Steam People

Since 1981

spirax sarco

Vol.132 / Jun. 2022

기획 시리즈 - 올바른 스팀 사용을 위한 스팀 엔지니어링 지침 10

자동 제어

기초 제어 이론

Key Solution 11

응축수 및 응축수 열량 회수

After Service

EP6 포지셔너 (전기 공압식)

Steam People

Jun. 2022

03
기획 시리즈
올바른 스팀사용을 위한 스팀엔지니어링 지침 10
자동 제어 - 기초 제어 이론

07
Key Solution 11
응축수 및 응축수 열량 회수

13
After Service
EP6 포지셔너
전기 공압식

15
News
2022년 스팀트랩 진단사 자격 검정 및
스팀기술연수교육 안내

발행 : 한국스파이렉스사코㈜
http://www.spiraxsarco.com/global/kr

발행인 : 이재호
편집인 : 좌윤전
편　집 : 이미경
디자인 : 에디아커뮤니케이션서비스
인　쇄 : 애드플랫홈

Steam People의 모든 내용은 인터넷 홈페이지 **http://www.spiraxsarco.com/global/kr** 에서도 만나실 수 있습니다. 본문 내용에 대한 문의사항이 있을 경우 홈페이지 Q&A 코너를 이용하시기 바랍니다.

이번 호부터는 자동 제어에 대해 소개하고자 한다. 자동 제어 기초 이론을 시작으로 자동 제어 시스템을 구성하는 요소들과 자동 제어의 기초 이론에 대해 설명하고 자동 제어의 구성 요소들 중 컨트롤 밸브를 집중적으로 다루고자 한다.

Controls

자동 제어

기초 제어 이론

자동 제어의 대상은 온도, 압력, 유량, 수위 및 속도와 같은 변수의 제어를 망라하여 광범위하다. 여기에서는 자동 제어에 대한 기본적인 소개를 다루고자 하며, 이는 크게 다음의 두 분야로 구분될 수 있다.

- **난방, 환기 및 공조 시스템 (일반적으로 HVAC로 통칭) 제어**
- **공정 제어**

이 두 분야는 모두 광범위한 주제로서, 특히 후자의 경우 단순한 가정용 조리기에서부터 대형 석유화학 단지의 일관적 생산 시스템 또는 공정에 이르기까지 그 범위가 다양하다.

제어는 일반적으로 밸브 구동에 의해 유체의 흐름을 다양하게 변화시킴으로써 가능하다. 일반적 필요조건은 온도, 압력, 수위, 습도 및 유량의 변동량을 측정하여 이에 반응해야 한다. 언제나 이들 물리적 특성의 변화에 대한 반응은 주어진 시간 이내에 이루어져야 한다. 시간에 따른 밸브 및 그 구동장치 조작 그리고 측정 변수의 정밀한 제어 방법 등은 향후 다음 호에서 다루어질 것이다.

유체들은 밸브에 의해서만 제어되는 것은 아니다. 일부 공정의 과정은 속도가 빠른 가변적 펌프 혹은 팬의 작동에 의해 조절되기도 한다.

자동 제어의 필요성

공정 플랜트 또는 건물에서 자동 제어 장치의 필요성은 다음과 같은 세 가지 주요한 이유에 기인한다.

- **안전성** - 플랜트 또는 공정은 안전 운전이 필수적이며, 복잡하거나 위험할수록 자동 제어 및 보호 규정은 그 필요성이 더욱 증대된다.
- **안정성** - 플랜트 또는 공정은 어떠한 변동이나 무계획적으로 정지되지 않고, 예측 가능하게 그리고 지속적으로 운전되어야 한다.
- **정확성** - 손상 방지, 품질 및 생산성 향상, 그리고 안정 유지를 위해 공장 및 건물에서 필요로 하는 기본 요건이며 이것은 경제적 효율의 기본이 된다.

경제성, 속도 및 신뢰도와 같은 그 외의 바람직한 요소들도 중요하지만, 이들 각 제어 응용 측정치의 중요성은 상기의 안전성, 안정성 및 정확성과 같은 세 개의 주요 매개 변수에는 미치지 못한다.

◈ 자동 제어 관련 용어

제어 산업 분야에서는 주로 혼동을 방지하기 위한 목적으로서 특정 용어들을 사용하게 된다. 예제 1에서 설명된, 그리고 그림 1에 도시된 간단한 형태의 수동식 시스템에서는 제어 공학에서 사용되는 몇 가지의 표준 용어들을 소개하고 있다.

예제 1. 단순한 형식의 제어 시스템

그림1에 나타난 공정 예에서 운전자는 수동으로 흡입 밸브를 개폐함으로써 물의 흐름을 변화시켜서, 다음의 상태가 유지되도록 한다.

- **수위가 너무 높지 않게,** 그렇지 않으면 오버플로우를 통해 폐수 관로로 흐를 것이다.
- **수위가 너무 낮지 않게,** 그렇지 않으면 탱크 바닥이 드러날 것이다.

이렇게 함으로써 물을 필요한 유량 범위 내에서 탱크로부터 배출시킨다. 만일 배출되는 유량이 너무 많거나 너무 적을 경우 물이 공급되는 공정의 정상적인 운전은 불가능하게 된다.

초기 단계에 배출용 배관 내의 배출 밸브 개도는 일정한 위치에 고정된다. 운전자는 흡입 밸브를 통한 급수 조절을 위해 탱크 측면에 세 개의 선을 표시했다. 이러한 3개의 수위는 다음을 의미한다.

1. 최저 허용 가능 수위 (탱크 바닥을 반드시 채우기 위한)
2. 최고 허용 가능 수위
   (오버플로우를 통한 배출을 절대로 발생시키지 않기 위한)
3. 이상적 수위 (상기 1과 2 사이의)

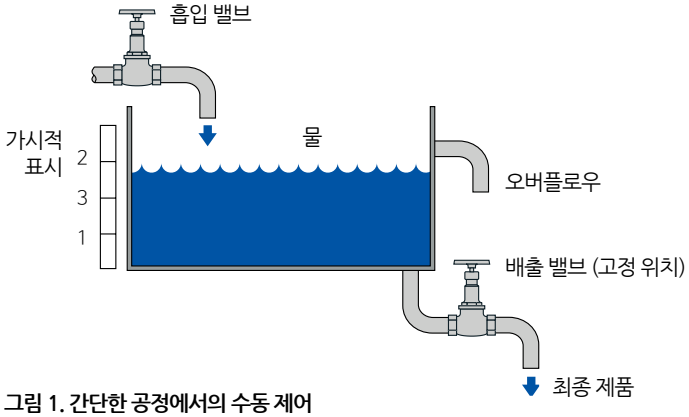


그림 1. 간단한 공정에서의 수동 제어

그림 1에서는 다음과 같은 사항을 설명하고 있다.

① 운전자의 의도는 물을 수위 1과 2 사이에서 탱크의 물을 유지하고자 하는 것이며, 이 경우 동 수위를 **제어 상태 (Controlled Condition)**라고 한다.

② 제어 상태는 흡입 배관 내의 밸브를 통해 물의 흐름을 제어함으로써 달성된다. 이러한 흐름을 **조작 변수(Manipulated Variable)**라고 하며, 동 밸브를 **제어 장치 (Controlled Device)**라고 한다.

③ 물 자체는 **제어 에이전트 (Control Agent)**라고 한다.

④ 탱크로 흐르는 물의 유량을 제어함으로써 탱크의 수위는 변하게 된다. 이 경우 수위의 변동량을 **제어 변수 (Controlled Variable)**라고 한다.

⑤ 일단 탱크 안으로 인입된 물은 **제어 매체 (Controlled Medium)**라고 한다.

⑥ 수위계 내에서 유지하고자 하는 수위를 **설정값 (Set Value**, 혹은 기준점, Set Point로도 부름)이라고 한다.

⑦ 수위는 수위계 상의 1과 2 사이의 어떤 지점에서도 유지될 수 있으며, 여전히 제어 매개변수들을 충족함으로써 탱크 바닥이 드러나지 않도록 할 뿐 아니라, 오버플로우가 발생하지 않도록 한다.
이러한 범위 이내의 모든 값을 **기대값(Desired Value)**이라고 부른다.

⑧ 수위가 1과 2 사이의 어떤 지점에서 엄격하게 유지되고 있다고 가정한다. 이는 안정적 상태 조건에 있는 수위로서, 이를 **제어값 (Control Value)** 혹은 **실제값 (Actual Value)**이라고 한다.

주 : 상기의 ⑦ 및 ⑧과 관련하여 유지되어야 하는 이상적 수위는 지점 3의 위치였다. 그러나 만일 실제적 수위가 1과 2 사이의 어떤 지점에 있다면, 이것 역시 만족한 수준이라고 할 수 있다. 이 경우 기준점과 실제값 간의 차이를 **편차(Deviation)**라고 한다.

⑨ 만일 흡입 밸브가 새로운 위치로 닫히면 수위는 내려가게 되고 편차가 발생하게 된다. 이 경우 잔류하게 되는 편차를 **잔류 편차(Offset)**라고 한다.

자동 제어 요소

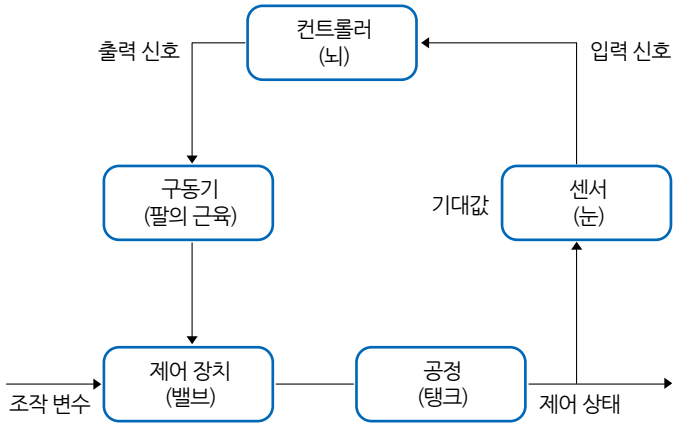


그림 2. 자동 제어 구성 요소

예제 2. 자동 제어 구성 요소

- 운전자의 눈은 수위 표시에 대비한 실제 수위의 움직임을 감시한다. 눈은 하나의 센서로 간주될 수 있다.
- 눈(센서)은 이러한 편차에 관한 정보를 뇌로 전달한다. 뇌는 하나의 컨트롤러로 간주될 수 있다.
- 뇌(컨트롤러)의 작용에 의해 일정한 신호가 팔과 손의 근육으로 전달되며, 이는 하나의 구동기로 간주될 수 있다.
- 팔의 근육 및 손(구동기)은 밸브를 돌리게 되며, 이는 제어 장치로 간주될 수 있다.

예제 2를 보완하기 위해서 약간 다른 방법으로 이러한 점들을 반복할 수 있다.

단순한 용어로 표현한다면, 예제 1에서 운전자의 목표는 수위를 사전 설정된 값으로 탱크 안에서 유지하려는 것이었다. 이 경우 수위 3의 위치는 운전자의 목표점 혹은 기준점으로 간주될 수 있다.

운전자는 흡입 밸브(제어 장치)를 조절함으로써 수위를 물리적으로 조작한다. 이러한 방식의 운전에서는 운전자의 능력 및 집중도를 반드시 고려하지 않으면 안 된다. 이러한 이유 때문에 수위는 언제나 수위 3의 위치에서 정확하게 유지될 가능성이 거의 없다. 일반적으로 수위는 수위 3 지점의 위 혹은 아래의 한 곳에 머무르게 된다. 어떤 특정 순간의 위치 혹은 수위를 제어값(Control Value) 혹은 실제값(Actual Value)이라고 한다.

기준점과 실제값 사이의 차이 혹은 오류의 범위를 편차라고 하며 편차가 일정하거나 혹은 일관적인 상태인 경우, 이를 지속 편차(Sustained Deviation) 혹은 잔류 편차(Offset)라고 한다.

비록 수위가 운전자에 의해 조작된다 하더라도 최종 목표는 적절한 성과를 창출하는 것이며, 이 경우 그 적절한 성과란 탱크로부터 배출되어야 하는 물의 필요 유량을 의미한다.

안전도, 안정성 및 정확도 평가

예제 1에서의 경우와 같은 전형적 공정에서는 중요한 또는 유해한 요소가 내재되지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 오버플로우 혹은 물의 고갈은 안전하지만 그렇다고 해서 경제성이나 생산성이 있다고 할 수는 없다. 안정성의 측면에서, 운전자는 완벽하고 일관된 주의를 기울임으로써 이러한 공정을 처리할 수 있을 것이다.

정확도의 경우 운전자가 가시적이며 인지 가능한 오류에 대하여 반응하는 것에 의존해야 하므로 이러한 과정에서의 대상이 아니다.

◈ 용어의 요약

설정값	필요한 조건을 얻기 위한 제어 시스템의 계기 상에 설정된 값 만일 컨트롤러가 특정 용도를 위해 60°C 에 설정되었다면, 60°C를 '설정값'이라 함.
기대값	이상적 조건에서 지속되어야 하는 필수적인 수치
제어값	안정적 상태 조건하에서 실제로 유지되는 제어 상태의 값
편차	설정값과 제어값 간의 차이
잔류 편차	지속되는 편차
센서	제어 상태의 크기에 직접적으로 반응하게 되는 요소
제어 매체	시스템에 의해 제어되는 매체 그림 1에서는 탱크 안에 있는 물이 그 제어 매체가 된다.
제어 상태	제어 매체의 물리적 상태 그림 1에서는 수위가 그 제어 상태가 된다.
컨트롤러	센서로부터 신호를 입수하여 보정 (혹은 제어) 신호를 구동기로 전달하는 장치
구동기	컨트롤러로부터의 신호에 반응하여 제어 장치를 조절하는 설비
제어 장치	제어 밸브 또는 변속 기능의 펌프와 같은 제어 시스템 내의 최종 제어 장비

온도 제어 시스템

예제 1에서는 간단한 수동 수위 제어 시스템을 설명하고 있다. 이는 예제 3과 그림 3의 간단한 온도 제어 장치에서 비교될 수 있다. 이들 경우에도 이전의 모든 요인과 정의들이 공히 적용된다.

예제 3. 단순한 수동 온도 제어 시스템

이 시스템은 인입된 물을 T_1의 온도에서 가열하기 위한 충분한 스팀(가열 매체)을 받아들이고, 이렇게 가열된 물이 필요한 T_2 온도에서 탱크를 떠날 수 있도록 하는 것이 그 목적이다.

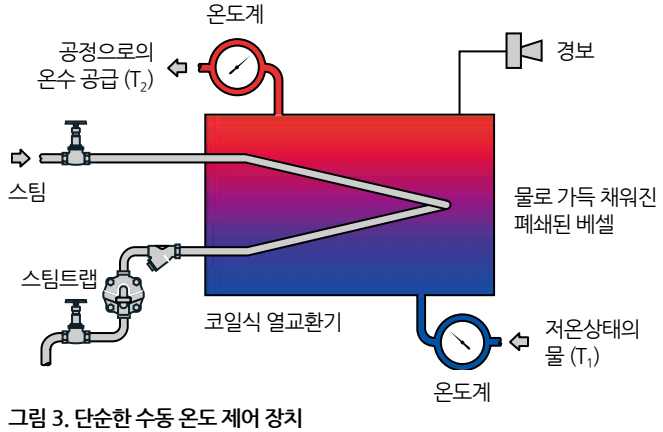


그림 3. 단순한 수동 온도 제어 장치

◈ 안전, 안전성 및 정확도 평가

수동 운전이 예제 1에서 수위를 제어할 수 있는 반면, 온도의 수동 제어는 그 속성상 다양한 이유로 인하여 예제 3에서와 같이 매우 어려운 일이다. 물의 유량이 가변적이라면, 그 상태는 스팀 안에 함유된 큰 열량으로 인해 급속하게 변화하는 경향이 있다. 스팀 밸브의 위치를 변동시키는 운전자의 반응은 충분히 빠르지 않을 것이다. 밸브가 심지어 닫힌 후에도 코일은 여전히 일정량의 잔존 스팀을 함유하게 되며, 응축되면서 열을 계속하여 배출하게 될 것이다.

◈ 변동량 예측

경험이 많은 도움을 주겠지만, 일반적으로는 운전자가 변동량을 예측하기는 불가능한 일이다. 따라서 운전자는 반드시 의사 결정 및 조치를 취하기 전에 변동량을 측정해야 한다.

이외에도 한 명의 운전자를 영구적으로 필요로 하는 번거로움과 비용, 잠재적인 운전자의 오류 가능성, 공정 요구조건의 가변성, 정확도, 상태의 급속한 변화 및 여러 공정에의 개입 등과 같은 다른 요인들이 존재하기 때문에 자동 제어 장치의 필요성이 제기된다.

안전과 관련하여 가청 경보 장치가 예제 3에 소개되고 있으며, 이는 과다 온도에 대하여 경보를 하기 위한 것이다. 이것도 자동 제어 장치를 찾게 되는 또 다른 이유이다.

◈ 자동 제어

제어 상태에는 반드시 온도, 압력, 습도, 수위 또는 유량이 포함되어야 할 것이다. 이는 측정 장치가 온도 센서, 압력 변환기 또는 전송기, 수위 검지기, 습도 센서 또는 유량 센서가 될 수 있음을 의미한다.

조작 변수는 스팀, 물, 공기, 전기, 오일 또는 가스가 될 수 있는 반면, 제어 장치는 밸브, 댐퍼, 펌프 또는 팬 등이 될 수 있다.

기본 원리를 설명하기 위하여 여기에서는 주로 측정 장비로서의 온도 센서, 제어 장치로서의 밸브, 그리고 제어 상태로서의 온도에 초점을 맞추고자 한다.

◈ 자동 제어 장치의 구성 요소

그림 4는 기본적 제어 시스템의 구성을 보여주고 있다. 센서는 컨트롤러에 신호를 보내게 된다. 한 개 이상의 센서로부터 신호를 받게 되는 컨트롤러는 이들 신호에 입각하여 조작 변수의 변동 여부를 결정하게 되며, 다음에는 구동기에게 밸브를 다른 위치로 옮기도록 명령하게 된다. 이 경우 필요에 따라 더욱 많이 열도록 혹은 닫도록 명령을 내리게 된다.

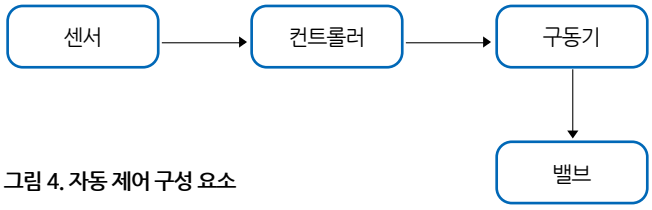


그림 4. 자동 제어 구성 요소

컨트롤러는 일반적으로 동력을 구성하는 에너지 원에 따라 전기식, 공압식, 유압식 혹은 기계식으로 분류된다.

구동기는 하나의 모터로 간주될 수 있다. 구동기도 마찬가지로 컨트롤러의 경우와 같이 동력을 구성하는 에너지 원에 따라 분류된다.

밸브는 유체 통과 면적을 개폐하는 방식에 따라 그리고 본체 구성 방식에 따라, 예를 들면 이들이 슬라이딩 스핀들로 구성되었는지 혹은 회전 장치가 있는지 여부에 따라 분류된다.

시스템의 구성 요소가 시스템 부품 (혹은 기기)과 결합된 아래 그림에서 무엇을 해야 하는가와 어떻게 하는가의 관계를 볼 수 있다.

다음 호에서는 제어 방식을 포함한 자동 제어의 기초 이론에 대해서 설명을 이어가고자 한다.

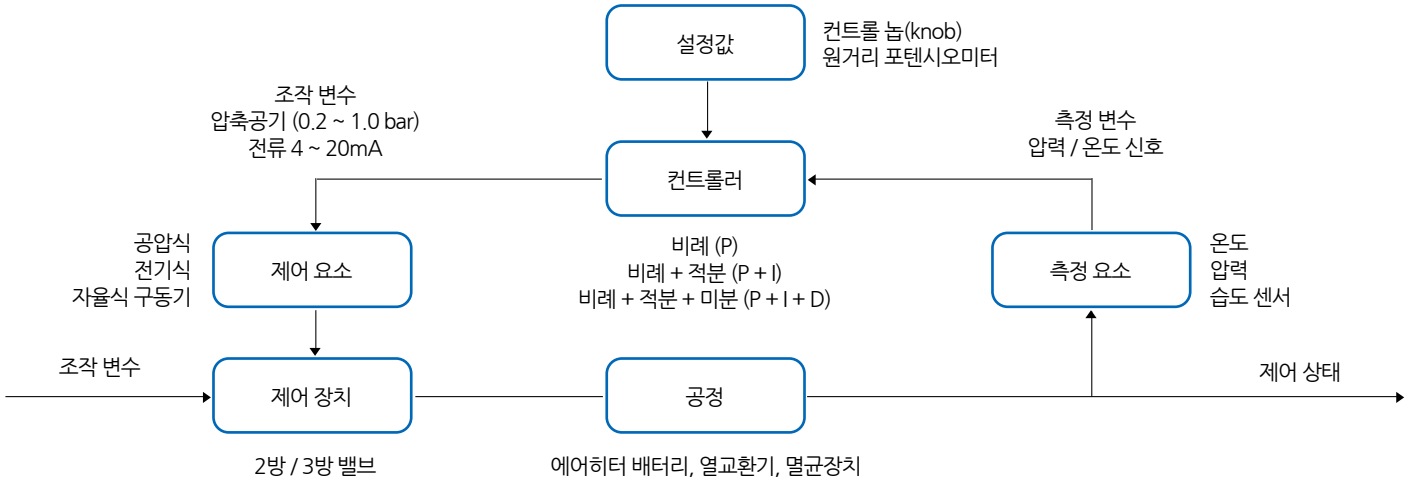


그림 5. 전형적인 공정 제어 장치 및 시스템 장비들

Key Solution

Key Solution No. 11

응축수 및 응축수 열량 회수

한국스파이렉스사코(주)
SGS 팀 박노억 부장

한국스파이렉스사코에서는 고객 여러분의 현장에 딱 맞는 해법을 제공하기 위하여 그 동안 제안되었던 내용에 축적된 기술을 한층 더 심화한 "Key Solution (Best 성공사례)"를 추진하고 있다. 122호부터 차례로 소개하고 있으며 11번째로 <응축수 및 응축수 열량 회수> 대해 알아보겠다.

스팀은 일반적으로 사용처에서 요구하는 압력과 온도로 보일러에서 생성시켜 공급하고, 공급된 스팀은 사용처에 잠열을 전달하고 응축수의 형태로 회수된다. 회수되는 응축수는 여전히 고온의 열에너지를 가지고 있는데 사용처에서 사용되는 스팀의 압력이 높을수록 응축수는 더 많은 열에너지를 보유한다.

이 응축수를 회수하여 보일러 급수로 사용하거나 보일러에서 공급되는 스팀의 대체 열원으로 사용한다면 보일러의 스팀 공급량을 줄일 수 있고, 이에 따라 보일러 연료비, 보충수 사용량, 수처리 비용 등의 절감 효과를 가져오게 된다.

응축수를 상변화 없이 그대로 스팀의 대체 열원으로 사용할 수도 있지만, 회수되는 응축수에 비해 상대적으로 저압의 사용처가 있다면 응축수를 스팀으로 재증발시켜 스팀의 형태로 재사용할 수 있다. 재증발증기는 응축수의 열량(현열)에 비해 단위중량당 높은 열량(잠열)을 가지고 있고, 현재 운용중인 스팀설비에 바로 공급이 가능하므로 매우 효과적이다. 또한 응축수는 상대적으로 더 낮은 압력에 노출되었을 때 더 많은 재증발증기가 발생되므로 가능한 낮은 압력에서 재증발증기를 발생시키도록 시스템이 구성되어야 한다.

위와 같이 스팀 응축수의 열량을 공정에서 최대한 사용하고 응축수 탱크로 회수한다면 응축수 탱크에서 발생되는 벤트 스팀을 없애거나 최소화할 수 있고, 낮은 온도의 응축수가 회수되므로 응축수 회수 라인에서의 방열 손실 또한 줄일 수 있다.

다음 소개되는 내용은 현재 많은 양의 벤트 스팀을 회수하고 재사용하여 에너지 절감을 실현하고 있는 개선 사례로 개선 배경, 방안 및 효과에 대해 기술하였으니 유사한 문제를 가지고 있는 현장에서는 유익한 내용이 될 것이다.

TVR Thermo Vapor Recompressor : 응축수의 재증발증기 (벤트 스팀) 압축기
EVC Exhaust Vent Condenser : 벤트 스팀 응축기
PCV Pressure Control Valve : 압력 컨트롤 밸브
FV Flash Vessel : 특정 압력의 재증발증기 발생 장치

개선 배경

그림 1. 스팀 공급 및 응축수 회수 라인의 개략적인 흐름도 (개선 전)

※ 벤트 스팀량은 현장에서 측정한 수치로 신뢰도는 80% 이상이다.

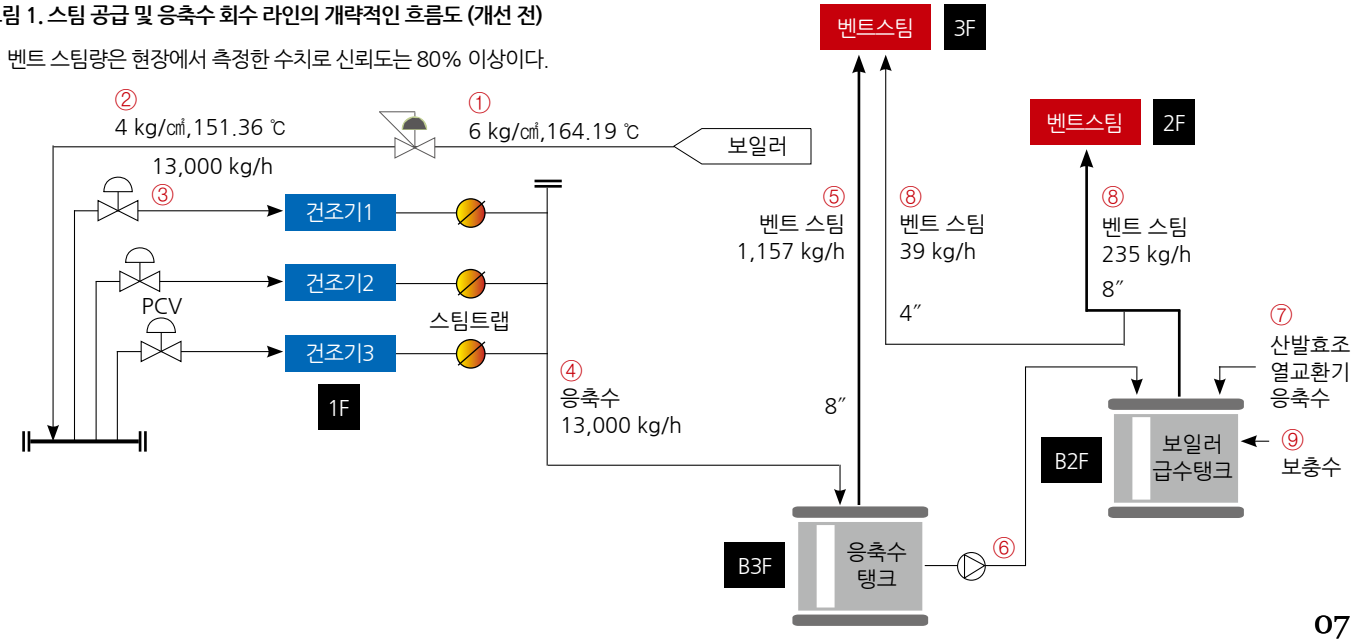


표 1. 벤트 스팀 측정 Data

구분	평균 유속 m/s	배관 면적 m^2	평균 온도 ℃	스팀 유량 m^3/hr	스팀 유량 kg/hr
3F 벤트 배관 200mm (좌)	4.3	0.0314	96.32	482.2	255
3F 벤트 배관 200mm (우)	13.9	0.0314	98.92	1,564.9	902
3F 벤트 배관 200mm				2,047.0	**1,157**
3F 벤트 배관 100mm (좌)	1.0	0.0082	77.41	28.3	8
3F 벤트 배관 100mm (우)	0.9	0.0314	80.23	106.7	32
3F 벤트 배관 100mm				135.0	**39**
1F 벤트 배관 200mm (좌)	1.3	0.0314	90.31	148.7	64
1F 벤트 배관 200mm (우)	3.3	0.0314	92.81	367.2	172
1F 벤트 배관 200mm				515.9	**235**
TOTAL					1,196

① G사는 음식물 쓰레기 처리를 위하여 3기의 건조기를 운영중이며, 건조기 열원으로 스팀을 사용하고 있다.

② 스팀 보일러 운전압력은 6 kg/cm^2 g이고, 감압밸브를 거쳐 건조기 스팀 헤더로 공급되는 스팀압력과 유량은 4 kg/cm^2 g, 13 ton/h 이다.

③ 3기의 건조기에는 음식물 쓰레기 종류에 따라 컨트롤 밸브를 통하여 3 ~ 4 kg/cm^2 g의 스팀이 공급된다.

④ 건조기에서 배출되는 응축수는 스팀트랩을 통하여 지하 3층에 위치한 대기압 응축수 탱크로 회수되고 있다.

⑤ 응축수 탱크로 고온의 응축수가 유입되면서 대기로 다량의 재증발증기가 벤트되고 있다.

⑥ 응축수 탱크의 응축수는 지하 2층에 위치한 급수 탱크로 이송되어 보일러 급수로 사용된다.

⑦ 지하 2층에 위치한 산발효조 열교환기가 간헐적으로 운전되고 있는데, 이 열교환기의 스팀 응축수는 급수 탱크로 회수되고 있다.

⑧ 급수 탱크에서 발생되는 재증발증기는 대기로 벤트되고 있다.

⑨ 보충수는 레벨 제어를 통하여 급수 탱크로 공급된다.

아울러 G사에서는 매년 에너지 절감 목표를 설정하고 에너지 절감을 위한 업무를 수행하고 있으며, 상기와 같이 문제가 되고 있는 응축수 탱크와 급수 탱크 상단으로 벤트되는 스팀을 회수하여 활용함으로써 에너지 절감을 실현하고자 현장 진단을 통해 개선안을 마련하게 되었다.

개선 방안

① 건조기의 스팀 응축수는 기존 응축수 탱크로의 회수 배관은 차단하여 FV로 회수한다.

② TVR을 적용하여 FV의 운전압력을 가능한 낮은 압력으로 유지한다. TVR에서 생산되는 스팀은 건조기의 최저 스팀 사용량 이하로 설계되어야 100% 성능이 발휘되며, 최저 스팀 사용량을 만족하는 상기 조건에서 FV는 1.8 kg/cm^2 g로 운전될 것이다.

③ TVR에서 공급되는 스팀량이 부족할 경우 Makeup 라인을 통하여 스팀을 보충한다. 이때 TVR에서 공급되는 스팀을 우선 사용하도록 하기 위하여 Makeup 라인의 PCV 설정압력은 TVR PCV 보다 낮게 설정한다.

④ FV에서 배출되는 1.8 kg/cm^2 g의 응축수는 기존 응축수 회수 배관을 통하여 응축수 탱크로 회수한다.

⑤ 응축수 탱크로 고온의 응축수가 유입되면서 응축수 탱크 상단으로 벤트되는 스팀을 회수하기 위하여 EVC를 적용하고 냉각원으로 급수 또는 공정수를 사용한다.

⑥ 응축수 탱크 벤트 스팀은 EVC에서 응축되고, 이 응축수는 응축수 탱크로 회수된다.

⑦ 응축수 탱크와 산발효조 열교환기의 응축수가 급수 탱크에서 벤트 스팀으로 배출되는 것을 막고 급수 탱크 내 급수와 잘 혼합되도록 하기 위하여 DY 타입 탈기헤드를 적용한다. DY 타입 탈기헤드 상단 인입부에서는 응축수와 보충수가 1차 혼합하면서 보충수 승온 및 탈기 기능을 발휘하고, 혼합된 응축수와 보충수는 급수 탱크 하부로 인입되어 급수 탱크 하부의 급수와 2차 혼합되어 응축수의 열량을 최대한 회수하여 벤트 스팀을 최소화한다.

⑧ 보충수는 컨트롤 밸브를 적용하여 연속으로 공급되도록 하여 응축수의 열량을 최대한 회수한다.

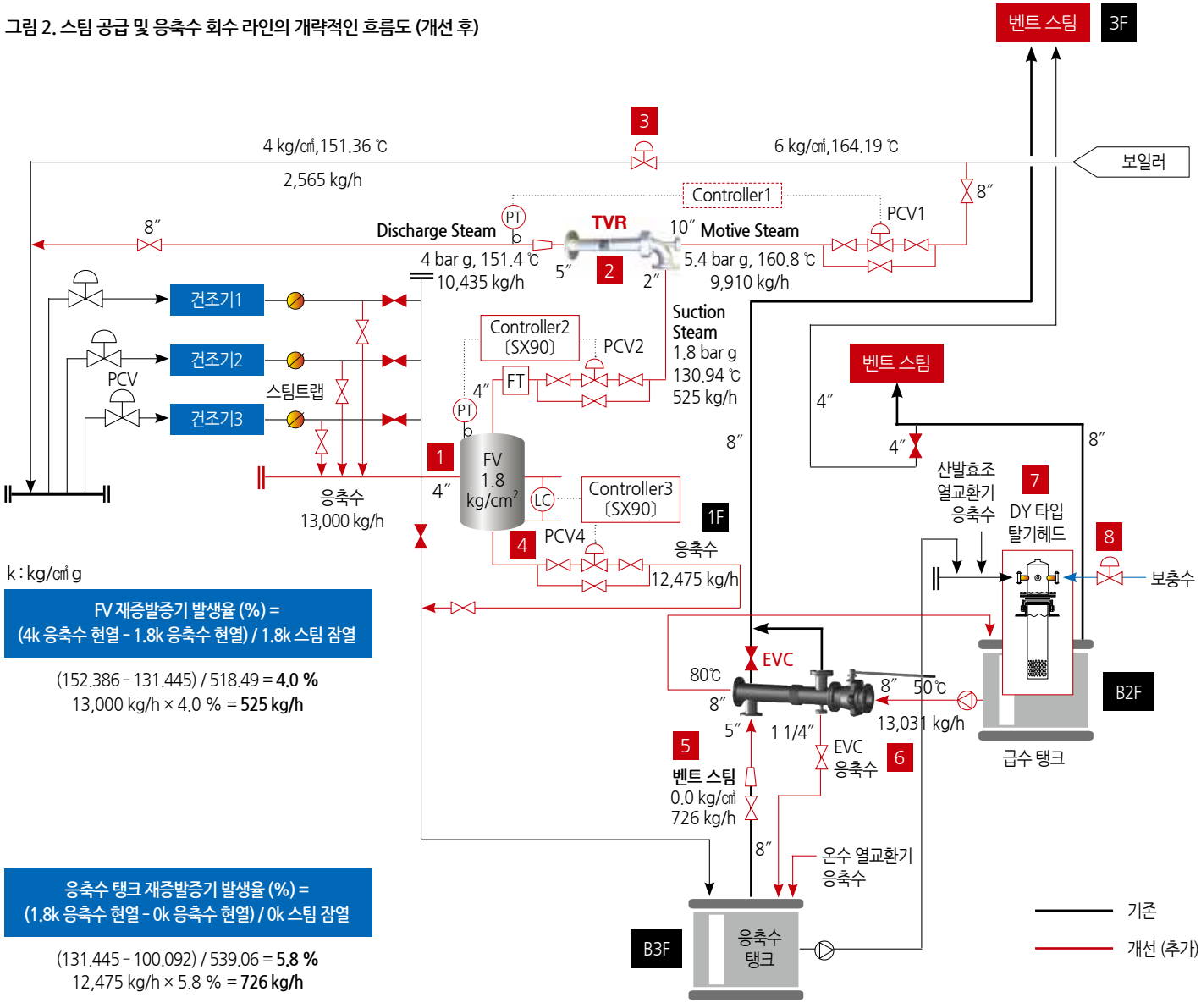
상기와 같이 TVR과 EVC 시스템을 적용하여 스팀 응축수의 열량은 최대한 회수하고, 벤트 스팀은 최소화하여 에너지 절감 및 환경 개선의 효과를 가져올 수 있다.

표 2. 재증발증기 발생량 산출 Data

구분	현열 1차측 kcal/kg	현열 2차측 kcal/kg	잠열 2차측 kcal/kg	재증발증기 발생율 %	응축수 량 kg/h	재증발증기량 kg/h
Total (4 → 0 kg/cm² g)	152.386	100.092	539.06	9.7	13,000	1,261
FV (4 → 1.8 kg/cm² g)	152.386	131.445	518.49	4.0	13,000	525
응축수 탱크 (1.8 → 0 kg/cm² g)	131.445	100.092	539.06	5.8	12,475	726

※ 아래 재증발증기 및 벤트 스팀량은 개선 시스템을 적용할 경우 산출된 수치로 개선전 측정한 수치와 차이가 거의 없다. (측정치 : 1,196 kg/h, 산출치 : 1,261 kg/h)

그림 2. 스팀 공급 및 응축수 회수 라인의 개략적인 흐름도 (개선 후)



개선 효과

① TVR 적용으로 13,000 kg/h의 응축수에서 재증발된 525 kg/h의 4 kg/cm^{2}g 스팀을 건조기에 재사용할 수 있다.

② 응축수 탱크로 인입되는 응축수의 온도가 개선 전 151℃에서 131℃로 낮아짐에 따라 응축수 탱크의 벤트 스팀량이 개선전 1,261 kg/h에서 726 kg/h로 적어지고, 이 또한 EVC를 통하여 전량 회수될 수 있다.

③ 응축수 탱크와 산발효조 열교환기의 응축수는 DY 타입 탈기헤드를 통하여 보충수 승온, 보충수 탈기, 급수와 혼합효과가 향상되는 효과를 가져온다.

상기와 같이 3가지 방법을 적용하여 응축수를 회수할 수 있다면 응축수의 열량을 최대한 회수할 수 있고, 현장에서 벤트 스팀은 발생하지 않거나 최소화될 수 있다.

표 3. FV의 재증발증기와 응축수 탱크의 벤트 스팀을 회수하여 재사용할 경우 에너지 절감 금액 산출

	에너지 절감량			온실가스 감축				절감 금액 Total 백만원/년
	스팀량 kg/hr	절감 금액 백만원/년	유효 절감액 백만원/년	LNG 환산량 Nm^3/년	온실가스량 Ton-C/년	온실가스량 Ton-CO_2/년	유효 절감액 백만원/년	
벤트 스팀	1,196	516.52	309.9	559,567	203	745	22.4	332.3

※ 투자비 약 4억원을 고려하면 ROI는 1.2년으로 투자 타당성이 매우 높다.

유효 절감율	60	% (40% 안전율 고려)	스팀 단가	60,000	원/ton	LNG TOE 환산 계수	0.955
스팀 원단위	65	Nm^3/ton-st	운전 시간	7,200	hr/년 (24hr × 300일 가동 기준)	LNG C 환산 계수	0.637
LNG 발열량	9,540	kcal/Nm^3	온실가스 단가	30,000	원/ton-CO_2	가스연료 탄소 산화율	0.995

지금까지 스팀 사용 설비에서 발생되는 응축수의 열량을 최대한 회수할 수 있는 방법을 실제사례를 통하여 설명하였다.

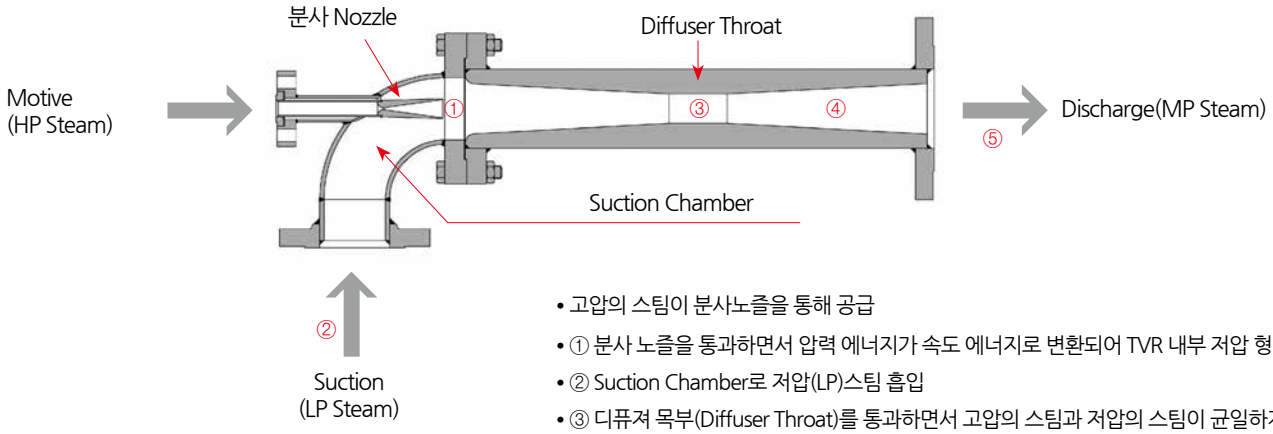
고온의 응축수 열량은 공정에서 최대한 재활용하고 최종 급수 탱크에 도달할 때는 최대한 낮은 온도로 회수되는 것이 최적안임을 다시한번 강조한다.

본 현장과 같이 TVR 및 EVC, DY 타입 탈기헤드 등을 적용하여 응축수의 열량을 최대한 회수할 수 있는 조건을 가진 현장은 아직까지 많이 있을 것으로 생각한다. 필자는 스팀 시스템 진단 엔지니어로서 개선이 필요한 더 많은 현장을 발굴 및 개선활동을 함으로써 에너지 절감 활동에 기여하고자 한다.

TVR (Thermo Vapor Recompressor)이란?

TVR은 저압스팀과 고압의 스팀을 혼합하여 사용처에서 원하는 스팀압력으로 만들어주는 장치로, 주로 재증발증기를 회수하거나 낮은 압력의 스팀을 승압시킬 때 사용되고 있다.

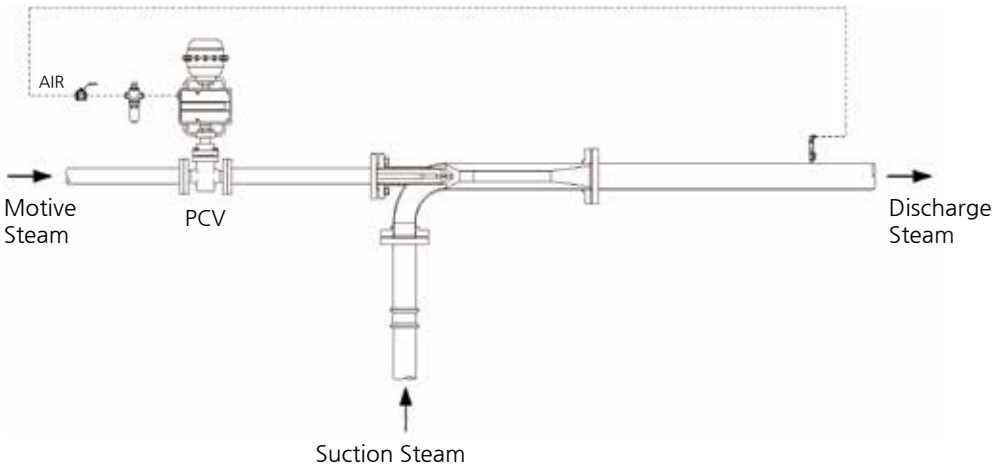
TVR 작동원리



- 고압의 스팀이 분사노즐을 통해 공급
- ① 분사 노즐을 통과하면서 압력 에너지가 속도 에너지로 변환되어 TVR 내부 저압 형성
- ② Suction Chamber로 저압(LP)스팀 흡입
- ③ 디퓨져 목부(Diffuser Throat)를 통과하면서 고압의 스팀과 저압의 스팀이 균일하게 혼합
- ④ 디퓨져 목부(Diffuser Throat)를 지나 속도 에너지는 압력 에너지로 재변환
- ⑤ 특정 배출압력까지 압축되어 중압(MP)스팀으로 배출

TVR 설치

TVR의 설치는 아래 그림과 같이 간단하다. TVR의 후단 압력을 사용처에서 요구하는 압력으로 유지하기 위하여 TVR 전단에 압력 컨트롤밸브(PCV)를 설치한다. TVR 설계 시 주의할 점은 현장 사용처에서 요구하는 압력보다 상당히 높은 압력의 스팀이 있어야 적용 가능하고, TVR에서 생성되는 스팀 유량이 사용처의 스팀 소요량보다 많으면 스팀의 흐름이 둔화되어 TVR의 성능이 저하될 수 있으므로 설계 시 TVR Discharge[MP] Steam 유량을 사용처의 스팀 소요량보다 적게 설계해야 한다.



TVR 장점

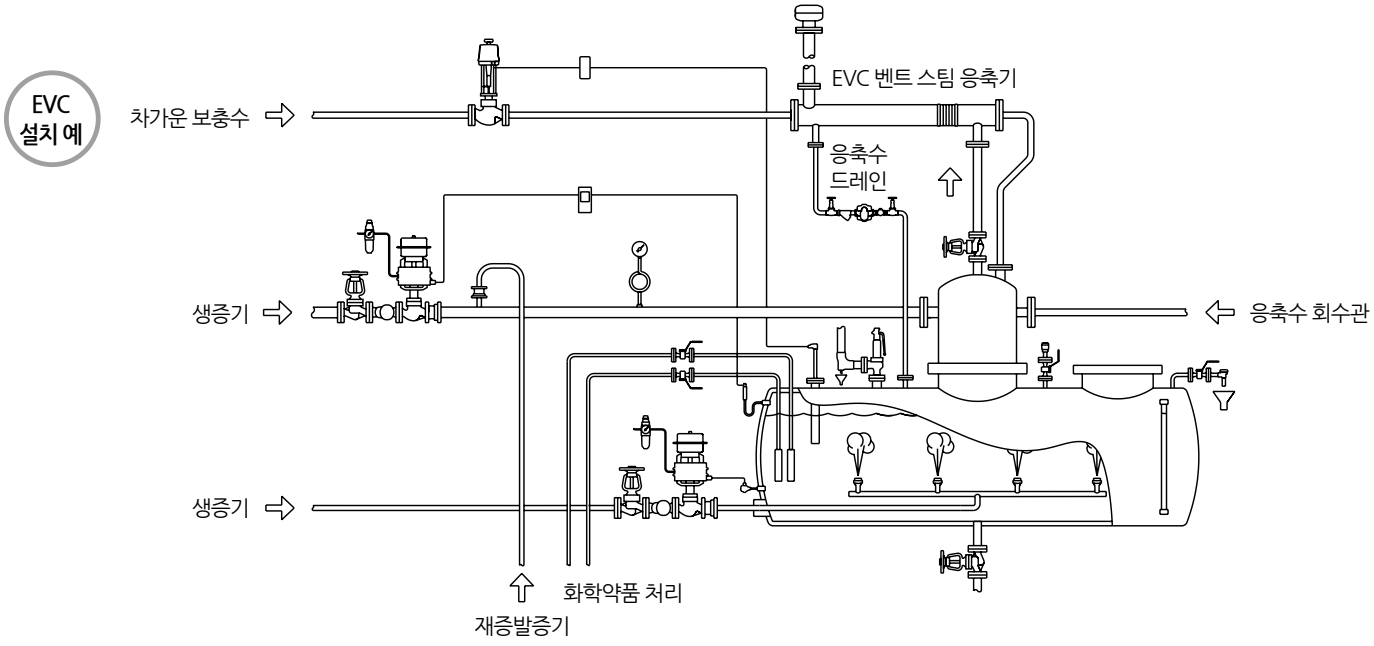
- 가동부위가 없다.
- 유지보수가 거의 불필요하다.
- 구조가 간단하다.
- 열손실 없이 열의 재사용이 가능하다.
- 운전비가 거의 없다.
- 설치가 쉽다.
- 친환경적이다.
- 방폭지역에 적합하다.

TVR 시스템 적용 시 고려사항

스팀 사용 설비의 스팀트랩 또는 바이패스 밸브의 고장으로 스팀이 리크되어 후레쉬 베셀로 인입될 수 있으므로 TVR 시스템 적용 검토 단계에서 반드시 스팀트랩 진단을 수행하여 후레쉬 베셀로 응축수만 유입이 되도록 해야 한다.
TVR에서 생성되는 스팀 유량은 공정의 최소 스팀 요구량보다 적게 설계하고, 필요 시 Make up 라인을 구성해야 100% 성능을 발휘할 수 있다.
TVR의 운전특성상 스팀의 흐름이 원할하지 않으면 스팀 속도가 느려져 TVR 내부 압력을 낮출 수 없게 되므로 후레쉬 베셀에서 발생하는 재증발증기를 제대로 흡입할 수 없게 된다. (→ 후레쉬 베셀 압력 상승 요인)

EVC (Exhaust Vent steam Condenser)

EVC는 응축수 탱크 또는 급수 탱크의 벤트 스팀을 회수하여 급수 또는 공정수를 승온시키는 벤트 스팀 컨덴서(응축기)로 에너지 절감 장치의 한종류이다.



EP6 포지셔너
전기 공압식

EP6 전기 공압식 포지셔너는 NAMUR 규격을 준수하는 선형 또는 회전 공압식 구동기에 의해 구동되는 밸브를 제어할 수 있다. EP6는 밸브 스트로크와 포지셔너의 전기 입력신호(mA) 값 사이의 정확한 비례성을 보장한다. EP6는 옥외 설치가 가능한 알루미늄 캐스팅 하우징으로 공급된다. 포지셔너는 55 ~ 90° 회전식 또는 20 ~ 150 mm 선형 구동기에 장착이 가능하다. 포지셔너는 마운팅 키트 포함 여부를 선택하여 주문할 수 있다.
EP6는 공압식 구동기로 지시되는 압축공기 압력을 나타내는 압력 게이지가 표준으로 제공된다.
포지셔너는 mA 단위의 제어 신호를 다루며 최대 7 bar g의 압축공기 압력에 사용 가능하다.
EP6 포지셔너를 통해 제어 신호의 동작 형태를 반전시킬 수 있다.

◉ 안전정보

운전지침서에 의거하여 자격을 갖춘 사람이 본 제품을 올바르게 사용하고 설치, 시운전 및 유지보수를 해야만 안전한 운전을 보증할 수 있다.
배관과 설비 공사에 대한 일반적인 시방과 안전 규정뿐만 아니라 공구 및 안전장비의 적절한 사용 규칙을 준수해야 한다.

결선 : 본 제품은 사용자의 안전을 최우선으로 설계되었지만, 최상의 안전을 위해 다음과 같은 주의사항을 숙지하고 예방조치를 취한다.

- 제품이 올바르게 설치되었는지 확인한다. 본 문서에 명시된 절차를 따라 설치하지 않은 경우 사용자의 안전을 보장할 수 없다.
- 결선 작업은 IEC 60364 또는 이와 동등한 표준에 따라 수행해야 한다.
- 보호 접지 도체에 퓨즈를 장착해서는 안된다. 다른 장비의 분리 또는 제거로 인해 보호 접지 시스템의 무결성이 저하되어서는 안 된다.

조명 : 세밀하고 복잡한 작업이 필요한 곳에서는 적절한 조명을 갖추어야 한다.

배관 내의 위험 액체 또는 가스 : 현재 배관 내에 무엇이 있는지 또는 이전에 배관 내부에 무엇이 있었는지 점검한다. 인화성 물질, 인체에 유해한 물질, 높은 온도에 대해서는 사전에 충분한 안전대책을 강구하여야 한다.

제품 주변의 위험한 환경 : 폭발 위험 지역, 산소가 부족한 지역(예: 탱크 또는 비트), 위험한 가스, 온도가 매우 높은 곳, 뜨거운 표면, 화재의 위험이 있는 장소(예 : 용접 시), 심한 소음, 움직이는 기계류 등에 대해서는 사전에 충분한 안전대책을 강구하여야 한다.

시스템 : 예정된 작업이 전체 시스템에 미치는 영향을 고려해야 한다. 예정된 조작(예, 차단밸브를 닫는 것, 전원 차단)이 시스템의 다른 부분 혹은 사람에게 위험을 줄 수 있는지 확인한다. 배기 밸브나 보호 장치의 차단 또는 제어장치나 경보장치의 비정상적인 작동 등은 위험을 초래할 수 있다. 시스템에 갑작스러운 충격을 피하기 위해 차단밸브는 천천히 개폐되어야 한다.

압력 시스템 : 안전한 작업을 위해서는 예정된 작업구간으로 유입되는 압력을 차단하고, 대기압 상태로 안전하게 배기하여야 한다. 압력을 이중으로 격리(이중 차단과 배기)하는 것을 고려해야 하고, 작업 도중 닫혀 있는 밸브를 열지 못하도록 잠금장치를 하거나 "밸브 닫힘" 등의 라벨을 부착한다. 압력계가 "0"을 지시하더라도 시스템에 압력이 없다고 추정해서는 안 된다.

작업의 허가 : 모든 작업은 적절한 자격을 갖춘 사람이 수행하거나 감독해야 한다. 설치 및 운전자는 스파이렉스사코의 "설치 및 정비 지침서"를 충분히 읽고 숙지하여야 한다. 공식적인 작업 허가 절차가 있는 경우에는 반드시 그 절차를 따라야 한다. 그러한 절차가 없는 경우 책임자는 작업 진행 상황을 반드시 파악하고 있어야 하며, 필요하다면 안전 책임자를 두는 것을 권장한다. 필요하다면 "경고" 문구를 표시하도록 한다.

⦿ 간편 영점, 스판 셋팅

EP6 포지셔너

커버 분리

커버 분리

결선 확인
(4-20mA DC)

4mA 영점 조정
(제로휠 -,+ 조정)

영점 확인
(4mA 밸브 0%)

스트로크 확인
(20mA에서 높이 mm)

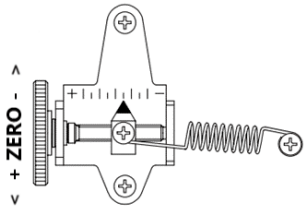
일자 드라이버로 스판 조정
(스판 핸들 -,+ 조정)

스트로크 확인
(20mA 100%)

스트로크 확인
(12mA 50% 확인)

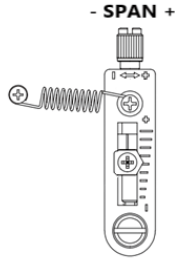
영점 확인

완료



영점 조정

입력신호 4mA (혹은 20mA)를 인가하고, 제로 휠을 위쪽이나 아래쪽으로 돌려 구동기의 영점을 맞춘다.
휠을 아래쪽 "+" 방향으로 돌리면 제로 스프링이 당겨지면서 제로가 올라가고, 위쪽 "-"로 돌리면 영점이 내려간다.



스판 조정

영점 조정 후, 최종 입력신호 20mA (혹은 4mA)를 인가한다.
액츄에이터가 정지했을 때 원하는 최종점에 못 미치면 스판의 핸들을 일자 드라이버로 "+" 방향으로 돌려서 맞춰준다. 최종점을 넘어가서 정지했다면 반대로 조절해 준다.

* 스판을 조정하면 영점도 변경되므로 다시 영점을 조정한다. 또한 영점을 변경하면 스판도 변하므로 다시 스판도 조정한다.
동일 과정을 반복하여 25%, 50%, 75% 스트로크까지 확인하고 영점 / 스판 셋팅을 완료한다.

⦿ 이상 현상에 대한 조치 방법

이상 현상	점검 방법	조치 방법
전류를 입력해도 포지셔너가 작동하지 않음	• 공급 에어 압력 확인 • 전류 신호가 정상적으로 포지셔너로 입력되는지 확인 • 포지셔너의 제로, 스판 확인 • 피드백 레버가 구동기에 정상적으로 설치되어 있는지 확인	- 압력 재조정 - 4~20mA 확인 - 제로, 스판 조정 - 레버 재조정
Out1 출력 압력이 포지셔너로 인가되는 공급 압력까지 올라가서 내려오지 않는 경우	• 오토 매뉴얼 스위치에서 에어 누설 여부 확인 • 노즐과 플래퍼 사이에서 단속이 이루어지지 않거나 파손되었는지 확인 • 오토 매뉴얼 스위치 고정 오리피스 막힘 여부 확인	- 스위치 또는 파일로트 유니트 교체 - 공장 입고 수리 - 고정 오리피스 청소
구동기에서 헌팅	• 파일로트 유니트 옆의 안정화 스프링이 빠져있지 않는지 확인 • 구동기가 small sizing • 밸브와 구동기 사이 마찰력 과다	- 빠져 있다면 끼워주기 - 파일로트 유니트에 오리피스 삽입 - 구동기 sizing up 또는 밸브 씰 마찰력 줄이기
밸브 선형성(Linearity)이 좋지 않은 경우	• 포지셔너 설치 위치 확인 • 50% 입력 신호에 피드백 레버가 수평 상태 확인 • 지나치게 낮은 영점, 스판 조절이 크게 되어 있는지 확인	- 피드백 레버 재조정 - 영점 조절 후 스판 조정

* 본 점검 절차는 유튜브에 등록된 동영상을 통해 확인이 가능합니다.
https://youtu.be/jDyrfJCLUiw
* 유튜브 검색창에서 "한국스파이렉스사코"로 검색하면 더 많은 정보를 얻을 수 있습니다.

한국스파이렉스사코(주)
서비스영업팀 정유성 차장

Steam Trap Audit 2022 스팀트랩 진단사 자격 검정 안내

등급	내용	2022년 교육 및 검정 일정		교육비 (검정료, VAT 포함)
Level 1	스팀의 발생, 성질, 이용방법 스팀트랩 종류, 작동원리, 설치, 진단방법, 검정방법 스팀트랩 진단기 종류, 구조, 작동원리	33회 : 6. 15 (수) ~ 17 (금) 34회 : 11. 16 (수) ~ 18 (금)	3일 출퇴근 (16시간)	220,000원
			2박 3일	715,000원

* 출퇴근과 숙박 중에 선택하실 수 있으며, 숙박 시 교육비가 추가됩니다. 객실은 COVID-19로 인해 1인실만 운영합니다.

2022년 스팀기술연수교육 안내

본 교육은 국내 유일의 교육과정으로 스팀 및 공정 유체 분야의 기술 향상과 에너지 절감에 대한 최신의 기술 지식을 보급하기 위하여 스팀관련 현장 실무자 및 엔지니어를 대상으로 실시하고 있습니다. 1982년 시작하여 매년 20회 이상의 정규과정과 특별과정을 실시해 오고 있으며, 2021년까지 약 18,600여 명 이상이 본 과정을 수료하였습니다.

6월 정비과정을 시작으로 대면 교육이 실시됩니다. 예정된 일정을 참고하시어 신청해 주시기 바랍니다. 10명 이하 접수 시에는 과정이 취소될 수 있사오니 양해 바랍니다. 자세한 사항은 당사 홈페이지 **www.spiraxsarco.com/global/kr**에서 확인해 주시기 바랍니다.

◈ 2022 스팀기술연수교육 일정 (하기 일정은 당사 사정에 따라 변경될 수 있으니 반드시 신청 전에 확인하여 주시기 바랍니다.)

JUN 06	JUL 07	AUG 08	OCT 10	NOV 11	DEC 12
STSC 2207 정비과정 08 (수) ~ 10 (금)	STSC 2209 일반과정 06 (수) ~ 08 (금)	STSC 2210 선박과정 24 (수) ~ 26 (금)	STSC 2212 일반과정 12 (수) ~ 14 (금)	STSC 2215 2차 설비분야 대학(대학원)생과정 03 (목)	STSC 2218 정유 및 석유화학과정 08 (목) ~ 09 (금)
STSC 2208 일반과정 22 (수) ~ 24 (금)	STSC 2211 기초종합과정 11 (월) ~ 15 (금)		STSC 2213 일반과정 19 (수) ~ 21 (금)	STSC 2216 일반과정 09 (수) ~ 11 (금)	STSC 2219 일반과정 14 (수) ~ 16 (금)
			STSC 2214 스팀보일러 하우스과정 27 (목) ~ 28 (금)	STSC 2217 정비과정 23 (수) ~ 25 (금)	

과정명		횟수	대상	기간	교육비 (VAT 포함)
일반과정		9	스팀 시스템을 관리하는 공무, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자	2박 3일	715,000원
ESPP를 통한 에너지절감과정		1	산업체 및 빌딩의 스팀 및 유체 에너지 관련 담당자, 관리 / 운용자		
선박과정		1	조선 회사의 설계, 시설, 정비, 원동 및 열관리 담당자		
정비과정		2	스팀 설비 정비 실무 담당자		
스팀보일러하우스과정		1	보일러 및 냉각수 시스템을 관리하는 운전, 공무, 시설, 열관리 담당자	1박 2일	555,500원
제어 및 모니터링과정		1	스팀 시스템에서 계측제어, 스팀 설비관리 담당자(운전, 정비, 운용, 관리)		
정유 및 석유화학과정		1	엔지니어링 회사의 설계 담당자 및 석유화학 회사의 설계, 정비, 생산부 실무자		
기초종합과정		1	스팀 시스템 실무 3년 이하의 초보자 또는 신입사원	4박 5일	1,232,000원
설비분야 대학(원)생과정		2	스팀 시스템의 기초 교육을 원하는 대학생 또는 대학원생	1일	무료
특별과정	수배관과정	-	수배관 시스템 관리, 설계 담당자	1박 2일	555,500원
	식음료 및 헬스케어과정		식음료, 제약, 병원 및 헬스케어 회사의 설계, 시설, 정비, 원동, 생산부 실무자		
	기타		각 산업 현장에서 실무적으로 스팀 시스템을 관리하는 공무, 시설, 설비 등 열관리 담당자 (고객의 요청에 따라 단위 회사별 특별 과정을 실시할 수 있습니다. 원하시는 고객은 당사 영업사원과 협의해 주시기 바랍니다.)		

* 출퇴근과 숙박 중에 선택하실 수 있으며, 숙박 시 교육비가 추가됩니다. 객실은 COVID-19로 인해 1인실만 운영합니다.
* **문의 :** 기술연수원 교육담당 T. 032-820-3080 / e-mail. Training@kr.spiraxsarco.com

스팀은 필수적입니다.
대부분의 주요 산업은 스팀에 의존합니다.

스팀은 친환경적이며 일상생활의 일부입니다.
하지만 이 놀라운 유체는 다양한 핵심 산업에서 효율 높은 도구이며 우리의 지속 가능한 미래와의 관계가 커지고 있습니다.
스팀이라는 이름만으로 스팀의 모든 것을 설명할 수 없습니다.
스팀은 Natural Technology입니다.

스팀은 다른 유체에는 없는 탁월한 특성이 있습니다.

높은 에너지 밀도
대용량 에너지를 효과적으로 전달 가능

정확한 온도 제어
압력 제어로 스팀 온도를 손쉽게 관리

소규모 기반시설
기치 공정 공간 최소화

자연스러운 흐름
펌프 불필요

효율적인 열전달
가열 표면 또는 제품에 직접 적용 가능

자연스러운 물 순환
회수 및 재사용을 위해 폐만 배출

스팀은 다양한 적용처 및 사용 분야에 기여합니다.

발전, 살균, 세척, 가습, 조리, 냉동/냉각

본 〈스팀피플〉은 당사의 교육 및 세미나 참석 시 제공하여 주신 [개인정보 제공 동의서] 또는 명함에 따라 발송해 드리고 있습니다.
한국스파이렉스사코㈜는 고객님의 개인정보보호를 항시 소중히 보호하고 있으며 이용 항목과 활용 범위는 아래와 같습니다.

- **개인 정보 이용 항목 :** 회사명, 주소, 고객명, 직책, 연락처, E-Mail 주소
- **개인 정보 활용 범위 :** 고객관리, 스팀피플 및 기술자료 발송 / 세미나 안내

한국스파이렉스사코㈜가 제공하는 스팀피플 및 기술자료, 세미나 안내를 원하지 않으실 경우에는 접수처 E-mail 주소 (SSKDesk@Kr.spiraxsarco.com)로 개인정보 제공 동의 취소를 요청하실 수 있습니다. 접수된 요청에 따라 고객님의 개인 정보는 지체 없이 삭제 처리되어 이후 일체의 세미나 안내, 스팀피플 및 기술자료가 발송되지 않을 것입니다.
보다 상세한 개인정보 처리방침은 한국스파이렉스사코㈜ 홈페이지(www.spiraxsarco.com/global/kr) 에서 확인하실 수 있습니다. 감사합니다.