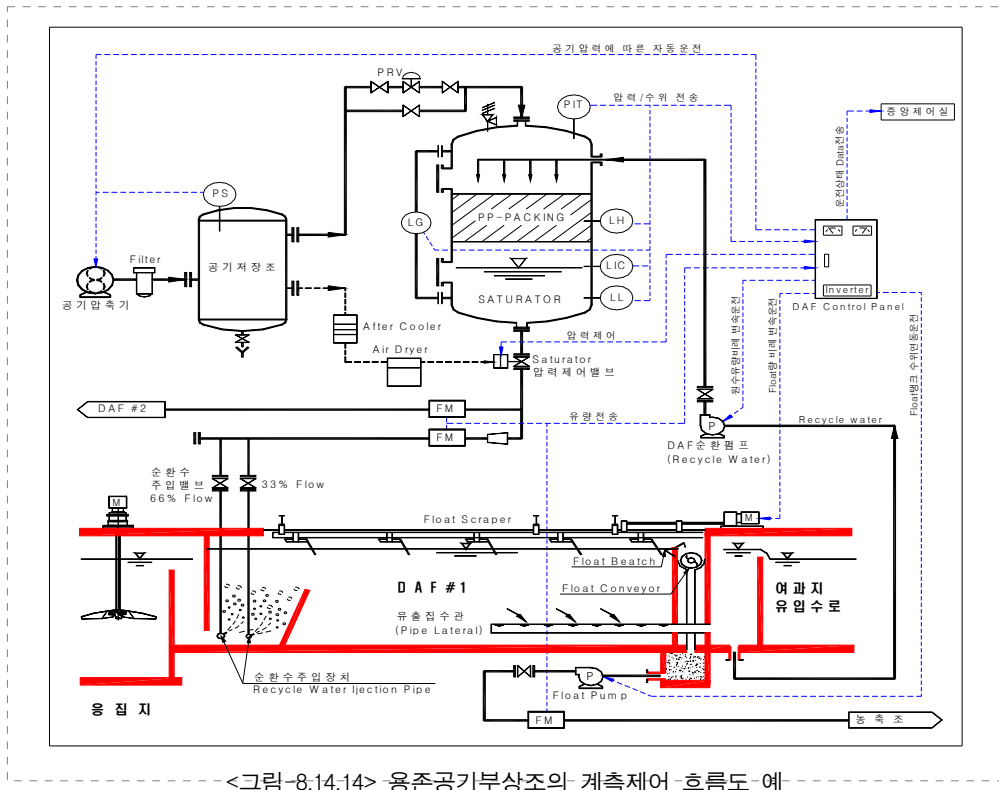
【해설】

1.에 대하여 ; DAF설비는 자동운전을 전제로 하고 있기 때문에 관련되는 가압탱크설비, 순환수공급시설, 순환수분배관 및 미세기포발생 노즐과 이에 필요한 유량계, 압력계 등의 계측기기를 현장조건에 맞춰 설치하여야 하며, 또한 패키지화된 제품도입시 상위시스템과의 통신방법 등의 인터페이스 방안에 대하여 충분히 검토·확인하여야 한다.

2.에 대하여 ; 주된 감시항목은 다음과 같다.

- (1) 유량 ; 유입유량, 포화수유량
- (2) 압력 ; 공기저장조, 가압탱크설비
- (3) 수위 ; 가압탱크설비
- (4) 수질 ; 유출탁도, 유입 SCD값, 유입 및 유출 pH 등

<그림-8.14.14> 용존공기부상조의 계측제어 흐름도의 예를 보이고 있다.



8.14.16 해수의 담수화설비(역삼투막설비)

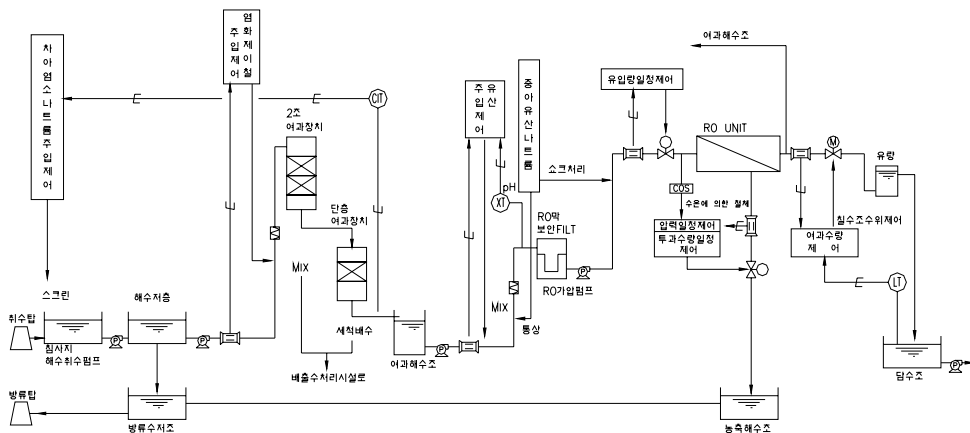
역삼투설비는 보안필터, 고압펌프, 막모듈, 드로백(색백)수조, 막세척설비 등으로 구성되어 있고 그 계측제어는 막의 종류·구성 등에 적합한 시스템으로 한다.

1. 역삼투설비의 운전제어는 자동운전을 원칙으로 하며 원수설비·조정설비 등과 종합적으로 연동할 수 있는 것으로 한다.
2. 역삼투설비의 계측제어기기는 수위계, 유량계, 압력계 등 및 수질계기로서 pH계, 탁도계, 온도계, 잔류염소계, ORP계, 전기전도도계, SDI계 및 알칼리도계를 적절히 배치하고 주변 환경조건에 알맞은 것으로 하고 안전하게 교체할 수 있는 구조로 한다.

【해설】

해수담수화시설은 원수설비, 조정설비, 역삼투설비, 약품주입설비, 방류설비 등으로 구성되지만, 취수펌프, 조정설비, 약품주입설비, 방류설비는 취수·정수설비의 운전제어에 준하므로 여기서는 역삼투설비의 운전제어와 수질계측에 대해 설명한다.

<그림-8.14.15>에 해수담수화시설의 계측제어흐름도의 예를 나타내었다.



<그림-8.14.15> 해수담수화시설 계측제어 흐름도 예

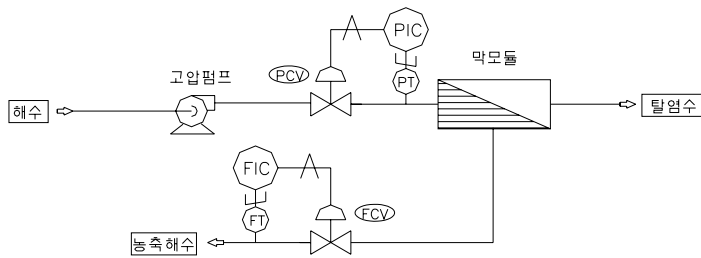
1.에 대하여 ; 역삼투설비의 운전제어는 역삼투설비(RO unit)의 입구해수량을 일정량으로 하고 해수온도에 따라 회수율(투과수량) 또는 운전압력이 일정하게 되도록 제어한다.

1) 제어방식

(1) 공급수압력제어방식(공급수압력제어+농축수유량제어)

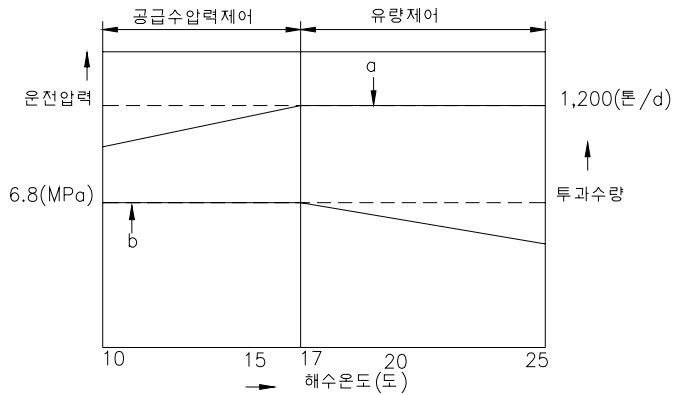
공급수제어밸브에 의해 막모듈의 운전압력을 일정하게 조정제어하고 농축수제어밸브로 농축수유량을 일정하게 조정제어하는 방식이다. 실시예가 가장 많으며 그 특징은 다음과 같다(<그림-8.14.16> 참조).

- ① 운전압력이 항상 일정하게 유지되기 때문에 수질이 안정될 수 있다.
- ② 수온 변동이 큰 경우에는 공급수량의 변동이 있으며 여과수량을 엄밀히 일정하게 하기 위해서는 제어설정점을 변경해야만 한다.



<그림-8.14.16> 공급수 압력제어방식

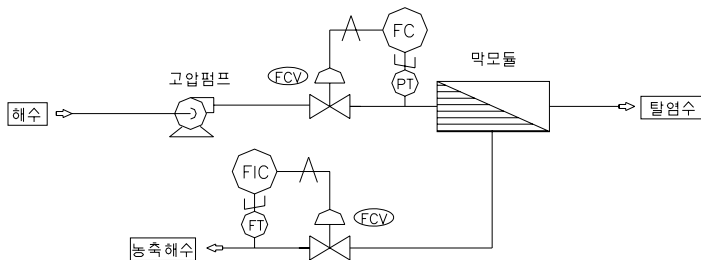
<그림-8.14.17>의 경우는 해수온도가 17℃이하인 경우에는 1,200 m³/d의 조수(造水)능력을 유지할 수 없기 때문에 운전압력의 상한치(6.8 MPa-70 kg/cm²)인 b-line상에서 운전제어되는 것으로 된다. 이 때에는 농축해수측의 유량제어밸브에 의해 운전압력이 상한을 초과하는 것이 없도록 제어되기 위해서 해수의 온도저하에 맞추어 투과수량도 감소시킨다.



<그림-8.14.17> 해수담수화제어계통 설명도

(2) 유량제어방식(공급수유량제어+농축수유제어)

공급수량과 농축수량의 양쪽의 유량이 함께 일정하게 되도록 양쪽의 제어밸브를 조정제어하는 방식이다. 공급압력제어방식과 함께 실시 예가 많으며 그 특징은 다음과 같다(<그림-8.14.18> 참조).



<그림-8.14.18> 유량제어방식

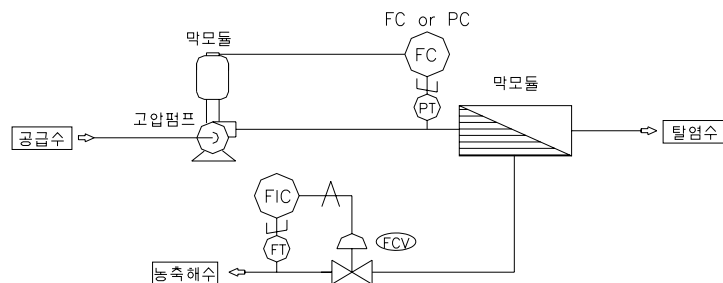
① 투과수량과 회수율이 항상 일정하게 되며 계획수량의 유지에 대해서는 설정점을 변경할 필요가 없고 가장 용이한 방식이다.

② 수질의 변동에 의한 운전압력의 변동이 크기 때문에 수질변동도 크고 수질유지가 상당히 문제로 된다.

<그림-8.14.17>의 경우로서는 a-line상에서 회수율이 일정하게 되도록 농축해수 측의 유량제어밸브에 의해 운전압력을 제어하면, 해수온도가 상승함에 따라 운전압력은 떨어진다.

(3) 고압펌프회전속도제어방식

공급수제어밸브에 의해 운전압력 또는 유량을 조정제어하는 대신에 고압펌프의 회전속도를 조정·제어한다. 그 특징은 다음과 같다(<그림-8.14.19> 참조).



<그림-8.14.19> 고압펌프 회전속도 제어방식

- ① 급수제어밸브가 필요하지 않으므로 밸브의 조임에 의한 에너지손실이 없다.
- ② 저속(저압운전)으로 제어할 수 있기 때문에 기동시의 막에의 충격(water hammer나 초음파장애)이 적다.
- ③ 역전펌프형 동력회수터빈은 저회전속도 운전시에는 브레이크작용이 작동하기 때문에 고압펌프와의 직결이 어렵다.
- ④ 전동기용량이 크기 때문에 회전속도제어시스템의 설비비용이 높다.
- ⑤ 막모듈 및 운전조건에 적합시키기 위한 펌프 및 전동기의 선정이 중요하다.

2) 감시항목

해수담수화시설의 감시는 운전성능의 파악에 필요한 항목에 대하여 한다. 압력과 유량관계에 대해서는 운전압력 및 유량이 적정한 것인지와 고압펌프의 운전압력, 제어밸브개도 및 각처의 유량 등을 감시한다. 특히 공급해수압력과 농축해수압력과의 차압감시는 막소자의 오염상황, 막세척시기를 결정하는 중요한 항목이다. 더욱이 운전시간 경과에 따라 막소자가 열화됨으로 인하여 수질이 저하되기 때문에 막투과수의 전기전도도는 담수상황을 확인하는 수질감시의 주요 항목이고 소요 값에 이르지 않은 경우에는 자동적으로 계외로 배출 또는 조정수조로 반송시키는 등의 조치를 강구해야 한다. <표-8.14.1>에 해수담수화시설의 감시항목(예)을 보이고 있다.

2.에 대하여 ; 이 설비에 사용되는 수질계기는 자동세척기구가 갖춰지는 것이 바람직하고 다른 계측제어 기기도 방침형(防侵形) 또는 방수형, 내산형 등의 대책을 한 제품을 채용하는 것이 바람직하다.

<표-8.14.1> 해수담수화시설 감시항목(예)

감시 항목	감시 지점
압력	막모듈입구측압력, 막모듈차압 등
유량	막모듈의 공급수량, 탈염수 유량, 농축수유량, 각종 약품관계의 주입량 등
액위	원수수조, 담수수조, 조정수조 등 각종 약품관계저장조의 액위 등
수질	해수의 전기전도도, pH, 온도, SDI, 알칼리도, RO공급수의 pH, 온도, ORP, SDI, RO처리수의 pH, 전기전도도, 알칼리도 및 탈염률

8.14.17 배출수처리 설비

배출수처리설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 배슬러지는 자동 배슬러지제어를 원칙으로 하며 슬러지를 균등하게 배출할 수 있도록 한다.
2. 조정·농축시설의 계측제어는 수위계, 유량계 슬러지농도계 및 슬러지계면계 등 필요한 기기를 설치한다.
3. 탈수시설의 계측제어는 그 처리방법에 적합하고 가장 안전하며 또 확실한 계측제어 기기 및 제어방식으로 한다.
4. 설치환경이나 측정조건 등에 대하여 고려한다.

【해설】

배출수처리 시설은 정수장의 안정가동이나 경제적 운전과 깊게 관계되고 있다. 그러나 관리 운용 면에서 독립된 시설로서 취급되는 경우가 많으며 그 계측제어화에 대해서는 정수처리공정과 관련이나 유지관리방법, 운영체제, 시설의 특성, 비용효과 등에 대하여 미리 관계되는 부서와 협의, 조정하는 것이 중요하다.

1.에 대하여 ; 슬러지 배출방법이나 방식은 배출수처리 관련시설의 규모를 결정할 때에 중요한 요소이다.

침전지의 슬러지 배출은 통상 간헐적으로 되기 때문에 배출수지나 배슬러지지에 유도되고 슬러지펌프 등 관련되는 시설을 가능한 한 평균적으로 운전할 수 있도록 슬러지 배출공정을 자동화한다.

그 때 복수의 침전지 슬러지 배출공정이 중복되는 것이 없도록 각 침전지를 순서에 따라 슬러지를 배출하여 배출수 처리시설에의 부하를 가능한 한 균등하게 한다. 또 원수의 고탁도시 등에 대응할 수 있도록 슬러지 배출회수나 슬러지 배출간격을 변경할 수 있도록 한다.

유지관리 면에서는 현장운전이나 수동운전을 할 수 있는 것이 바람직하고 또 슬러지 배출량이나 슬러지 배출밸브작동 등의 상황이 전체적으로 관리, 파악될 수 있는 계측제어 설비로 한다.

2.에 대하여 ; 조정공정에서 전원상실 등에 의해 월류 등을 초래하는 일이 없도록 수위계나 유량계, 정전검출기 등을 설치하며 슬러지 배출정지나 긴급비상밸브의 전폐, 슬러지 배출펌프의

정지 등의 조치를 취하며 또 정수장의 관련되는 시설과 연계하여 제어할 수 있는 것으로 한다. 배출수지의 수위계는 이중화하는 등으로 하여 신뢰도를 향상시키는 것이 바람직하다.

농축조는 슬러지를 농축하여 슬러지량을 감량시키고 이후의 공정에 고농도의 슬러지를 공급하는 것에 있다. 농축조에는 슬러지농도를 측정하는 농도계나 조내의 슬러지레벨을 측정하는 슬러지레벨계, 수위계, 그리고 조 내에서 뽑아내는 슬러지량이나 상정수량을 계량하는 유량계 등 시설의 상황에 따라 설치한다.

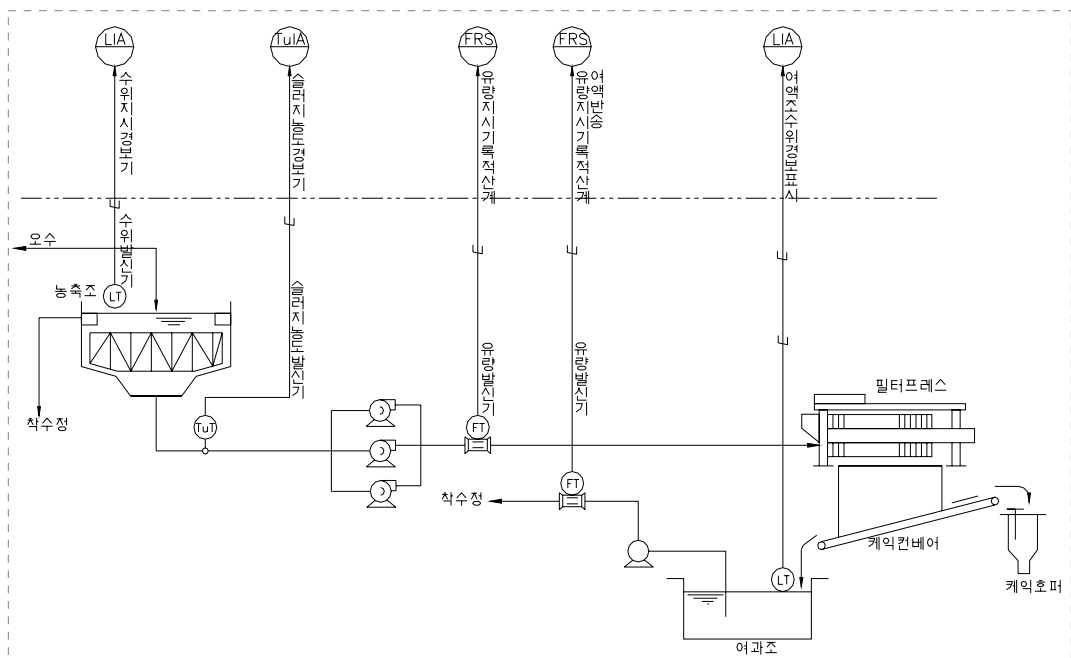
3.에 대하여 ; 탈수방식에는 진공탈수방식, 가압탈수(필터프레스)방식 등이 있다.

탈수기의 제어방식에는 처리방법에 따라 다르지만, 슬러지공급공정, 탈수공정 및 배출공정 등을 일련으로 하여 자동화한다.

탈수처리설비에 있어서는 기기가 부식되고 오염되기 쉬우며 또 제어방식에 따라서는 하나의 고장이 전시설의 정지로 이어지는 경우가 있다. 따라서 계획에서는 제어면, 공정관리 면에서 보아 될 수 있는 한 간략화하고 계측제어 기기의 수를 필요최소한으로 하며 신뢰성을 높이기 위해서 가능한 한 병렬시스템으로 하는 것이 바람직하다.

슬러지 탈수에 관련되는 설비로서는 탈수여액의 처리설비가 있으며 하수도나 하천에 배수(排水)하는 경우에는 약품주입방식에 의한 중화처리 등의 시설을 필요로 한다. 또한 정수장내에서 폐회로시스템으로 처리하는 경우에는 배슬러지나 농축조로 보내야 하며 정수처리계통으로는 보내지 않도록 한다.

발생케익의 처분에 대해서는 관리운영상 계량을 필요로 하는 경우가 있으며 탈수케익의 계량이나 약품관리를 겸하여 트럭스케일(truck scale)을 설치하는 경우도 있다. 무약품방식의 배출수 처리설비 계측제어 예를 <그림-8.14.20>에 나타내었다.



<그림-8.14.20> 무약품방식 배출수처리설비 계측제어 예

4.에 대하여 ; 일반적으로 배출수 처리시설은 기기에 대한 환경조건이나 측정물의 조건이 양호하다고는 보기 어려우므로 다음의 사항에 대하여 유의해야 한다.

유량계, 농도계, 수위계 등의 검출부는 측정 대상수에 의한 제어상의 최적 위치를, 또한 처리시설의 운전관리상에서 유지관리가 용이한 장소를 선정하도록 주의해야 한다. 수위계, pH계, 농도계 등의 검출부는 직·간접으로 슬러지나 약물과 접촉하므로 내식성을 구비한 것으로 한다.

계측제어 기기에 있어서도 특히 환경조건, 측정대상물을 고려하여 내식성, 내마모성을 구비하고 온도, 습도 및 오염 등에 견디는 기기를 선정하는 것이 바람직하다. 그러나 그와 같은 기기를 구비할 수 없는 경우에는 공조설비 등을 설치하는 등의 환경대책을 강구하여 그것에 대신하는 것도 가능하다. 또한 이러한 환경대책을 강구하여 대응하는 쪽이 경비가 절감되는 경우도 있다.

8.14.18 송수시설

송수 시설의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 송수시설의 감시와 제어에 적합한 유량계를 설치하고 필요에 따라 압력계를 설치한다.
2. 송수유량의 제어는 정수지 및 배수지 등의 저류량을 활용하고 송수시설을 안전확실하고 또한 경제적으로 운용할 수 있는 것으로 한다.
3. 송수시설에 있어서의 계측제어기기 보호장치는 **8.14.2 저수 및 취수시설(P)**에 준한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 송·배수시설에서 펌프가압방식인 경우에는 압력계가 필요한 것이 많으며 설치에는 주위의 환경조건 및 공기혼입 등의 설치조건 및 보수점검에 대해서도 검토해야 한다.

송수시설의 유량계에는 전자식, 초음파식 및 차압식이, 또한 압력계에는 부르동관식, 벨로즈식이 많이 사용되고 있다. 그리고 수위계에는 플로트식, 정전용량식, 전극식, 투입식이 주로 사용되고 있다.

2.에 대하여 ; 송수유량 제어는 송수시설만으로는 효율적으로 운용할 수 없고 배수량 및 배수지 등의 저류용량과 관련지어 제어해야 한다.

송수유량의 시간적 변화는 별로 크지 않기 때문에 제어범위가 좁은 제어설비를 설치하는 예가 많다. 펌프의 운전에 있어서는 펌프가 가능한 한 전력원단위(kWh/m³)가 낮은 방법으로 운전하고 기동·정지빈도를 적게 하는 것이 바람직하다.

배수지수위를 목표치로 하여 펌프대수제어를 하는 경우에는 검출부 및 전송로 등의 고장에 의한 영향을 피하기 위해서 제어시스템의 신뢰성을 검토한다.

또한 펌프가 긴급 정지된 경우의 관내 부압, 또는 수격작용방지 대책을 취해야 한다.

다른 제어방법에 대해서는 **8.3.2 자동운전용 기기(P)** 및 **8.14.20 펌프설비(P)**를 참조한다.

8.14.19 배수(配水)시설

배수시설의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 배수시설의 감시와 제어 및 수량관리에 적합한 유량계, 수위계 및 압력계를 설치하고 필요에 따라 수질계기를 설치한다.
2. 배수유량의 제어는 배수시설의 안전과 효율적 운용 및 배수구역내의 적정한 수량과 압력을 확보할 수 있도록 한다.
3. 배수시설의 운전관리에 적합하고 계측 및 제어신호는 정수장 또는 송·배수시설의 중앙조정실 등에 전송하는 것이 바람직하다.
4. 배수시설에서의 계측제어설비의 보호 장치는 8.14.2 저수 및 취수시설(P)의 2에 준한다.

【해설】

배수시설의 계측제어는 배수량의 시간적 변화가 크고 또한 배수지, 배수탑 및 고가탱크의 설치장소가 원격지 또는 높은 곳에 있는 등의 특수성을 고려해야 할 필요가 있다.

1.에 대하여 ; 매일의 배수량 및 그 시간변화를 파악하기 위하여 배수지, 배수탑 및 고가탱크 출구의 적당한 지점에 유량계를 설치하고 배수지 등이 이상수위로 되거나, 이상유량으로 되는 경우에 경보를 표시할 수 있는 것이 바람직하다.

유량계에는 전자식, 초음파식 및 차압식이 많이 사용된다. 배수량의 계측은 유수율 등 사업경영에 있어서 기본적인 데이터이고 가능한 한 높은 정밀도로 계측해야 한다. 그 때문에 유량계를 설치할 때에는 관내의 정류조건을 갖추어 동시에 기중에 의한 설치조건 및 배수량의 주야간, 계절간의 변동 등에 의한 계측범위를 조사하여 경우에 따라서는 2-레인지로 하는 등의 대책을 취해야 한다.

그 밖에 유량계의 선정조건에 대해서는 8.12.2 유량계측(P)을 참조한다.

배수지, 배수탑 및 고가탱크에는 펌프나 조절밸브 등을 제어하기 위해 수위를 계측해야 하며 상·하한의 경보표시를 한다. 여기서 정수지의 하한은 $C \times T$ 값을 확보할 수 있는 수위로 한다. 특히 상·하한점점에서 펌프의 기동·정지를 하는 경우에는 배수를 안전하게 하기 위해서 계측신호와 경보신호를 독립시키는 것이 바람직하다.

일반적으로 배수지 등의 수위계에는 플로트식, 투입식 및 압력식을 사용하고 지시기록을 하지 않은 경우에는 전극식이 많이 사용되고 있다.

배수구역내의 압력상황을 파악하고 압력을 균등화시키기 위하여 배수구역내의 배수관로 중에서 대표 지점에 유량계와 압력계를 설치하고 각각의 계측 데이터를 텔레미터로 전송하거나 또는 자동기록 장치를 설치하여 기록해 두는 것이 바람직하다. 일반적으로 많이 사용되고 있는 압력계는 부르동관식, 벨로즈식이 있다.

배수지 등에는 급수의 최종단계 수질확인을 목적으로 탁도계, 잔류염소계 및 pH계 등을 설치하는 것이 바람직하다. 수질계기의 설치 및 채수방식은 8.12.5 수질계측(P)을 참조한다.

2.에 대하여 ; 배수유량제어의 목적은 배수구역내에 수량을 적정하게 배분하고 압력을 균등하게 하는 것으로 특히 압력관리는 야간 등에 있어서의 필요이상으로 높은 압력으로 인한 배수

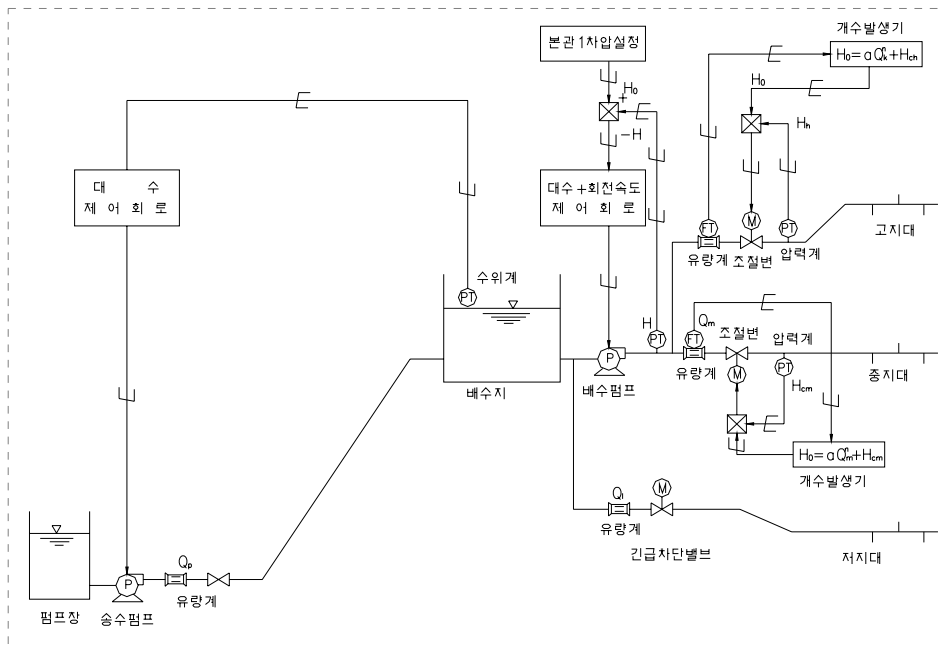
관의 파열이나 누수를 방지하고 또는 저압력에 의한 출수불량지역을 해소하는 것을 목적으로 한다.

한편, 수요량에 맞추어서 원활하게 배수하기 위하여 배수구역에 있어서 수요량의 시간적 변동을 정확하게 파악하고 배수지에 필요수량을 송수하는 등 송수유량제어와 관련하여 섬세하고 치밀하게 배수지를 운용할 필요가 있다.

<그림-8.14.21>은 송·배수시설 제어의 예이다. 저지구의 배수는 자연유하식으로 특별히 제어하지 않고 배수하며 배수관의 파열 등 이상시에 사고과급방지용으로 긴급차단밸브를 설치하고 있다.

고지구 및 중지구에의 배수는 펌프가압방식으로 같은 계통에 대해서는 동일양정의 펌프가 사용되고 제어목표는 펌프토출압력 일정제어 또는 말단압력 일정제어가 행해지며 제어방식은 펌프대수제어 또는 회전속도제어가 일반적이다.

또 배수지의 월류 방지를 위한 유입밸브조작 및 관내부압대책 등 안전 대책을 계측제어 기기에 의해 제어하는 것도 있다.



<그림-8.14.21> 송·배수시설 계측제어의 예

3.에 대하여 ; 배수시설은 원거리거리에 있는 경우가 많으며 배수지, 배수탑 및 고가탱크를 포함한 배수시설은 무인화설비로 되는 경향에 있다(8.9.2 시설의 무인화(P) 참조). 배수지나 배수탑 등의 상호연계를 강화하고 또한 시설을 안전하게 관리하고 경제적으로 운용하기 위해서 계측신호를 정수장 또는 송·배수시설의 중앙조정실에 전송하는 것이 바람직하다.

전송방식은 전송거리, 전송항목 및 전송설비의 설치비 등을 고려하여 결정한다. 비교적 근거리인 경우에는 직접전송방식이, 그 밖의 경우에는 통신회선 또는 무선회선을 이용하는 전송방식이 사용된다. 전송로의 설치에 대해서는 8.13.4 전송설비(P)를 참조한다.

8.14.20 펌프설비

펌프설비의 계측제어는 다음 각 항에 의한다.

1. 펌프설비의 운전 및 감시와 제어에 적합한 수위계, 압력계 및 유량계를 설치하고, 필요에 따라 회전속도계를 설치한다.
2. 펌프의 조작방식은 펌프의 용도, 설비규모 및 기동빈도 등에 의해 결정한다.
3. 펌프의 제어방식은 펌프의 제어목적에 적합하고 또 운전의 안전성, 확실성 및 경제성에 적합한 것이라야 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 펌프설비에 관계되는 계측기로는 펌프흡수정의 수위계, 펌프토출압력계, 본관 압력계, 회전속도계 및 유량계 등이 있다.

펌프흡수정에는 수위계를 설치하고 수위의 상·하한경보를 할 수 있도록 한다.

펌프의 운전상태를 감시하고 규정양정을 확인하기 위해서 흡입압력계 및 토출압력계를 설치하며 필요에 따라 중앙조정실 등에 경보를 표시한다. 특히 복수대의 펌프설비에 있어서 집합관(본관)으로 유량 제어하는 경우, 제어밸브까지의 본관 1차압력계와 제어밸브하류의 본관 2차압력계를 설치하는 것이 바람직하다.

유량계측에 대해서는 **8.12.2 유량계측(P)**을 참조한다.

2.에 대하여 ; 펌프조작방식에는 단독운전, 연동운전 및 자동운전이 있다.

(1) 단독운전

펌프 및 그 보조기기의 운전을 각각 조작스위치에 의해 단독으로 운전하고 보조기기 및 펌프의 기동과 정지, 밸브를 개폐하는 방식.

(2) 연동운전

펌프의 기동·정지만을 오퍼레이터가 조작하는 방식으로 기동 또는 정지의 조작 후에는 보조기계, 펌프, 밸브의 일련의 작동이 자동적으로 이루어지는 방식.

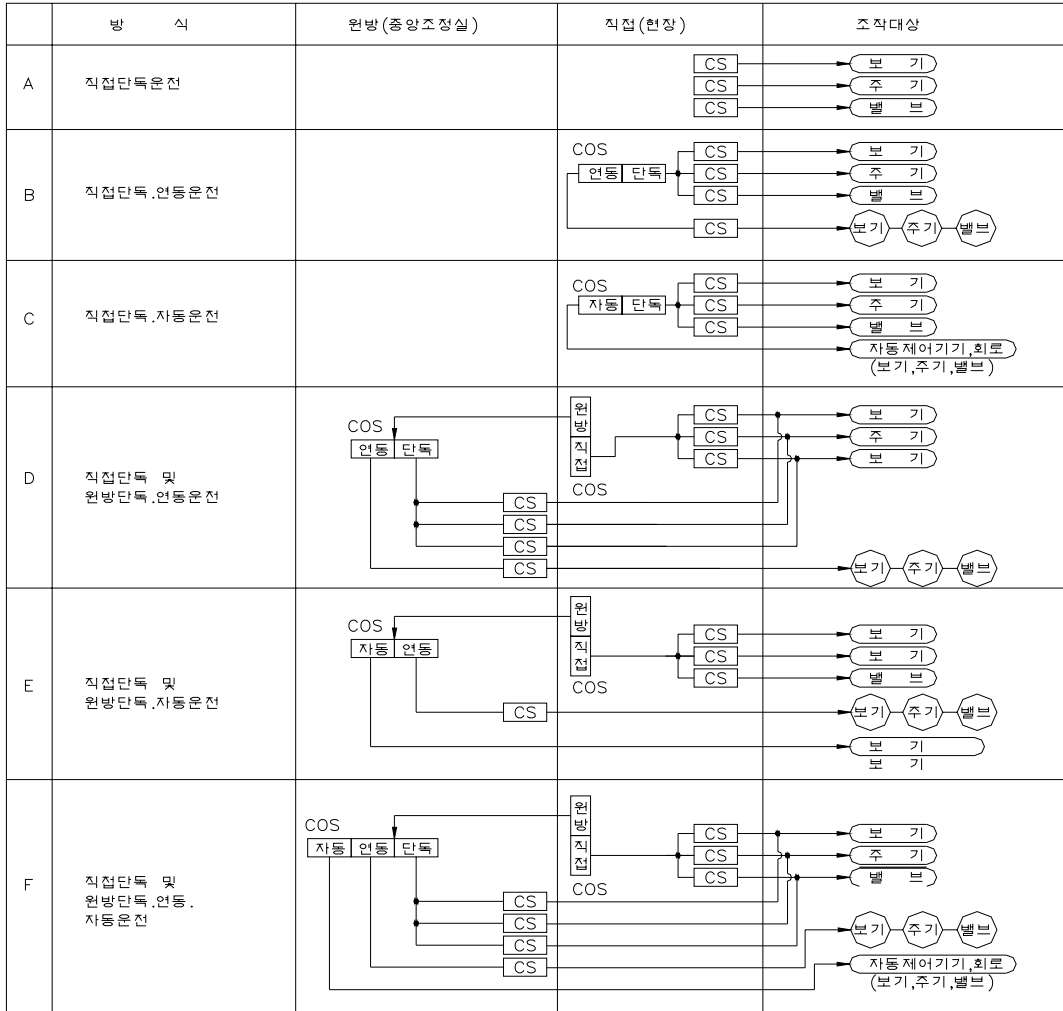
(3) 자동운전

배수지 등의 수위, 송·배수관의 압력, 송·배수량 등 제어대상으로부터의 신호에 의하여 자동적으로 운전되는 방식으로 오퍼레이터는 개입하지 않는다. 이 경우 「원격-직접」의 전환스위치는 현장측에 설치한다.

조작방식의 검토에서는 펌프의 용도, 기동빈도, 보수인원 및 설비비 등을 고려한다. 펌프의 조작방식은 중앙조정실에서의 감시 및 제어에 의한 1인제어가 많이 채용되고 있다. 또 조작이 용이하고 신속하며 또한 확실하고 오조작의 염려가 없고 작업시간과 작업노력을 절약할 수 있는 것 등으로부터 1인제어에 자동제어를 가미한 것이 널리 사용되고 있다.

<그림-8.14.22>에 펌프조작방식을 보이지만, 양수펌프, 세척펌프 및 배수펌프 등은 이 그림의 C방식이, 또한 대용량의 취수, 송수 및 배수펌프 등은 이 그림의 D, E, F 방식이 많이 사용된다.

3.에 대하여 ; 펌프제어의 목적은 수요량의 변동에 따라 필요한 압력과 수량을 확보하는 것이며 제어목표 별로는 압력제어, 수위제어 및 유량제어 등이 있으나, 어느 것이나 유량을 제어하는 것으로 귀착된다.



보기: 진공펌프, 윤활유펌프 등
주기: 전동기

CS: 조작스위치
COS: 절환스위치

<그림-8.14.22> 펌프조작방식 예

<표-8.14.2> 펌프의 목표별제어의 일례를 보인 것이다.

펌프제어방식에는 대수제어, 밸브개도제어 및 회전속도제어가 있으며 이들 중에 어느 한 가지 방식을 쓰거나, 또는 이들을 병용함으로써 펌프제어가 이루어진다. 제어방식을 결정할 때에는 펌프의 크기, 관로특성 및 펌프성능을 고려하고 제어의 안정성, 확실성, 운전효율이 높고 보수의 용이도 등을 충분히 고려하여 선정한다.

펌프제어방식의 적용 목표와 각각의 특징을 <표-8.14.3>에 보이지만, 배수지 등이 있는 계통에는 펌프대수제어가, 유량의 변동범위가 작은 계통에는 밸브개도제어가, 또한 유량의 변동범위가 큰 경우에는 회전속도제어가 사용되는 예가 많다.

<표-8.14.2> 펌프제어 목표별 제어방식의 예

	적 용 예	제 어 내 용	제 어 예	
			회전속도제어	대수제어+밸브개도제어
압력제어	토출압일정제어 - 저수조까지의 관로손실이 비교적 작은 경우. - 저수조에서의 압력변동이 문제로 되지 않은 경우. - 수요수량이 작고, 변동도 적은 경우.	$H_0 - H = 0$ H_0 =설정치 H =측정치 H_0 와 H 를 비교하고 그 차가 0이 되도록 제어대상을 조절한다.		
	말단압일정제어 - 관로손실이 큰 경우. - 수요수량의 변동이 큰 경우.	$H_0 = aQ^n + b$ a =계수 Q =수량 b =말단회망압 유량에 의한 관로손실을 연산하고 목표말단압과 펌프토출압에 의해 제어대상을 조절한다.		
수위제어	수위일정제어 저수량이 큰 배수지가 있는 경우.	$L_0 - L = 0$ L_0 =설정치 L =측정치 L_0 와 L 를 비교하고 그 차가 0이 되도록 제어대상을 조절한다.		
	배수유량캐스케이드제어 배수지 등의 용량이 크고, 수위의 변동폭을 작게 하고 싶은 경우.	배수지 등의 수위와 배수량 또는 수위변화율에 의해 제어대상을 조절한다.		
유량제어	토출유량일정제어 - 수요수량의 변동이 적은 경우. - 수요수량에 대하여, 큰 용량의 배수지가 있는 경우.	$Q_0 - Q = 0$ Q_0 =설정치 Q =측정치 Q_0 와 Q 를 비교하고 그 차가 0이 되도록 제어대상을 조절한다.		

<표-8.14.3> 펌프 제어방식의 비교

제어방식	그 림	설 명	적 용 계	장 점	단 점
대수제어		- 유량에 따라 대수를 제어 $Q < Q_1$ 1대 $Q_1 < Q < Q_2$ 2대 $Q > Q_2$ 3대	- 토출압력의 변동비율이 크게 허용되는 계. - 실양정에 비하여 관로손실이 적고 저수지가 있는 관로계.	- 제어가 비교적 간단하다. - 대수분할에 의해 위험을 분산할 수 있다.	- 압력의 변화폭이 크다. (사선부분이 압력변동) - 단계적인 특성변경에 한정.
밸브개도제어		- 압력, 유량을 검출하여, 밸브개도에 의해 제어 - 사선부분은 밸브에서 손실을 나타낸다.	- 실양정에 비교하여 관로손실이 적은 계. - 소형·중형 펌프가 일반적인 토출량의 제어방법이다.	- 제어가 간단하다. - 설비비가 작다.	- 효율이 나쁘다. - 운전비용 고가. - 소음이 생긴다. - 밸브하류 측의 압력이 낮은 경우에는 캐비테이션이 우려된다.
회전속도제어		유량이 $Q_1 \rightarrow Q_2$의 변화에 대하여 회전속도를 $N_1 \rightarrow N_2$로 하면 압력일정제어로 된다.	- 실양정에 비해 관로손실이 큰 계에 적용한다. - 유량변동이 큰 연속 운전의 경우.	- 미세제어를 용이하게 할 수 있다. - 효율이 좋고 운전비용이 저렴(다만, 반환전력이 있는 경우).	- 설비비가 비싸다. - 유지관리에 고도의 기술을 요한다.

8.15 컴퓨터

8.15.1 총칙

컴퓨터에는 산업용계산기 외에 컨트롤러계^{주1)}, 감시제어계^{주2)} 및 정보처리계^{주3)}가 있다. 수도시설의 컴퓨터에 의한 계측제어에 있어서도 이들 각 계 컴퓨터가 목적에 따라 단독으로, 또는 조합되어 사용되고 있다.

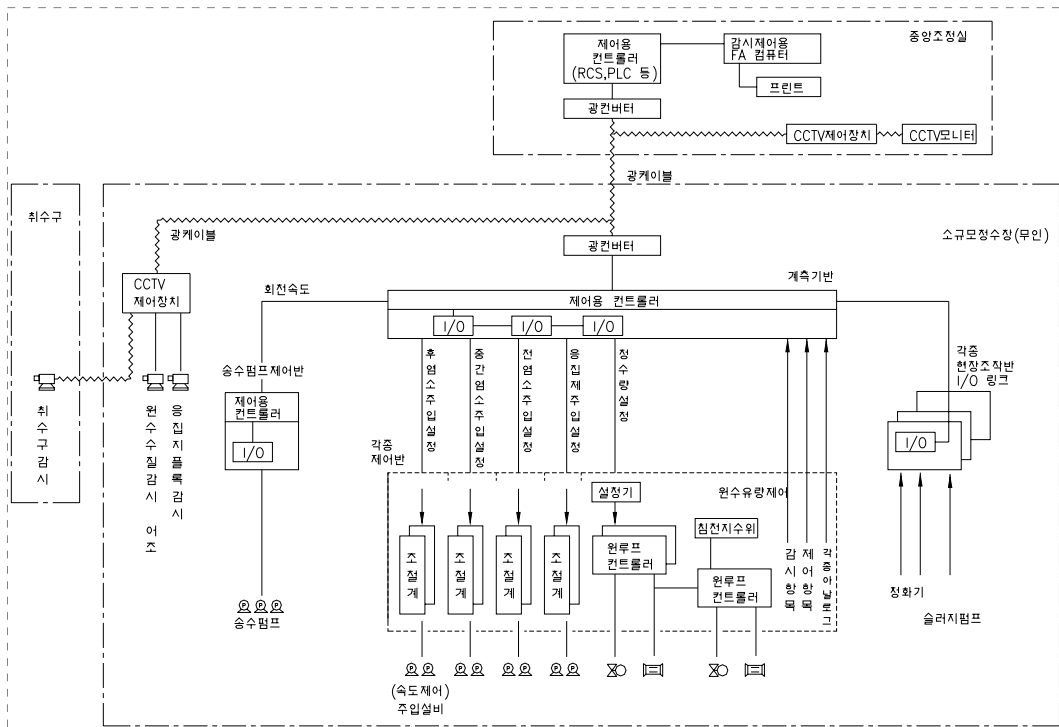
<그림-8.15.1>은 소규모의 정수장 계측제어를 컨트롤러계의 장치로 시스템을 구성한 예이다.

또 <그림-8.15.2>은 중규모의 정수장에서의 계측제어 예로 제어계측치와 간단한 정보 LAN을 조합한 것이다.

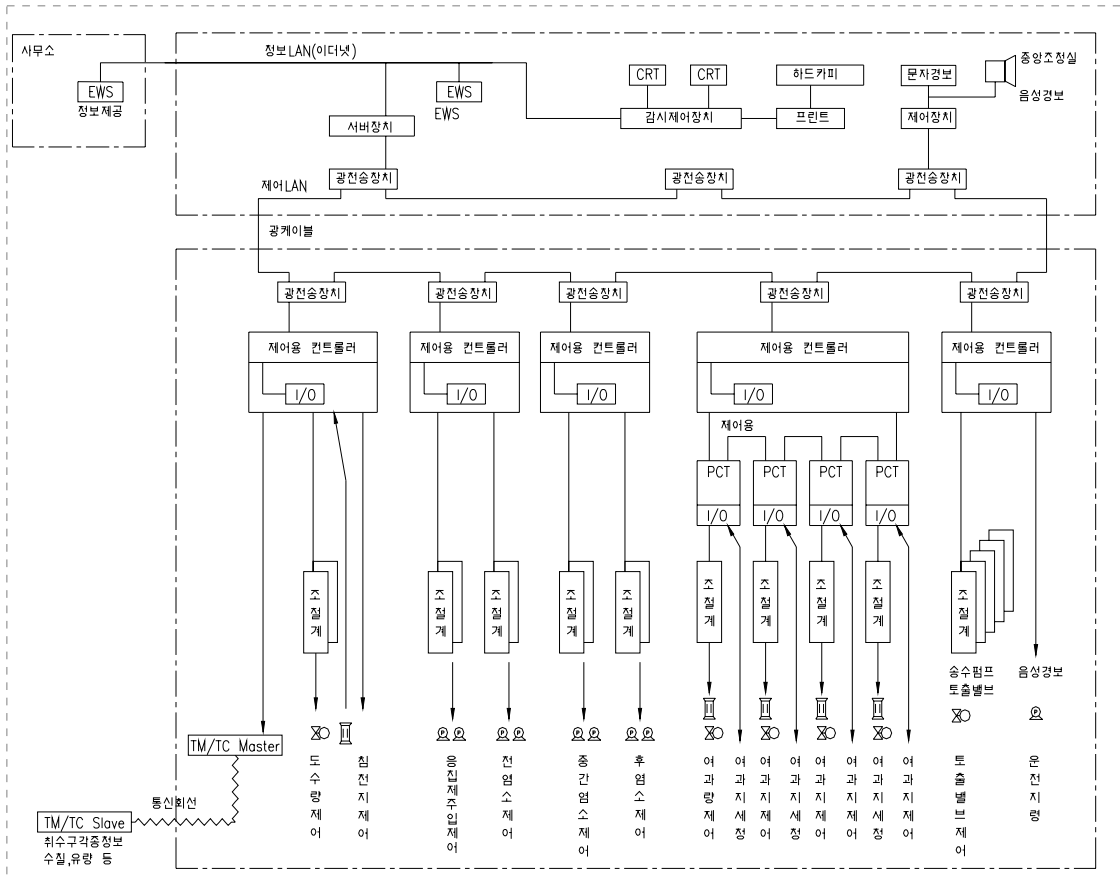
컴퓨터는 시설을 운전관리하는 곳뿐만 아니라 보전관리하는 분야에도 쓰이고 있다. 더욱이 보전관리 부문을 운전관리와 통합시킨 시스템도 도입되고 있다.

컴퓨터를 도입하는 경우에는 다음 사항에 대해 유의해야 한다.

1) 컴퓨터를 도입하는 경우에는 어떤 업무를 어떤 목적으로 또 어떤 효과를 기대할 것인가, 비용대 효과를 포함하여 검토한다. 또 실시 스케줄 등을 명확하게 해두는 것이 중요하다.



<그림-8.15.1> 소규모정수장 계측제어 예



<그림-8.15.2> 중규모정수장 계측제어 예

2) 컴퓨터 시스템을 시설운전에 도입하는 경우에는 운전정보, 제어정보가 집중적으로 취급되므로 그 고장은 시설운전에 중대한 지장을 가져오기 때문에 부대설비를 포함해서 시스템의 안전대책을 검토한다.

3) 컴퓨터시스템의 교체를 원활히 실시할 수 있도록 계획단계에서 대책을 강구하는 것이 바람직하다.

주1 : 컨트롤러계

- 소형의 시퀀스 등을 가리키며, 프로그래머블로직컨트롤러(programmable logic controller)일반.

주2 : 감시제어계

- 제어용 네트워크 및 감시제어서버, 각종휴먼인터페이스(감시제어 EWS, CRT모니터 등) 및 산업용계산기 등.

주3 : 정보처리계

- 감시제어계와의 구분은 곤란하지만, OA계를 주체로 하는 정보처리분야의 제품으로 범용 네트워크프로토콜(TCP/IP 등) 기타 오픈화된 EWS, PC 등.

8.15.2 시스템계획

시스템계획은 다음 각 항에 의한다.

1. 입출력항목을 정리하고 수도시설의 구성·관리의 형태에 알맞은 컴퓨터 시스템을 검토한다.
2. 컴퓨터 시스템의 안전성에 대한 대책을 사전에 검토한다.
3. 시스템의 증설·변경 등의 대책 및 교체대책에 대하여 사전에 검토한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 계측항목, 감시항목, 제어항목을 계통별(정수장을 대상으로 하는 경우이면 수처리계통, 송배수를 대상으로 하는 경우이면 물 수송계통)로 정리하고 컴퓨터의 입출력관계를 명확히 한다. 이것들의 정보 및 상정하고 있는 관리체제로부터 컴퓨터 시스템 및 부대되는 각종 설비를 계획한다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템의 안전성을 위협하는 요인으로는 자연재해 등 외부적인 요인과 시스템 구성요소의 장애 등 내부적인 요인이 있으며 자연재해에 대해서는 내진성의 강화나 방화대책 등을 고려해야 한다. 이러한 외부적인 요인에 대한 대책과 함께 시스템자체에 기인하는 안전대책도 시스템의 기본계획을 하는 데에 있어서 중요하다.

시스템자체의 안전대책으로서는 컴퓨터 시스템을 계획하는 시점과 유지관리 시점에서의 대책이 있다.

1) 시스템 계획시점에서의 대책

(1) 고신뢰 설계

사용하는 기기의 신뢰성에 따라 전체의 신뢰성이 좌우되기 때문에 신뢰성이 높은 기기를 사용한다. 또 시스템이 복잡화하면 할수록 시스템전체의 신뢰성이 낮아지므로 가능한 한 단순한 시스템으로 하는 것이 중요하다.

또 시스템 전환부의 신뢰성은 특히 중요하므로 높게 해야 한다.

(2) 보전을 고려한 설계

수도시설계통 구분과 컴퓨터 시스템의 구분을 잘 맞추어서 수도시설의 기능을 정지시키지 않고 컴퓨터를 보전할 수 있도록 배려한다.

(3) 이중화방식

컴퓨터를 이중화하고 한쪽 계가 고장나더라도 시스템전체에서 보면 운전이 지장을 주지 않은 방식이다. 컴퓨터 시스템의 이중화구성에는 일반적으로 듀얼(dual)방식과 듀플렉스(duplex)방식이 있다.

이중화에는 데이터의 상호확인에 대하여 유의한다.

(4) 기능분산방식(load distribution system)

컴퓨터 한대에 처리가 집중되면 고장에 의한 영향이 크기 때문에 기능을 분산하여 1대당의 처리범위를 작게 하여 컴퓨터 고장에 의한 영향범위를 작게 한정하는 방식이다. 기능의 분산방법에는 수평분산방식과 수직분산방식의 2가지 방법이 있다.

(5) 자동안전(fail-safe)방식

이 방식은 만일 설비가 고장난 경우, 시스템이 안전 측으로 작용하는 방식이다. 자동안전은

소프트웨어에도 하드웨어에도 적용되며 플랜트의 안전성 확보에 중요한 사고방식이다.

또 휴먼에러(human error)의 미연방지로서 fool-proof, 제어지령의 2거동화 등도 계획할 때부터 배려하는 것이 바람직하다.

2) 유지관리상의 대책

유지관리에는 정기적으로 시스템을 점검하거나 부품을 교환하는 예방보전과, 장애발생시의 사후보전이 있다. 통상 컴퓨터 시스템에서는 예방보전을 중시하고 있으므로 계획단계에서의 대책이 크게 영향을 준다. 계획단계에서 보수점검이 용이하게 해야 한다. 또 장애부를 적절하게 분리할 수 있는 대책을 사전에 검토한다.

3.에 대하여 ;

1) 증설 · 개량 등의 대책

수도시설의 증설 · 개량이나 관리형태, 제어내용 등의 변경에 따라 컴퓨터 시스템의 소프트웨어 · 하드웨어를 변경하는 것이 많다. 이들 증설 · 개량 등에 용이하게 대처할 수 있도록 시스템 구성을 계획하는 것이 필요하다.

2) 교체대책

소규모 또는 처리내용이 그리 복잡하지 않은 시스템은 기존 시스템가동 중에 별도의 시스템을 새로이 건설하고 이 새로운 시스템이 가동된 후 일제히 신시스템으로 이행하는 것도 생각된다. 일반적으로 시스템 교체는 기존 시스템을 포함한 신시스템을 구축하여 현 시스템과 신시스템의 병행운전을 계획해야 한다. 이러한 장래의 교체에 따른 대책은 컴퓨터 담당이외의 부문, 예컨대 토목 · 건축 · 전기 · 기계부문과 사전에 조정한다.

8.15.3 시스템설계

시스템설계는 다음 각 항에 의한다.

1. 시스템을 설계할 때에는 컴퓨터화의 목적과 효과를 미리 명확하게 해야 하며 대상업무를 면밀히 분석한다.
2. 체크시스템과 예외처리에 충분히 주의하여 상세설계를 한다.
3. 컴퓨터 시스템이 가동되도록 충분한 체크와 시험 · 조정을 한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 컴퓨터를 도입하는 경우, 단지 막연한 효과를 기대하였다면 충분한 성과를 올리지 못한다. 컴퓨터도입의 목적이나 효과를 가능한 한 구체화해 놓는 것이 필요하다.

또 사업체 전체에 관련되는 데이터를 집중관리하는 시스템에 대해서는 관련부문에 데이터를 제공할 수 있도록 계획하는 경우가 있다.

2.에 대하여 ; 인간이 정보처리를 하는 경우, 무의식중에 여러 가지의 실수를 체크하지만, 기계화된 정보처리에서는 의식적으로 미리 처리과정에 체크시스템을 넣어두지 않으면, 오류가 발견되지 않은 채로 출력할 수 있게 될 우려가 있다. 그 때문에 가능한 한 체크시스템을 반드시 조합하여 넣도록 시스템설계를 해야 한다.

또 컴퓨터 시스템이 텔레미터시스템과 접속되는 경우, 텔레미터장치 또는 공업계기를 유사입력에 의해서 점검하는 것이 있다. 이 때문에 미리 대책을 하는 것이 바람직하다.

3.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템의 테스트는 프로그램단체(單體)로 하는 것과 시스템전체(全體)로 하는 것이 있으며 일반적으로는 테스트데이터를 입력하여 한다.

시스템전체로 하는 경우의 테스트데이터는 시스템이 다수의 프로그램으로 이루어져 있기 때문에 프로그래머는 시스템전체를 파악할 수 없는 경우가 있기 때문에 테스트 데이터의 작성에는 시스템설계자의 관여가 필요하다.

컴퓨터 시스템의 소프트웨어는 상당히 복잡하기 때문에 초기고장 발생이 예상된다. 따라서 새로운 시스템이 안정되기까지의 기간이나 고장에 대비한 체제 등의 강화가 필요하다.

8.15.4 하드웨어

하드웨어의 선정은 다음 각 항에 의한다.

1. 중앙처리장치 및 주변기기는 각 기기의 특성을 조사하여 업무처리에 알맞은 기종을 선정해야 한다.
2. 컴퓨터를 설치하는 경우에는 설치환경에 충분히 유의해야 한다.

【해설】

중앙처리장치 및 주변기기 등의 컴퓨터 사용기종을 선정할 때에는 목적으로 하는 업무를 처리할 수 있는 능력을 가진 기종을 선정한다. 또 경제성을 고려하여 오픈화에의 대응, 높은 신뢰성·보수성 및 당직근무자(operator)에 대하여 보다 좋은 휴먼·인터페이스에도 배려해야 한다.

1.에 대하여 ;

1) 컴퓨터 시스템의 업무처리능력은 중앙처리속도와 메모리용량 등에 크게 관계되지만, 시스템적으로는 네트워크화, 분산화에 의한 부하분산·기능분산의 정도에도 관계된다. 이 때문에 제어용 네트워크 등을 포함한 종합시스템으로 처리능력을 고려할 필요가 있다. 그리고 당해 컴퓨터 시스템에 이를 때까지 전처리, 예컨대, 텔레미터시스템이 있으면 그 단계에서의 처리에 요하는 시간도 포함하여 검토를 요하는 것도 있다.

2) 대규모인 시스템에 대해서는 계획 시점에서 모든 처리가 필요한 응답(response)을 확보할 수 있는가의 여부판단은 어렵고 또 컴퓨터처리는 당초의 계획이 궤도에 오르면, 당초에 계획하지 않고 있던 업무도 컴퓨터처리하는 경우가 많다. 이 때문에 당초 계획에 약간 여유를 갖는 처리능력의 것을 선정해 놓거나, 기능증강이 용이하게 할 수 있는 시스템으로 하는 것이 바람직하다.

3) 중앙처리장치를 이중화하여 신뢰성을 향상시키는 경우에는 데이터의 상호체크를 고려하는 것이 바람직하다. 적어도 각종 설정치는 자동적으로 쌍방에서 데이터를 동일화하는 것으로 한다.

4) 휴먼·인터페이스에 대해서는 규모·내용에 의하지만, 기본적으로는 감시제어와 운용지원 시스템이 모두 당직근무자(operator)에게 사용하기 쉽고 작업효율의 향상·휴먼에러의 미연방지 대책 등이 이루어지는 것이 요구되고 있다. 이 때문에 소프트웨어와 동시에 응용인간공학적인 관점에서 각종 검토를 하는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터는 양호한 설치환경에 설치해야 하며 안전대책에도 충분히 유의해야 한다. 주된 설치상의 유의사항은 다음과 같다.

또 컨트롤러계의 컴퓨터에 대해서는 감시제어계에 비하여 어느 정도 가혹한 환경에 견디지

만, 신뢰성의 관점에서 감시제어계의 제품에 준한 조치를 취하는 것이 바람직하다.

- ① 먼지, 부식성가스 등이 적은 장소일 것.
- ② 진동, 전계(電界) 및 자계(磁界)의 영향이 적은 장소일 것.
- ③ 물사용기기의 직하부를 피할 것. 또 컴퓨터실의 건축재료는 불연재료를 사용해야 하며 소화설비를 설치할 것.
- ④ 지진에 의한 전도나 이동을 방지하도록 배려하여 설치할 것. 특히 프리엑세스플로어(free access floor)인 경우에는 건물 본체에 직접 고정시킬 것.
- ⑤ 컴퓨터설비는 케이블이 다수 집중되기 때문에 케이블덕트를 분할하는 등으로 하여 케이블의 연소방지조치를 강구해 놓을 것.
- ⑥ 컴퓨터 전원은 양질의 전원을 공급하기 위한 UPS(CVCF)를 설치하는 것이 바람직하다.
- ⑦ 범용컴퓨터를 위한 전자계산기실은 입실관리를 엄격히 할 수 있는 구조인 것이 바람직하다.
- ⑧ 컴퓨터실은 일정온도, 일정습도를 유지하기 위하여 항온항습기를 설치하는 것이 바람직하다.

8.15.5 소프트웨어

소프트웨어(program)는 다음 각 항에 의한 것으로 한다.

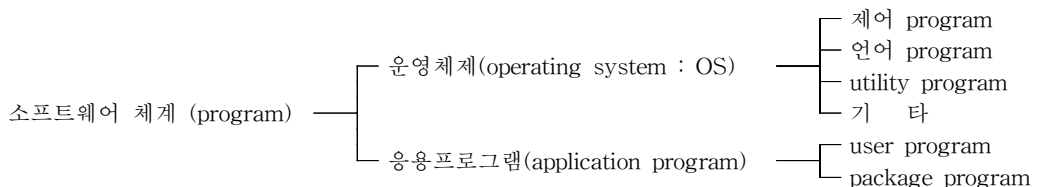
1. 운영체제(OS)는 가능한 한 개방성이고 실시간(real time)성이 있는 것이 바람직하다.
2. 소프트웨어는 알기 쉽고 간결하게 하는 것으로 그 내용이나 기능을 명기한 문서를 정리해야 한다.
3. 업무처리의 변경이나 피제어계시설의 개조 등에 유연하게 대처할 수 있도록 한다.
4. 프로세스 데이터를 축적자산으로 활용하기 위해 정보처리영역에서도 활용할 수 있도록 검토하는 것이 바람직하다.
5. 데이터나 프로그램의 보관은 상실이나 도난 등에 대비하여 백업을 하여 보관해야 한다.

【해설】

소프트웨어는 기계 자체, 즉 하드웨어에 대응하는 말로서 여러 가지 정의가 있지만 넓은 정의에는 컴퓨터의 사용에 필요한 온갖 지식기술을 가리킨다. 또 좁은 정의에는 컴퓨터를 동작시키기 위해 동작순서, 즉 프로그램을 말하는 경우도 있다. 일반적으로 프로그램과 시스템 기술을 총칭한 경우가 많다. 시스템 기술에 대해서는 전술하였기 때문에 여기에서는 좁은 의미의 정의에 따라서 소프트웨어는 프로그램을 가리킨다.

소프트웨어는 <표-8.15.1>에 표시한 것처럼 운영체제(operating system : OS)와 응용프로그램(application program)으로 구성되어 있다.

<표-8.15.1> 소프트웨어 체계



1) 운영체제(operating system : OS)

OS는 컴퓨터 본체 및 주변기기를 유효하게 관리하고 컴퓨터를 사용하기 쉽게 하기 위한 프로그램이며 그 기능은 하드웨어의 관리, 프로그래밍의 작업시간과 노력의 절감, 데이터의 안전 대책 등 다방면에 걸쳐있다.

2) 응용프로그램(application program)

응용프로그램은 이용자 자신의 문제해결을 위해 개발한 프로그램이다. 정수장의 감시제어를 위한 프로그램과 재고관리, 급여계산 등의 프로그램이 여기에 해당된다.

1.에 대하여 ; 운영체제(OS)는 컨트롤러계에서는 하드웨어 독자의 것도 적지 않다. 감시제어계에서는 오픈성, 실시간성이 있는 표준OS를 채용하는 것이 바람직하다. 이에 따라 플랜트데이터를 정보처리영역에서도 활용할 수 있으며 또 이기종(異機種)간에도 비교적 용이하게 접속할 수 있다.

2.에 대하여 ; 프로그램은 컴퓨터의 동작 순서를 쫓아서 기술한 것으로 제작자 이외에는 간단한 이해가 있어야 하지만 가능한 한 모듈화하여 이해하기 쉽게 해야 한다. 또 프로그램의 입출력 조건과 처리내용 또는 취급방법을 문서로 하여 알기 쉽게 하는 것이 필요하다. 이것에 의해서 유지보수를 용이하게 할 수 있다.

3.에 대하여 ; 컴퓨터 시스템은 대상업무의 변경에는 소프트웨어를 변경함으로써 대처할 수 있다. 그러나 소프트웨어의 변경은 전문가가 아니면 변경이 곤란한 경우가 많고 특히 대규모의 시스템이 되면 전문가라도 용이하게 변경을 할 수 없는 경우도 있다.

한편, 컴퓨터 시스템은 일상적으로 업무처리의 변경을 강제로 시켜지는 것이 많기 때문에 이러한 변경에 대해서 유연하게 대처 가능할 수 있도록 작성하여 놓는 것이 중요하다. 그것을 위해서는 프로그램을 모듈화 또는 단순화하여 놓는 것 이외에 입출력 데이터나 연산식에 명칭을 붙이고 이것을 분류·정리하여 테이블화해 두면, 입출력 데이터나 연산식의 변경에 대해서 테이블 변경만으로 대처가능할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

또 모니터표시화면이나 인쇄서식은 종종 추가변경이 필요하게 되기 때문에 이들의 변경을 용이하게 할 수 있는 소프트웨어(tool)도 준비해 둔다.

4.에 대하여 ; 프로세스 데이터를 감시제어부분뿐 아니라 사업체 공유의 자산으로 파악하고 정보처리영역에서도 활용할 수 있도록 검토하는 것이 바람직하다. 이것에 의해 범용소프트웨어에 의한 장표작성이나 데이터해석 등의 업무에 비교적 용이하게 대처할 수 있다.

5.에 대하여 ; 프로그램이나 중요한 데이터는 백업을 갖고 별도로 보관해 놓는 것이 필요하다. 또 화재나 침수와 같은 재해나 도난 또는 데이터의 인위적인 바꿈 등에 대해서도 충분히 대처하는 것이 바람직하다.

8.15.6 응용시스템

응용시스템을 개발할 때에는 대상업무에 관한 충분한 지식에 기초를 두고 상세하게 업무를 분석한 다음 계획해야 한다.

【해설】

컴퓨터는 정수장의 운전제어 등 이외에 그 고도의 정보처리기능을 살리고 수운용시스템이나

데이터베이스시스템 등 여러 가지 응용 시스템으로서 이용되고 있다.

응용시스템의 개발도 **8.15.3 시스템설계(P)**에 보인 시스템설계의 순서에 따라 계획되지만, 응용 시스템의 개발은 특히 대상업무에 관한 자세한 지식이 필요하다.

수도사업에서의 응용시스템의 대표적인 예를 참고로 보이고 있다.

[참고-8.15.1] 응용시스템의 예

1) 수운용시스템

수운용시스템은 원수운용과 송수운용 및 배수운용(긴급차단밸브시스템을 포함한 경우가 있다.)의 세부분으로 이루어지며 이들 전부 또는 일부를 행하는 것이다. 수운용시스템은 수원시설, 취수시설, 정수시설, 송·배수시설 등의 정보나 수요예측데이터에 따라 적절하게 수량을 배분하기 위해서 시설을 종합적으로 운용관리하는 것을 목적으로 하고 있다.

수운용시스템은 수집된 정보를 처리하기 위한 컴퓨터시스템과 원격에 있는 시설과 정보를 주고받기 위한 데이터전송설비로 구성되어 있다.

수운용시스템의 주된 특징은 다음과 같다.

① 운전관리를 지원하기 위해서 수요예측, 배수(配水)시물레이션, 하천의 유출예측 등 고도의 연산처리가 요구된다.

② 광역정보를 취급하는 것으로 데이터전송설비가 보다 중요한 역할을 담당한다.

이와 같은 특징을 갖는 수운용시스템을 계획할 때에 주된 유의사항은 다음과 같다.

(1) 시설의 특징이나 시스템의 목적을 명확하게 하고, 효과적인 시스템구축을 한다.

수운용시스템은 원수운용으로부터 배수운용까지 광범위하게 걸쳐 있으므로, 어떤 부분의 운용을 목적으로 한 시스템구축이 효과적인가를 검토한다. 또 같은 부분의 운용이라도 목적에 따라 여러 가지 형태가 있다. 예컨대, 배수운용을 예로 들면, 배수관망 중의 밸브제어를 주목적으로 하는 것도 있으며, 배수펌프의 운전제어를 주목적으로 하는 것도 있다. 또 사업체마다 시설구성이나 시설의 특성 또는 시설의 운용관리 형태가 다르기 때문에 시스템형태도 달라진다.

이와 같이 수운용시스템은 여러 가지 시스템형태를 갖는 것이지만, 계획시점에서 각 사업체의 시설구성이나 특성을 검토하고 가장 효과가 높고 더구나 운전관리의 방침 등에도 합치되는 시스템형태를 선정한다.

(2) 데이터의 연속성을 확보하기 위해서 시스템의 안전대책을 충분히 고려한다. 수운용시스템은 광역의 다수 시설로부터 많은 데이터를 모으기 때문에 시스템의 일부 고장 등에 의하여 데이터가 결손되기 쉽다. 그러나 데이터 결손은 통계처리나 예측작업에 지장을 가져오며 종종 시스템자체에 대한 신뢰감을 잃는 것으로 되기 때문에 가능한 한 데이터의 결손을 방지하고 데이터의 연속성을 확보하기 위해서 시스템의 여유용량을 높이는 등 안전대책이 필요하다.

2) 퍼지제어시스템

퍼지제어는 프로세스제어에 인간의 경험을 응용하는 것으로 원래 입력량을 엄밀한 수치로 확정되지 않고 따뜻한 맛을 갖는 양, 예를 들면, 「약간 크다」라든가 「아주 작다」라고 하는 입력에 대하여 따뜻한 크기의 제어량을 출력하며 그것에 따라 제어하는 것이다.

3) 전문가시스템

전문가시스템은 AI(인공지능)의 한 분야로 발전해 온 것으로 특정분야의 전문가(expert)의 지식을 정리하고 체계화하여 그 지식에 기초를 둔 추론을 컴퓨터가 행하게 하는 것이다. 일반적으로 전문가의 지식을 데이터베이스화한 지식베이스와 그 지식에 기초를 두고 추론하는 추론기구로 구성된다.

수도시설에서 전문가시스템의 응용분야로서 다음과 같은 것이 고려된다.

① 플랜트의 고장진단 시스템.

② 수운용시스템이나 정수장의 관리시스템 같은 감시나 제어항목이 많은 시스템의 운전관리지원 시스템.

③ 수질제어와 같이 제어에 영향을 주는 인자가 많고 더구나 인과관계가 명확하지 않은 제어.

4) 시설보전시스템

시설보전시스템은 수도시설·설비의 보전업무를 원활하게 하기 위한 지원시스템으로 설비대장관리·예비품관리·작업계획·점검기록관리·정비기록관리 등이 고려된다.

시스템의 구축에는 유지관리부문과 설계부문의 양쪽 부문에서 공통의 데이터를 취급할 수 있는 것이 중요하고, 패키지화된 시판시스템도 있으며, 이것을 기초로 개발하는 것도 유효한 수단이다.

8.15.7 컴퓨터의 교체

컴퓨터의 교체는 다음 각 항에 의한다.

1. 컴퓨터를 신설하는 단계에서 교체를 위한 준비를 미리 검토하는 것이 바람직하다.
2. 교체시기의 결정은 컴퓨터특유의 제약도 있으므로 그것들을 종합하여 판단한다.
3. 컴퓨터의 교체계획은 시설운전에 지장을 주지 않도록 충분히 주의하여 수립한다.

【해설】

1.에 대하여 ; 컴퓨터시스템의 교체는 현 시스템을 가동시키면서 새로운 시스템을 구축하기 때문에 새로운 시스템에의 원활한 이행이 곤란하여 지는 경우가 많다. 특히 중앙조정실, 정보전송장치실 및 무정전전원실 등에 대해서는 교체를 위한 공간확보가 중요하고 신설단계에서 장래의 시스템교체방법을 검토해 놓는 것이 바람직하다.

2.에 대하여 ; 컴퓨터시스템의 교체시기의 결정은 기본적으로는 다른 계측제어 설비의 교체와 마찬가지로다. 컴퓨터는 기술혁신이 심한 분야이기 때문에 노후화에 의한 교체 외에 구식화에 따라 교체하는 것도 많으므로 컴퓨터의 교체에는 특히 다음 점을 고려해야 한다.

교체계획 및 시공에 요하는 기간은 상당히 장기간으로 되는 것도 많으며 한편, 자금·요원의 면에서도 특별한 준비가 필요한 것이 많다. 이 때문에 다른 계측제어 설비에 비해서 보다 신중한 배려가 필요하다.

3.에 대하여 ; 컴퓨터시스템은 다른 컴퓨터나 계측제어 기기와 접속되어 있다. 교체에는 이들 기기와의 접속을 충분히 사전에 조사하여 기존시설의 운전에 영향을 주지 않도록 공사계획을 수립한다. 또 소프트웨어도 대폭 교체되는 경우가 많으며 신규로 작성한 소프트웨어나 개조를 가한 소프트웨어도 완전히 버그(bug)를 추방하는 것은 어렵고 가동을 개시하면서부터 사고가 발생하는 것이 많다. 이 때문에 교체의 초기에는 구 시스템과 병렬로 가동할 수 있도록 해놓는 것이 바람직하다.