

차압 콘트롤 밸런싱에 의한 에너지 절약

(ENERGY SAVING OF HVAC BALANCING SYSTEM WITH DIFFERENTIAL PRESSURE CONTROL)

한국 스파이렉스 사코(주) 부장 이상오 /기술사

1. 머릿말

우리 나라의 밸런싱 밸브 사용이 자동에 왜익숙해져 있었나? 지금까지의 대한 민국의 밸런스 밸브 기술속에서 , 역사는 과거에 대한 이해를 하고 현실을 또 인지하기를 원한다. 그리고 미래 경향에 대한 답을 또 바라고 있다...그 답에 대한 역사를 한번 추적해 보는 것이 정확한 시스템 이해에 도움이 될 듯 하다

2. 본론

2-1 . 본론

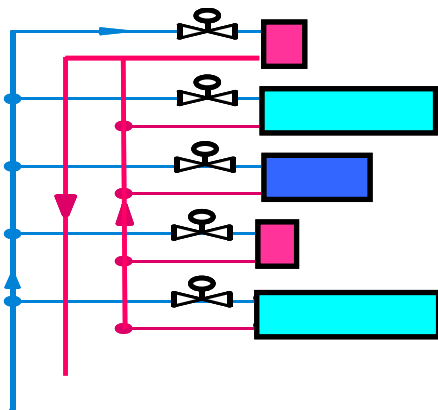


그림 1 리버스리턴밸런싱

밸런싱 밸브의 역사 : 처음 우리에게 인지된 유량 분배 밸런싱은 Reverse Return(역환수 방식) 으로 시작되었다. 즉 펌프로부터 각 Terminal unit 까지의 배관 거리를 공급과 환수사이에 거리를 조정함으로써 동일한 거리로 만들겠다는 의지이다. 이는 각각의 기기별 배관 마찰 손실을 동일하게 하겠다는 의도이다.

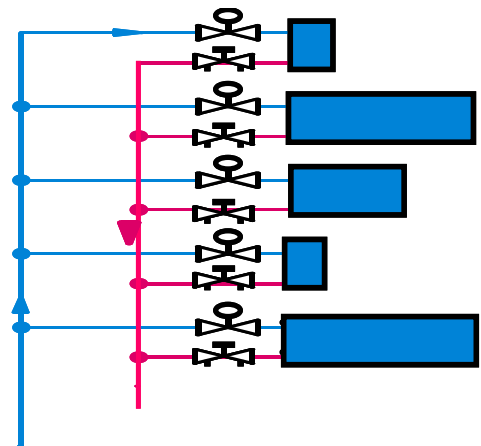


그림 2 밸런싱 밸브 밸런싱

그러나, 그 과정이 배관공사의 어려움, Shaft space, 초기 투자비, 각각의 2 차 사용 공조기기별 유량차이(실제 각각의 터미널 유닛의 용량이 다 달라 이로 인한 마찰 손실값이 동일하게 되어질 수 없다) 등 여러 면에서 불편하여 , 좀더 바람직한 방법, 조금 전 이야기 한 리버스 리턴의 단점을 극복할 바람직한 방법의 요구를 하게 되면서 약 20~30 년 전쯤 새로운 밸브가 소개된다. 소개된 밸런싱은 수동과 자동이 있었고, 수동은 수동대로, 자동은 자동대로 타당성을 가지고 적용이 되어 왔다. 이후, 수동이 가지는 단점이 인식이 되면서 자동으로의 기술에 더 많은 매력을 가지게 된다. 그럼 여기서의 수동밸런싱이란 쉽게 이해해본다면 “수도꼭지”와 같다고 생각 할 수 있다. 필요한 압력에 맞도록 개도율을 셋팅하면 그 차압의 유량이 흐르게 된다. 그럼 그 수동 밸런싱 밸브의 단점이란, 시스템의 압력변화에 대한 셋팅 유량 변화를

가지는 결과가 생긴다. 타존, 타 터미널 유닛의 운전특성에 따라 해당 터미널 유닛에서의 차압(압력차)이 변한다는 것이 시스템에서 받아들이기 힘들었다는 이야기이다. 압력이 시스템의 부분부하, 시간대별 사용특성, 사용 실별 부하 변화등의 여러가지 2차측의 운전특성의 변화와 맞물려, 이 유량 전달 능력이, 압력에 간섭을 받아 유량의 밸런싱에 영향을 준다는 것이다. 이 변화가 전체적인 시스템 운전 밸런스를 파괴한다는 것이다. 이는 향후 이 부분의 밸런싱에 대한 정답은 압력에 간섭을 많이 받는 수동을 외면하게 되고, 당연 압력에 간섭이 없는, 어떤 압력범위에서는 간섭이 없는 자동 유량 조절 밸브를 선호하게 되었다. 그래서 어느 정도의 차압의 변화는 이 자동밸런싱 밸브안의 기능에 포함된 능력으로, 수동에 대체되는 기술로 이해를 하기 시작 했다. 실제 자동의 기능에는 어떠한 차압변화, 어떠한 압력의 변화 안에서는 자동 밸런싱 밸브안의 스프링의 역할로 이 부분의 역할, 즉 차압변화를 수용할 능력을 가진다고 믿게 되었다. 실제 약 최소 3~40m 정도의 차압변화, 이 압력은 우리가 일반적으로 설계하는 순환펌프의 양정 범위안에 들어가니, 매우 안정적인 차압 독립 기능을 가진다고 이야기 할 수 있다. 그러한 인식의 세월이 최근 2~3 년전까지 한국의 유량 분배 밸런싱 시스템에서는 익숙하게 설계되고, 시공되어 왔다. 근데 최근의 또 다른 기술적인 발전의 개념이 등장하게 되었는데, 이는 자동 밸런싱에 대한 또 다른 단점에 대한 보완을 요청하는 기술로의 등장이다. 이 부분에 대한 새로운 기술에 대한 신제품이 바로 차압 콘트롤수동 밸런싱 밸브가 될수 있다. 그럼 자동은 어떤 제품인가를 한번 이해 해 보면, 자동 밸런싱은 다른 의미로 설명하면 **Auto flow limit (최대유량 제어)** 제품이란 것이다.

즉 최대 유량 제어 능력의 밸런스 제품이란 것이다. 그럼 실제 설계의 경우 대부분 peak load 상태(최대부하)의 설계를 진행하게 되고, 이에 맞는 2차측 공조기기 용량을 설계하고, 배관경을 가지고, 여기에 맞는 콘트롤 밸브(여기서는 우선 자동 2방

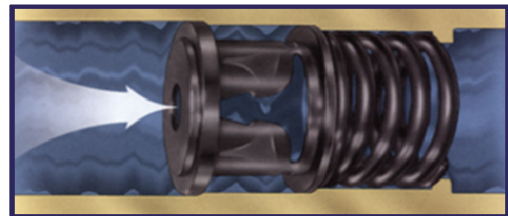
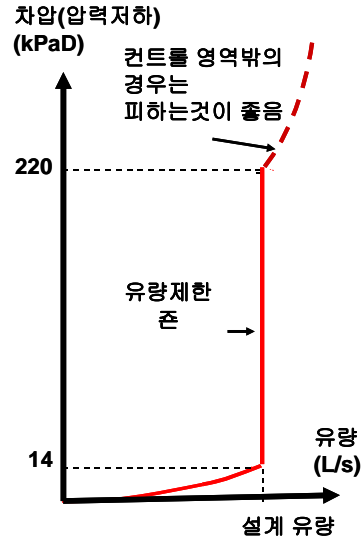


그림 3 최대 유량제어의 개념

온도 조절 콘트롤 밸브를 생각하면)를 선정하게 된다. 그 peak load 장비 선정의 타당성은 당연하나, 밸런싱 밸브를 생각해보면, 그 peak load 상태의 유량에 맞추어진 자동 밸런싱 밸브의 선정이 우리가 더 고민해야 할 숨어있는 단점이 있다는 것이다. 그것에 대한 어떤 조사에서 실제 운영되는 건물의 경우 Peak load 발생 경우의 비율이 실제 운전중에서는 20%이하이다 라는 조사가 있다. 즉 100%의 밸런싱 밸브의 크기에 비해, 대부분의 다른 경우는, 즉 80%의 경우는 부분부하상태 하에서 운전되는 성격의 부하 경우가 된다는 것이다. 이것의 의미는 조금전 우리가 신뢰하고, 인식해 오던 자동밸런싱 밸브의 limit flow 는 peak load의 유량 흐름에 한해서 유량 분배의 능력에 적합성을 찾을 수 있다는 이야기가 되고, 그 이외의 대부분의 경우 최대 부하가 아닌 부하 조건의 경우 그 자동 밸런싱 밸브만으로는 분배의 정확도를 이룩하지 못하거나, 최적화한 분배를 이루어 낼수 없다는 판단을 하게 된다. 즉 부분부하 상태에

서의 최대유량 제어 밸브의 특성은 아무런 역할이 없다는 것이다. 단지 셋팅된 유량 이상의 흐름이 발생하지 않도록 하여 과 유량의 흐름을 막는 역할을 한다는 정도로 이해 할 수 있다. 다시 잠깐 정리해보면, 펌프와 가까이 있는 최고 차압을 가진 공조장치는 필요유량이상을 공급 받을 수 있는 차압이 있으나, 자동 유량 밸런싱으로 이를 강제로 막고 있고(에너지를 과분하게 마찰 저항으로 소비하고 있었다는 이야기가 된다) ,그 결과 유량은 해당 기기에 공급이 되었지만...뭔가 과하다. 즉 압력을 적당하게 사용하는 것이 아니라 강제로 사용하여 줄여주는 역할이다. 또 원거리에 있는 밸런싱 밸브는 차압이 작으나, 증가된 펌프의 압력으로 유량을 공급하여 유량을 확보하는 것이다.. 이는 특별히 적절한 에너지에 대한 고려는 할 수 없는 상태가 지속된다는 것이다. 이 말은 이제껏 특별히 고민하지 않던 최적화 시스템 구축(유량과 양정,펌프의 동력등)에 대한 요구를 만들어 내는 시대가 된 것이다. 에너지 사용에 대한 최적화 구축의 필요성이 대두된다는 이야기이다. 이를 개선해야 할 것이라고 생각하는 아이디어가 필요 했고 , 실제 부분적으로 이를 우리는 불과 2~3 년전 부터 만나고는 있었다. 그럼 밸런싱 밸브가 필요한 경우 부분적인 부하에서, 즉 저유량의 필요 상황에서의 필요 저 유량만 공급하고, 또 여러대수의 각각의 유량 분배 밸런싱도 만족하여야 하고, 또 더 한층 강화된 에너지 절약 방법에 대한 인식이 필요했던 것이다. 그리고 더 나아가서 유량 분배를 적절히 한다는 밸런싱 밸브의 원래의 의지(유량 분배의 정확성)외에 2 방 온도 조절 콘트롤 밸브의 성격에 대한 정확한 이해와 적용 타당성까지 고민하면서, 기술적으로 좀 더 강력한 이슈가 될 만한 사안들이 등장하게 되었다. 이것이 가장 최근의 분배 밸런싱 시스템에 대한 이론적 기술 역사 라고 할 수 있겠다.

그럼 그것이 무엇인지를 한번 짚어보고 넘어가기로 하자. 자동최대 유량밸런싱으로 불가능한 부분 부하 운전 상태의 압력 최적화(최적화란 불필요한 펌프의 과대압력의 발생이 없도록 한다는

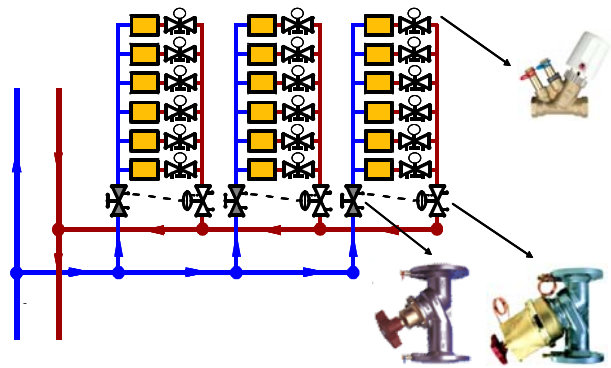


그림 4. 새로운 밸런싱 밸브

의미)와 , 과거 수동 발란싱 밸브의 적용시 자동에 비해 불리하게 인식해온 압력 차이에 대한 유량 변화에 대응한 능력의 보완(즉 압력간섭이 자동이 범위가 정해진 압력 독립이었다면, 범위를 정하지 않은 압력 독립 기능으로의 격상, 다시 표현하면 밀폐 시스템내의 어떠한 압력 변화에도 흔들리지 않는 압력 독립성을 가진다는 것을 말한다)으로 압력에 대해서 자유롭기를 바라고, 또 방금 우리가 이야기 한 2 방 온도 조절 콘트롤 밸브의 사용 최적화 시스템 구축(이 또한 조금 전에 이야기한 압력독립과 함께 맞물린 답으로 결론을 얻는다)이 주는 콘트롤 성능 항상 방안까지, 또한 한편으로는 부가적으로 밸런싱이란 밸브의 시각으로 출발을 하였지만, 결국에는 냉난방 수배관 분배 시스템 전체의 최적화를 위한 답을 제공하기까지, 기술은 변화,발전 하고 있고, 또 그에 상응하는 제품의 적용에 이른다. 그것에는 펌프에 대한 올바른 선정부터, 2 방 온도 조절 콘트롤 밸브의 적절한 선정(sizing program 에 의한 밸브의 영향도(authority)를 향상시킬 수 있는 답을 만든다.) 및 부하특성, 콘트롤 특성에 따른 자동 정유량 밸브와 수동 정유량 밸브의 필요에 따른 적용 적절성(즉 자동 및 수동의 각각의 필요한 경우에 따른 사용을 달리 할 수 있는 답), 적용 위치에 대한 답을 만들어 낼 수 있다. 이에 부가적으로 우리가 많이 잊고, 무시하고, 외면해온 건물의 commission-ing 부분에 대한 가치 공학(value engineering)의필요성을 더 강조하게끔 하는 변화를 요구한다. (hydronic 부분의 testing, adjusting, balancing(TAB)

및 이 모두를 합한 commissioning 까지를 마무리 하는 것이 향후 당연한 에너지 절감 및 최대 효율성 있는 건물의 준공이라는 개념, facility management 의 기술에 대한 설계,시공면의 당연한 제공 업무의 영역으로 까지 함으로서 얻는 가치).

그럼 다시 좀 더 상세하게 정리해보면, 유량분배 밸런싱 시스템의 과거 단순 밸런스 제품으로의 마무리가 아닌, 밸런싱 시스템 구축에 따른 전반적인 시스템 안의 요소들에 대한 최적 적용에 대한 확인 및 에너지 사용의 최적화 방안에 대한 진단까지를 포함한 total hydronic system solution 으로 발전을 현재 우리 시대의 설비 HVAC 엔지니어가 만나게 된다는 것이다. 이것이 앞으로 강력하게 이슈화 하고 있는 신제품, 신기술 제품이라고 소개 할 수 있다.



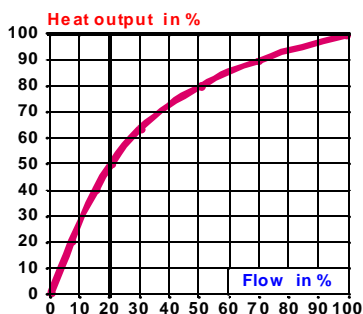
그림 5 세가지 열쇠

- 새롭게 만나게 되는 밸런스 밸브에 대한 소개를 하면서 기술적인 타당성을 발견해 보고,그 밸런스 밸브가 가지고 있어야 할 피해야 할 단점들을 어떤 방식으로 극복하는지를 소개하고자 한다.
- 새로운 밸런스 밸브와 이에 함께 고민할 문제들
 1. 밸런스가 되어야 한다. 필요 부하에 필요 유량을 공급 한다.
 2. 2차 부하측 압력은 부분부하이든, 최대 부하이든 압력의 변화가 큰 차이가 없어야 한다.
 3. 1차 생산측과 2차 사용측의 유량은 서로 조화로와야 한다. 즉 일반적으로 우리가 알고 있는 1차측, 냉동기측 생산 유량과 2차측 ,공조기기의 유량에는 서로 공급 과 수요의 밸런스

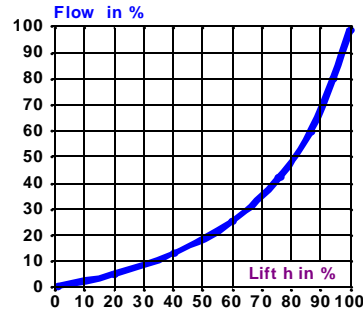
- 가 맞아야 한다,
- 4. 각각의 2방 온도 조절 콘트를 밸브는 독립적인 온도 조절 능력과 밸브의 영향도(authority)를 확보 할 수 있어야 한다.(authority 는 밸브의 특성 중에서 코일의 열전달 특성에 부합하는 비례 콘트롤 능력을 이룩할 수 있는 고유의 등가개방 특성을 만족시킬수 있는 압력 범위 대응상수 값으로 이해를 할수 있는 수치인데, 이 값이 의미하는 것은 2방 밸브의 전후단의 압력차 값이 고정값과 변동 값사이의 비율을 의미 한다.좀 더 단순하게 이야기 하면 2방 밸브의 정확한 운전을 위해 필요한 기본 성격)
- 5. 시스템의 부하조건에 따라서 필요로 하는 펌프의 양정과 ,부하에 따른 유량변화는 배관의 압력손실에 대한 요구 값을 변화시킨다. 즉 정속 정유량 펌프의 양정은 배관내의 흐르는 유량의 감소에 따라, 이 양정에 대한 변화를 수용할 방안이 필요하다.이 양정이 콘트를 밸브의 영향도 값을 악화시킨다. 즉 시스템의 각 터미널 유닛에 작용하는 차압이 실시간으로 변화하고 이 값이 콘트를 밸브의 운전에 막대한 간섭을 일으킨다.
- 6. 각각의 2차측 사용측의 장비들은 각각의 분배에 필요한 유량능력을 확보 할 수 있어야 한다.
- 7. 2차측 사용장비 전후단의 부하의 변화에 따른 유수음의 발생을 줄일수 있는 압력에 대한 독립성, 혹은 차압 증가를 막을 수 있는 대책이 있어야 한다.
- 8. 좀 더 발전된 시스템이라 할 수 있는 2방 밸브 + 밸런싱 밸브의 복합 밸브의 기능과 이에 추가로 개별 압력 독립 특성이 추가 되어 다 기능 특성 밸브의 성격이 필요하게 된다.
- 수동(fixed orifice set)과 자동(auto flow limit)이라 하는 밸런스 밸브의 성격을 모두 만족하면서, 각각의 밸브의 단점을 극복하는 방안을 소개해 보면,

1. 수동 고정 오리피스 셋팅을 할 수 있는 밸런싱 시스템 + 차압 독립기능용 차압 유량 조절 밸브 설치의 형식.콤비 타입 시스템의 적용(수동 정유량 밸브 + 차압 콘트롤 밸브의 커플 시스템)
2. 각각의존 별로의 압력 독립을 형성하여, 소규모 모듈화 압력 독립 시스템 구축 및 상위 모듈, 차상위 모듈 및 main zone 모듈 등의 directory 형식의 시스템 압력 독립 화 설계(차압 독립 모듈이란 말은 소단위 그룹별로의 압력 안정화를 말한다)
3. 2차측 2방 온도조절 콘트롤 밸브 기능 + 밸런싱 밸브 기능 일체형의 밸브 적용방안 과 해당 존의 차압 독립 모듈 시스템 구축.
4. 2차측 2방 온도조절 콘트롤 밸브 기능 + 밸런싱 밸브 기능 일체형의 밸브 + 차압 독립 시스템 구축 으로의 복합 기능 시스템 밸브 구축.
5. auto limit flow 시스템과 연계한 차압 독립 시스템 구축.
6. 정유량 특성의 필요에 따른 정유량, auto limit flow 에 100% 적용 가능 한 시스템 구축.(자2. 동이라하는 밸런싱 밸브의 적용처에 대한 답) 상기의 6 가지 경우의 수는 시스템의 설계자 의도에 따라서, 부분적으로 발체하여 적용하거나, 1 개의 항목으로 설계하거나, 이는 부하의 성격과 시스템의 성격에 따라서 적용할 방법들이 다양하게 제안 될수 있다.

가. 이해하여야 할 열전달 특성에 대한 소개.



+



=

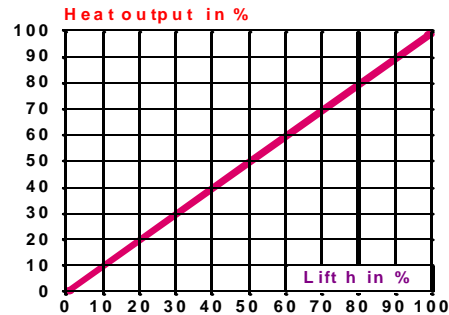


그림 6. 열전달특성 및 콘트롤 밸브 전달 특성 및 선형 열전달 방법

1. 부분부하의 운전 상태에서 50%의 냉방부하시 실제로 코일에 전달될 필요유량은 동일한 온도차이 기준으로 약 20%이면 열전달은 만족 된다. 상기의 열전달 결과 배관내의 유량저하에 따른 마찰 손실값은 실제 초기 최대부하 기준, 최대 유량 대비 마찰손실값은 4%대로 떨어진 다. 부하 50% 필요하면....유량은 20% 면 열전달 가능하고...배관의 압손은 4%만 필요.
3. 4%의 배관 마찰 손실이 주는 결과는 2 차측 공조기의 2way 온도 조절 밸브의 운전 점을 상승한 여력의 압력(즉 96%의 남는 압력이 주는 압력차에 대한 유량 증가를 극복하려는 2 방변의 개도율은 매우 좁게 open 을 유도하게 되며, 이 펌프의 여력의 양정분은 모두 2방 밸브가 감당하게 된다)을 감당해야 한다.
4. 이와 같은 부분 부하시의 2방 밸브는 매우 좁은 개구율로 열고,닫기를 반복하면서 실질적인 2방 조절 밸브가 아닌, 2방 온오프 밸브하의 성격을 가지며, 부하 대응 능력의 안정적인 2차 온도 유지가 아닌, 온도 품질의 상하

편차를 크게 가지는 온오프 온도의 공조 품질을 만들어 내게 된다.

5. 이 결과 펌프의 동력은 동력대로 낭비의 요인이 있으며, 온도조절 품질은 품질대로 저급의 결과를 만들어내고, 시스템 분배 능력은 열악한 결과를 만들어 낸다.
6. 이의 해결은 2방밸브의 해당 압력차이를 안정화 시켜 주면서, 그 2방밸브의 설치점의 위치에 따른 차압의 차이를 이해한 밸런싱 밸브의 개도를 셋팅과 차압 컨트롤러 셋팅이 적절히 조절 되 주어야 한다.
7. 이 과정에 따른 결과로 각각의 2방 밸브의 위치에 따른 밸런싱 밸브의 개구율을 조정된 상태로의 작업이 필요하며, 이에 각각의 모듈별, 혹은 공조기기별 압력에 대한 독립기능을 부여하면, 상기와 같은 밸브의 압력간섭현상에서 완전 자유로와 지도록 시스템을 조정한다.
8. 그 이후 모든 2방밸브의 셋팅과 밸런싱 밸브의 개구율 셋팅 및 차압 독립 시스템 구축을 위한 Testing, Balancing, Commissioning 절차에 따른, 최적의 펌프 양정에 대한 답을 만들어 낼 수 있으며, 이는 **Facility Management 측면의 최적의 에너지 비용과 최적의 balance**를 제공하게 된다.

지금까지의 서술로의 결과는 HVAC 시스템 및 기타의 분배 시스템에서의 거리에 따른 압력차와 부하에 따른 압력변화를 적절히 수용할 수 있는 시스템을 만든다는 의미가 되며, 이를 위한 시공 이후의 안정된 Commissioning 에 대한 노력을, 그 과정의 상용화에 대한 노력을 향후 한국 HVAC 에서는 필요하다고 말씀 드릴수 있겠다.

나. 최대 유량 제어 특성의 필요성 (자동 밸런싱의 필요,AUTO FLOW LIMIT)

1. 냉동기와 같은 경우 , 냉각탑도 마찬가지로 댗수제어 운전의 시스템의 상황하에서 부분부하 냉동기 운전시, 예로 1 대의 냉동기만 가동하는

시스템의 경우 ,기존의 1 대의 펌프의 유량능력과 여러대의 병렬 운전상태의 유량능력의 차이가 발생함으로써 정유량 특성을 가진 냉동기의 운전에 펌프로 인한 유량 불균형을 초래할 수 있으며, 이 경우 냉동기측의 입구 부근에 설치된 최대유량 제어 특성(일반적으로 우리가 이야기하는 자동밸런싱밸브)의 정유량 밸브의 경우 과도한 유량 제한을 함으로서 시스템의 안정적인 유량 확보를 위해 적용되어 질수 있다.

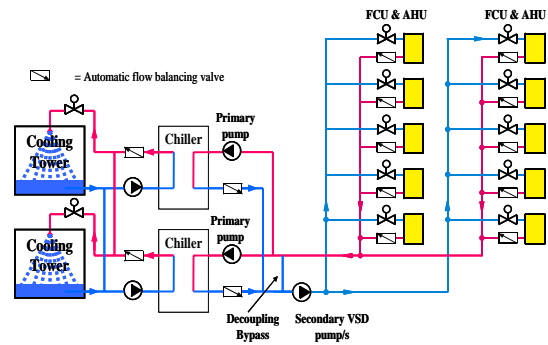


그림 7. 최대유량 제어 특성의 필요성.-냉동기분야

2. 시공전후, TAB 의 과정의 수행이 불가능한 건물군이나, 시공후 시간적인 밸런싱,커미셔닝 작업이 불가능한 위치나, 시공후 밸런싱 밸브의 접근이 불가능한 위치의 경우 이에 맞는 적절한 답은 최대유량 제어 정유량 밸브를 적용하는 것으로 답을 만들 수 있다.여기엔 부분적으로 각 지관별 차압 컨트롤을 할 수 있는 시스템과의 병행으로 어느정도 보완적인 노릇을 할 수 있다.
3. 프로세스의 성격상 부분부하 운전특성이 없는 경우 최대값 유량제어로만 시스템에서 요구하는 경우 이 같은 최대 유량 제어 밸브의 적용이 가능하다.
4. 모듈레이팅 컨트롤이 아닌, 일반적으로 On-Off 밸브로서의 컨트롤 성격을 가지고 있을 경우 , 최대유량 제어 밸브와 각 지관 혹은 모듈 별 차압 제어형 압력 컨트롤 밸브를 적용하도록 시스템화 한다.
상기의 경우와 시스템의 특성에 따라서 기존 최대유량 밸런싱의 성격을 다양화 할 방법 이

가능하다.

다. 메인 차압 바이패스 밸브의 선정관련

1. 변유량 2 방밸브 시스템에서 과거 기계실내에 위치했던 차압밸브는 익숙하게 펌프 용량의 70%, 혹은 펌프 1 대 유량으로 설계 적용하던 때가 있었다. 하지만 , 실제 이 부분의 성격을 상세하게 분석하고, 이해할 필요가 있다고 생각되어 정리를 해 보고자 한다.
2. 그림 6 의 열전달 특성을 이야기 하면 , 실제 그 곡선이 주는 열전달 필요유량과 ,시스템의 덧수제어 냉방시점의 유량 제공값 과의 그 차이 , 그 유량은 메인 차압바이패스 밸브의 능력에 대한 기준을 제공한다. 그 값은 대수에 따라 달라지며, 시스템 각각의 운전특성에 따라 달라진다.
3. 그림 이 차이 유량에 대한 정확한 값이 결정 되면, 바로 차압 바이패스 밸브의 사이징 기 초가 된다..

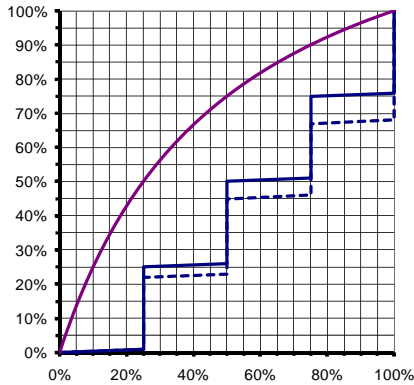


그림 8 차압밸브의 선정 사례 -예(냉동기장비 4 대운전) ...

냉동기의 덧수제어에 따른 차압변의 필요 추정 유량은 ? 그림 8 의 곡선에서 실제 덧수제어와 실 필요 2 차측 유량과의 차이유량중 최대값이 발생할 경우의 유량이 바로 메인 차압 바이패스 밸브로 서 해결해야할 유량 값이 된다.그럼 덧수 3 대의 냉동기와 덧수 1 대의 냉동기의 경우 각각의 메인 차압밸브의 바이패스 유량선정값은 달라진다는 말 이 된다.또한 우리가 지금까지 익숙하게 보아온

열전달 특성이 달라지는 성능곡선이라면, 이부분 의 해결에 대한 선도에 맞는 그림을 찾아 보아야 하겠다.

시스템이 냉동기가 아니라면, 열교환기 시스템이 라면, 또한 인버터 펌프의 적용이 정유량 특성을 가지는 냉동기에 적용하는 것은 적절 하지 않다. 1,2 차측 펌프의 적용의 경우 부하변화에 대응한 2 차 펌프의 인버터는 적절한 에너지 절감의 역할을 할 수 있으나, 단일 펌프의 정유량 특성을 가지는 냉동기의 인버터 펌프는 냉동기를 정지하게 만들 수 있는 이상한 에너지 절감 노력이다. 즉 에너지 절감이 되지 않는 다는 이야기이다. 또한 메인 차압바이패스 밸브의 경우 우리가 셋팅한 압력은 모 든 콘트를 밸브가 다 열리는 상황에서 밸브는 닫 혀있는 것이고, 부분적으로 부하가 발생하기 시작 하면 역시 밸브는 열리기 시작 한다는 것이 압력 셋팅의 원칙이다...

3. 결론

과거의 당연하게 생각한 메인 차압 바이패스 밸브 적용에서도 고민후 얻는 정확한 답이 있고, 밸런 싱과 차압을 함께 고려한 차압 독립 시스템의 구축도 매우 중요하며,시공후 TAB 및 커미셔닝의 중요성이 향후 더욱 가치있는 역할을 할 것이라 판단이 된다. 이로 인한 펌프의 동력 에너지 절감 과 엔지니어가 처음 의도한 시스템으로의 운전이 가능하게끔 하는 답을 **Computerized Balancing & Commissioning**(컴퓨터를 이용한 밸런싱과 커미셔 닝.CBC) 이라는 과정을 통하여 최적의 시스템의 구축을 할 수 있기를 바라며, 향후 우리나라 설비 분야의 선진국형 시스템으로 변화하고, 이로 인한 에너지 절감을 이룩하기를 기대한다. 끝.