



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년07월30일
(11) 등록번호 10-0909443
(24) 등록일자 2009년07월20일

(51) Int. Cl.

G01M 13/00 (2006.01) F16K 17/00 (2006.01)

G01M 19/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0116753

(22) 출원일자 2008년11월24일

심사청구일자 2008년11월24일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020050069686 A

US4893494 A

KR1020040059526 A

KR100311775 B1

(73) 특허권자

한국수력원자력 주식회사

서울특별시 강남구 삼성동 167번지

(72) 발명자

오승중

대전광역시 유성구 전민동 세종아파트 101동 1108호

정동욱

서울특별시 강남구 역삼2동 역삼2차 아이파크 102동 1002호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

남진우, 배철우

전체 청구항 수 : 총 26 항

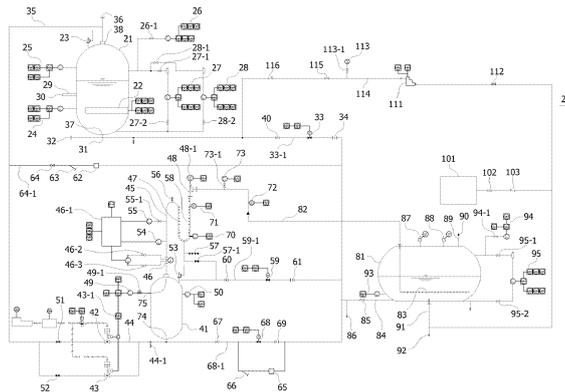
심사관 : 이봉훈

(54) 안전밸브 성능시험장치 및 시험방법

(57) 요약

본 발명은 원자로 설비에 설치되어 있는 가압기 안전밸브와 동일한 운전조건에서 성능시험을 수행함으로써 정확한 성능시험을 수행할 수 있는 가압기 안전밸브 성능시험장치 및 시험방법을 제공하고자 함에 그 목적이 있다. 이를 구현하기 위하여 본 발명은, 안전밸브에 대한 설정압력시험, 누설시험, 유량시험, 블로우다운(Blow Down) 시험, 그리고 루프실(Loop Seal)의 물방출시험, 안전밸브 방출하중시험 등을 수행할 수 있는 안전밸브 성능시험 장치에 있어서, 내부에 채워진 일정량의 물을 가열하기 위한 1개 이상의 전열기(22)를 구비하고 상기 전열기(22)에 의해 발생된 증기를 고압의 상태로 저장하는 축압기(21), 상기 축압기(21)로부터 유량과 압력이 제어된 후 공급된 증기를 고압의 상태로 저장하여 시험대상 안전밸브(48)에 시험 압력을 제공하는 시험용기(41), 상기 축압기(21)에 공급할 탈염수를 저장하는 한편, 상기 시험대상 안전밸브(48)의 방출 증기를 응축하여 수집하는 압력방출탱크(81) 및 상기 압력방출탱크(81)에 저장되어 있는 물을 상기 축압기(21)에 공급하기 위한 급수펌프(111)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도



(72) 발명자

박중운

대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 409동 80
1호

권갑주

대전광역시 유성구 지족동 977 반석마을아파트 10
4동 1801호

김창현

대전광역시 동구 신흥동 신흥마을아파트 105동
1901호

특허청구의 범위

청구항 1

안전밸브에 대한 설정압력시험, 누설시험, 유량시험, 블로우다운(Blow Down) 시험, 그리고 루프실(Loop Seal)의 물방출시험, 안전밸브 방출하중시험을 수행할 수 있는 안전밸브 성능시험장치에 있어서,

내부에 채워진 일정량의 물을 가열하기 위한 1개 이상의 전열기(22)를 구비하고 상기 전열기(22)에 의해 발생된 증기를 소정의 압력으로 저장하는 축압기(21);

상기 축압기(21)로부터 유량과 압력이 제어된 후 공급된 증기를 저장하여 시험대상 안전밸브(48)에 시험 압력을 제공하는 시험용기(41);

상기 축압기(21)에 공급할 탈염수를 저장하는 한편, 상기 시험대상 안전밸브(48)의 방출 증기를 응축하여 수집하는 압력방출탱크(81) 및;

상기 압력방출탱크(81)에 저장되어 있는 물을 상기 축압기(21)에 공급하기 위한 급수펌프(111);를 포함한 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 압력방출탱크(81)의 내부에는 시험대상 안전밸브(48)의 방출 증기가 수면 아래로 분사되도록 하는 분사장치(83)가 구비된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 분사장치(83)에는 시험대상 안전밸브(48)에서 방출된 증기가 분사될 수 있는 다수의 구멍(121)이 일정한 크기와 간격으로 분포하여 형성된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 축압기(21) 하부에는 상기 급수펌프(111)에 의해 공급된 물을 주입하거나 배수할 수 있는 배관(31)이 연결되어 있고, 상기 배관(31)에는 타 장치나 설비에서 축압기의 물을 이용하고자 할 경우 이를 연결하는데 사용하는 블라인드 플랜지(32)가 구비된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 축압기(21) 내부 물의 배수를 위해 축압기(21)와 압력방출탱크(81)는 배관(31)으로 연결되고, 상기 배관(31) 상에는 배수밸브(33)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 배수밸브(33)의 후단에는 유량과 압력을 감소시킬 수 있는 오리피스(34)가 구비된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 축압기(21) 상부에는 축압기(21)에서 배출된 증기가 상기 시험용기(41)로 공급되도록 연결하는 배관(35)이 설치되고, 상기 배관(35)에는 타 장치나 설비에서 축압기의 증기를 이용하고자 할 경우 이를 연결하는데 사용하

는 블라인드 플랜지(36)가 구비된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 축압기(21) 상부와 시험용기(41) 하부 사이를 연결하는 배관(44) 상에는 축압기(21)의 증기를 시험용기(41)에 소정의 유량으로 공급하고 가압할 수 있는 제1압력제어밸브(42)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1압력제어밸브(42)와 병렬로 설치된 배관 상에는 시험용기(41)를 예열할 때, 또는 시험용기(41)의 압력을 자동으로 일정하게 유지할 때, 또는 시험용기(41)를 소정의 가압물로 가압하여 시험대상 안전밸브(48)를 시험할 때 사용하기 위하여 상기 제1압력제어밸브(42)보다 용량이 작은 제2압력제어밸브(43)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제1압력제어밸브(42) 전단 배관에 생성되는 응축수를 압력방출탱크(81)로 배출하기 위해 증기트랩(62)이 구비된 배관(64-1)이 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 시험용기(41) 그리고 제1압력제어밸브(42)부터 시험용기(41) 사이의 배관(44)에서 생성되는 응축수를 압력방출탱크(81)로 배출하기 위해 증기트랩(65)이 구비된 배관(68-1)이 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 증기트랩(65)과는 별도로 상기 시험용기(41) 하부의 응축수를 배출하기 위한 응축수 배출밸브(68)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 응축수 배출밸브(68)의 후단에는 유량과 압력을 감소시킬 수 있는 오리피스(69)가 구비된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 시험용기(41)와 시험대상 안전밸브(48) 사이에는 루프실 물방출시험을 위해 물이 채워질 수 있는 형상의 굴곡진 루프실(47)이 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 시험대상 안전밸브(48)와 그 전단 배관에는 보온 전열기(Electrical Heat Tracing)(58)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 16

제1항에 있어서,

상기 시험용기(41)의 예열을 위해 상기 시험용기(41)로부터 상기 압력방출탱크(81) 측으로 증기가 배출될 수 있도록 예열배관(59-1) 상에 예열밸브(59)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 예열밸브(59)의 후단에는 유량과 압력을 감소시킬 수 있는 오리피스(61)가 구비된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 압력방출탱크(81)에는 탱크 내부 압력이 소정의 압력 이상이 되면 파열되는 하나 이상의 파열판(87,88)이 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 19

제1항에 있어서,

상기 압력방출탱크(81)와 급수펌프(111) 사이에는 상기 압력방출탱크(81)에 물을 공급하는 수처리부(101)가 설치된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 수처리부(101)는 미 정화수를 다단계의 정화수단을 통해 탈염수로 정화한 후 상기 압력방출탱크(81)에 탈염수를 공급하도록 이루어진 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 21

제1항, 제2항, 제4항, 제5항, 제7항, 제8항, 제14항, 제16항, 제18항, 제19항 중 어느 하나의 항에 있어서,

상기 축압기(21)와 시험용기(41)와 압력방출탱크(81) 및 급수펌프(111)는 폐회로를 구성하는 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험장치.

청구항 22

안전밸브에 대한 설정압력시험, 누설시험, 유량시험, 블로우다운(Blow Down) 시험, 그리고 루프실(Loop Seal)의 물방출시험, 안전밸브 방출하중시험을 수행할 수 있는 안전밸브 성능시험장치에 있어서,

- 1) 축압기(21)에 공급할 탈염수를 저장하는 한편, 시험대상 안전밸브(48)의 방출 증기를 응축하여 수집하는 압력방출탱크(81)에 소정량의 물을 충수하는 단계;
- 2) 상기 압력방출탱크(81)의 물을 급수펌프(111)로 상기 축압기(21)에 소정량의 수위까지 충수하는 단계;
- 3) 상기 축압기(21)에 충수된 물을 전열기(22)로 가열하여 증기가 발생하는 단계;
- 4) 상기 축압기(21)에서 발생한 증기의 유량과 압력이 제어되면서 시험용기(41)에 공급되고, 상기 축압기(21)와 시험용기(41)가 미리 설정된 소정의 압력으로 축압되는 단계;
- 5) 상기 축압기(21)의 전열기(22)를 계속 운전하여 상기 시험대상 안전밸브(48)의 동작압력까지 압력을 증가시켜 시험대상 안전밸브(48)를 시험하는 단계;

로 이루어진 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험방법.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 제4)단계는, 상기 축압기(21)와 시험용기(41)의 압력이 소정의 압력에 도달하면 축압기(21)와 시험용기(41) 사이에 설치된 제1압력제어밸브(42)와 진단 차단밸브(51)를 닫고, 상기 제1압력제어밸브(42)와 병렬로 설치되고 제1압력제어밸브(42)보다 용량이 작은 제2압력제어밸브(43)에 의해 시험용기(41)의 압력이 일정하게 제어되도록 운전되는 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험방법.

청구항 24

제22항에 있어서,

상기 제5)단계는, 상기 축압기(21)의 전열기(22)를 계속 운전하여 축압기(21)에는 시험대상 안전밸브(48) 시험에 필요한 증기량이 축적되는 소정의 압력까지 증기를 축압하고, 제2압력제어밸브(43)를 이용하여 시험용기(41)의 압력을 시험대상 안전밸브(48)가 동작할 때까지 증가시켜 시험대상 안전밸브(48)를 시험하는 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험방법.

청구항 25

제22항에 있어서,

상기 제5)단계는, 상기 축압기(21)는 시험대상 안전밸브(48) 시험에 필요한 증기량이 축적되는 소정의 압력까지 증기를 축압하고, 이후 제1압력제어밸브(42)를 개방하여 시험대상 안전밸브(48)에 필요한 가압률 또는 증기유량을 제공하여 시험대상 안전밸브(48)를 시험하는 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험방법.

청구항 26

제22항에 있어서,

상기 제4)단계에서는, 상기 시험용기(41)에 연결된 예열밸브(59)를 간헐적으로 개방시켜 축압기(21) 내의 증기가 시험용기(41)를 통해 배출되는 단계가 포함된 것을 특징으로 하는 안전밸브 성능시험방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 원자력발전소의 원자로냉각재계통(Reactor Coolant System)에 설치되어 있는 가압기 안전밸브(Pressurizer Safety Valve)의 성능시험장치 및 시험 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가압기 안전밸브에 대한 설정압력시험, 누설시험, 유량시험, 블로우다운(Blow Down) 시험, 그리고 루프씰(Loop Seal)의 물방출시험, 안전밸브 방출하중시험 등을 수행할 수 있는 안전밸브 성능시험장치 및 시험 방법에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 일반적으로 안전밸브(Safety Valve)는 입구측 정압에 의해 자동으로 작동하는 압력방출장치이며 순간적으로 개방되는 특징을 가지고 있다. 안전밸브는 일반적으로 밸브 내측에 스프링이 장착되어 있으며 이 스프링에 작용하는 힘에 의해 밸브가 개폐된다. 이러한 안전밸브는 유체를 다루는 장치에서의 과압(Overpressure)을 방지하거나 일정한 압력을 유지하기 위해 사용하고 있다.
- <3> 특히 원자력발전소의 원자로냉각재계통 가압기 안전밸브는 원자로 설비의 과압을 방지하는 아주 중요한 설비이다. 따라서 이 가압기 안전밸브는 허용된 설정압력 오차범위(예를 들면 $\pm 1\%$)에서 정확하게 작동하는 것을 확인하기 위해 주기적으로 시험을 실시하고 있다.
- <4> 가압기 안전밸브의 시험 방법은 가동중시험(In-service Inspection) 기술기준인 미국기계학회 기술기준(ASME OM-App. I, ASME PTC 25), 대한민국 전력산업 기술기준(KEPIC MOD, MBK) 등에 상세하게 기술되어 있다.
- <5> 이러한 기술기준에 따라 가압기 안전밸브는 5년에 1회 설정압력 시험을 하며, 전체 안전밸브 중에서 최소한 20%의 밸브는 2년 이내에 설정압력 시험을 한다. 이 안전밸브의 일부분을 교체한 경우에는 떼어낸 안전밸브의 설정압력 시험을 전력 생산을 재개하기 전에 수행한다.

- <6> 이러한 기술기준에 따른 시험방법에는 안전밸브가 설비에 설치된 채로 보조구동장치(Auxiliary Lift Device)를 이용한 시험(In Situ Testing), 벤치세트(Bench Set)에 안전밸브를 장착하고 시험하는 벤치시험(Bench Testing), 그리고 소외 시험설비(Off-site Test Facility)를 이용한 시험(Test Facility Testing)이 있다.
- <7> 보조구동장치를 이용한 시험은 안전밸브가 설비에 설치되어 있는 상태에서 설정압력을 측정하는 방법이다. 특히 안전밸브가 설비에 용접과 같은 방법으로 설치되어 있을 경우에는 이 시험방법이 유일한 시험방법이기도 하다.
- <8> 보조구동장치는 안전밸브의 개방을 위해 계통 압력에 보조 인양력을 가하는 장치이다. 설정압력 시험을 위해서는 안전밸브에 보조구동장치를 장착하고, 30분 이상 열평형을 이룬 후 보조구동장치의 공기 모터 압력을 안전밸브 설정 압력까지 서서히 증가시켜 안전밸브를 순간 개방(Pop Open) 하도록 한다.
- <9> 보조구동장치를 이용한 가압기 안전밸브의 설정압력 시험은 시험 중 발전소 운전에 미치는 영향을 최소화하고 발전소 계획예방정비(Overhaul) 동안 가압기 안전밸브의 정비 필요 유무를 확인하기 위해 일반적으로 원자로 정지 후 냉각운전 전에 보조구동장치를 이용하여 시험을 수행하기도 한다. 이와 같은 시험을 수행할 때 운전되고 있는 원자로냉각재계통 압력이 감소하는 과도현상(Transient)이 발생할 수 있고, 방사성 물질을 포함하고 있는 유체가 안전밸브를 통해 방출됨에 따라 오염이 확산되거나 타 계통의 운전에 영향을 주는 문제점들이 뒤따르게 된다.
- <10> 이러한 설정압력 시험을 수행할 때 안전밸브에 루프실이 구비되어 있을 경우 루프실 내의 물을 배수한 상태에서 시험을 하면 루프실의 물 방출과 조합된 안전밸브의 작동 영향을 측정할 수 없고, 루프실내의 물을 배수하지 않고 시험할 경우에는 안전밸브 동작시 루프실의 순간적인 물방출로 인해 안전밸브의 부품 손상 또는 진동에 의한 부품의 이완 가능성도 따르게 된다.
- <11> 벤치세트를 이용한 벤치시험은 플랜지가 구비된 벤치세트에 안전밸브를 부착하고 상온에서 시험하는 방법이다. 이 벤치세트에는 질소, 공기 또는 물과 같은 유체의 압력 공급 장치, 압력 조정장치, 시험대상 안전밸브를 연결하는 플랜지, 이 플랜지에 연결된 압력계 등을 구비하고 있으며 어떤 경우에는 여러 가지의 기능과 자동 시험의 수행, 설정치 기록을 위한 차트 레코더 등이 연결된 여러 개의 플랜지를 가진 복잡한 장치도 있다.
- <12> 이러한 벤치세트의 유형은 시험대상인 안전밸브의 수량과 종류, 코드 요건 그리고 사용 가능한 공간에 따라 결정한다. 벤치세트의 예는 대한민국 등록특허 10-0540308호(가압기 안전밸브의 누설 및 압력설정 시험장치, 등록일 : '05.12.26), 대한민국 등록특허 제10-0311775호(안전밸브 시험장치, 등록일 : '01.9.28) 및 미국 등록특허 제4,893,494호(Method and System for Testing Safety Relief Valves, 등록일 : '90.1.16)에 잘 나타나 있다.
- <13> 대한민국 등록특허 10-0540308호(가압기 안전밸브의 누설 및 압력설정 시험장치, 등록일 : '05.12.26)는 가압기 안전밸브를 상온에서 누설시험 및 압력설정시험을 직접 실시할 수 있도록 한 가압기 안전밸브의 누설 및 압력설정 시험장치에 관한 것으로, 이 발명은 누설확인용 플랜지가 구비된 가압기 안전밸브의 누설 및 압력설정 시험장치에 있어서, 질소가스를 저장하고 있는 질소가스 저장부와; 상기 질소가스저장부와 연결되어 질소가스를 가압기 안전밸브의 누설 및 압력설정 시험치 값까지 승압하여 펌핑하고 그 펌핑된 질소가스를 압력저장탱크로 토출하는 펌프와; 상기 펌프로부터 토출되는 질소가스를 저장하는 압력저장탱크와; 상기 압력저장탱크에 연결되어 상기 압력저장탱크로부터 토출되는 질소가스의 압력을 조절하고 그 조절된 질소가스를 고압호스를 통해 누설 및 압력설정 시험용 벤치의 측면에 설치된 주입관으로 토출시키는 압력조절밸브와; 상기 압력조절밸브로부터 주입 받은 누설 및 압력설정 질소가스를 그 상면에 안착된 가압기 안전밸브의 하부로 주입하여 상기 가압기 안전밸브의 누설 질소량과 압력설정 질소량을 테스트할 수 있도록 하는 누설 및 압력설정 시험용 벤치로 구성되어 있다.
- <14> 대한민국 등록특허 제10-0311775호(안전밸브 시험장치, 등록일 : '01.9.28)는 압력을 강제 제공하여 안전밸브의 이상을 시험하는 장치에 있어서, 압력수를 공급하는 고압 세정기; 고압 세정기의 압력수를 하부에서 인가받으면 상부 공간이 고압을 이루어 압력변화에 완충 역할을 하는 수직으로 세워진 압력탱크, 압력탱크에 설정압력이 유지될 때까지 압력수가 시험할 안전밸브를 연결하는 시험 콘넥터 및 시험압력 상태를 기록하는 기록부로 동시에 이동하는 것을 차단하는 메인 밸브, 시험 콘넥터를 통하여 시험할 밸브를 연결시키는 프랜지를 포함하는 테스터부; 상기 테스터부의 메인밸브 출력압력 변화를 전기적 신호로 바꾸어 기록하는 기록부를 포함하여 구성하고, 고압 세정기를 통하여 압력을 제공받는 압력탱크 전단에는 과압시 압력을 출력하는 축적기가 부가되며, 프랜지는 지지판 위에 설치되며, 지지판은 시험할 밸브의 크기에 따라서 선택 사용 가능한 크기로 구성한 것을 특징으로 하는 안전밸브 시험장치이다.

- <15> 미국 등록특허 제4,893,494호(Method and System for Testing Safety Relief Valves, 등록일 : '90.1.16)는 시험 대상 안전밸브가 부착 소통되는 압력용기와 이 압력용기에 유체를 공급하는 고압 유체 저장조를 사용하여 안전밸브를 시험하는 방법과 시스템에 관한 것으로써 시험 대상 안전밸브를 물과 공기로 시험하는 시스템이다. 이 발명은 1개의 1차 압력용기(First Pressure Vessel), 1개의 2차 압력용기(Second Pressure Vessel), 2차 압력용기와 유체가 소통되며 안전밸브를 부착하는 수단, 1차 압력용기로 들어가는 고압유체의 유동을 제어하는 1차 수단, 1차 압력용기와 2차 압력용기 사이를 연결하는 1차 유체 통로, 2차 압력용기와 부착 수단 사이를 연결하는 2차 유체 통로, 1차 압력용기와 2차 압력용기 사이의 유체 유동을 제어하는 2차 수단 등으로 구성되어 있다.
- <16> 이러한 벤치 세트를 이용한 벤치시험은 안전밸브에 대해 상온에서 설정압력 시험 및 시트(Seat) 누설시험 등에 사용하고 있으나 실제 안전밸브가 설비에 설치되어 운전되고 있는 고온 열평형 조건과 상이하다. 따라서 설비 또는 계통(예를 들면 원자로냉각재계통)의 과압 조건에서 안전밸브의 실제 개방 압력이 벤치시험을 통한 안전밸브의 설정압력과 일치하지 않는 문제점이 있다.
- <17> 소의 시험설비를 이용한 시험은 시험대상 안전밸브를 시험설비에 장착하고 안전밸브가 사용되는 설비와 동일한 유체, 온도, 압력 및 열평형 조건에서 시험을 수행하는 시험이다. 따라서 이러한 소의 시험설비를 이용한 안전밸브의 시험은 전술한 시험 방법 중 가장 정확한 시험방법이다. 본 발명의 가압기 안전밸브 성능시험설비는 이 소의 시험설비에 속하는 것으로 가압기 안전밸브가 설치되어 운전되는 동일한 조건으로 시험할 수 있는 설비이다.
- <18> 도 1은 종래의 안전밸브 성능시험장치를 나타내는 개략도이다.
- <19> 이 시험장치는 시험용기(1)가 압력 공급원인 보일러(2)로부터 증기 압력을 공급받는다. 보일러(2)에는 부속장치로써 급수설비(3)와 연료 주입설비 등 부속설비들이 갖추어져 있어야 한다. 시험대상 안전밸브(4)가 시험 중에 파손되어 에너지가 방출될 수 있기 때문에 시험대상 안전밸브(4)와 압력공급원인 보일러(2) 사이에 시험용기(1)를 구비하고, 보일러 압력까지 시험대상 안전밸브(4)에 압력을 부과하거나 시험대상 안전밸브(4)가 시험중 파손되었을 때 보일러(2)의 에너지 방출을 차단할 수 있도록 압력공급밸브(7)와 압력공급밸브 우회밸브(8)를 구비하고 있다. 시험대상 안전밸브(4)와 시험용기(1) 사이에 설치되어 있는 시험대상 안전밸브 차단밸브(5)는 안전밸브의 파손 또는 누설시 증기의 차단을 위한 밸브이며, 이 밸브는 시험용기에서 시험대상 안전밸브(4)로 주입되는 시험 유체의 유동이 제한되지 않도록 충분한 크기를 가진다. 두 개의 밸브(5,6)를 연결한 배관은 시험대상 안전밸브(4)와 시험용기(1) 사이에서 불필요한 압력 강하가 발생되지 않도록 충분한 크기를 가진다. 안전밸브의 전체 유동 시험을 수행하는 시험설비는 모든 밸브, 어댑터, 플렌지, 시험 노즐들이 시험대상 안전밸브의 방출력을 감당하고, 시험용기로 전달되는 이 방출력에도 견디도록 설계되어 있다. 모든 압력 감지관은 시험 중에 발생하는 유체 속도로 야기되는 압력 측정 오류를 피하기 위해 시험용기(1)의 입구 노즐(12)과 출구 노즐(13)로부터 떨어져 연결되어 있다. 증기를 이용한 시험일 경우 시험설비는 보온재로 보온이 되고 적어도 98%의 포화 증기가 되도록 증기트랩(Steam Trap)(10)과 배수밸브(11)가 설치되어 있다.
- <20> 도 1과 같은 종래의 소의 시험설비에서는 시험대상 안전밸브(4)를 통과하는 유량률과 이에 부하할 수 있는 과압은 압력 공급원인 보일러(2)의 유량 발생 용량과 관계가 있다. 따라서 설정압력이 높고 고유량률을 가진 안전밸브를 시험하려면 대용량 보일러와 이에 알맞는 부속설비가 필요하게 되므로 안전밸브 시험설비의 구축에는 상대적으로 고가의 비용과 많은 공간이 소요된다. 또한 시험대상 안전밸브의 방출구가 대기에 노출되면 과도한 소음(예를 들면 130 dB 이상)이 발생하게 되어 이러한 시험설비는 주거 지역 근처에 설치하기 어렵다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <21> 본 발명은 상술한 제반 문제점을 해결하고자 안출된 것으로, 원자로 설비에 설치되어 있는 가압기 안전밸브와 동일한 운전조건에서 성능시험을 수행함으로써 정확한 성능시험을 수행할 수 있는 가압기 안전밸브 성능시험장치 및 시험방법을 제공하고자 함에 그 목적이 있다.
- <22> 또한 복잡한 보일러 설비가 필요하지 않아 안전밸브 성능시험에 필요한 고온고압의 증기를 비교적 쉽게 생산하여 사용할 수 있는 가압기 안전밸브 성능시험장치 및 시험방법을 제공하고자 함에 그 목적이 있다.
- <23> 또한 본 발명의 성능시험장치를 구성하는 구성부품을 각 사분면상에 폐유로로 최적화하여 콤팩트하게 구성하여 시설 공간과 제작에 소요되는 재료를 효과적으로 저감할 수 있는 가압기 안전밸브 성능시험장치 및 시험방법을

제공하고자 함에 그 목적이 있다.

<24> 또한 안전밸브의 방출 에너지를 적절하게 흡수함으로써 소음을 저감시키는 동시에 고가의 청정 유체를 효과적으로 응축 회수할 수 있는 가압기 안전밸브 성능시험장치 및 시험방법을 제공하고자 함에 그 목적이 있다.

과제 해결수단

<25> 상술한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 안전밸브에 대한 설정압력시험, 누설시험, 유량시험, 블로우다운(Blow Down) 시험, 그리고 루프실(Loop Seal)의 물방출시험, 안전밸브 방출하중시험 등을 수행할 수 있는 안전밸브 성능시험장치에 있어서, 내부에 채워진 일정량의 물을 가열하기 위한 1개 이상의 전열기(22)를 구비하고 상기 전열기(22)에 의해 발생된 증기를 고압의 상태로 저장하는 축압기(21), 상기 축압기(21)로부터 유량과 압력이 제어된 후 공급된 증기를 고압의 상태로 저장하여 시험대상 안전밸브(48)에 시험 압력을 제공하는 시험용기(41), 상기 축압기(21)에 공급할 탈염수를 저장하는 한편, 상기 시험대상 안전밸브(48)의 방출 증기를 응축하여 수집하는 압력방출탱크(81) 및 상기 압력방출탱크(81)에 저장되어 있는 물을 상기 축압기(21)에 공급하기 위한 급수펌프(111)를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<26> 본 발명의 안전밸브 성능시험방법은, 안전밸브에 대한 설정압력시험, 누설시험, 유량시험, 블로우다운(Blow Down) 시험, 그리고 루프실(Loop Seal)의 물방출시험, 안전밸브 방출하중시험 등을 수행할 수 있는 안전밸브 성능시험장치에 있어서, 1) 축압기(21)에 공급할 탈염수를 저장하는 한편, 시험대상 안전밸브(48)의 방출 증기를 응축하여 수집하는 압력방출탱크(81)에 소정량의 물을 충수하는 단계; 2) 상기 압력방출탱크(81)의 물을 급수펌프(111)에 상기 축압기(21)에 소정량의 수위까지 충수하는 단계; 3) 상기 축압기(21)에 충수된 물을 전열기(22)로 가열하여 증기가 발생하는 단계; 4) 상기 축압기(21)에서 발생된 증기의 유량과 압력이 제어되면서 시험용기(41)에 공급되고, 상기 축압기(21)와 시험용기(41)가 미리 설정된 소정의 압력으로 축압되는 단계; 5) 상기 축압기(21)의 전열기(22)를 계속 운전하여 상기 시험대상 안전밸브(48)의 동작압력까지 압력을 증가시켜 시험대상 안전밸브(48)를 시험하는 단계;로 이루어진 것을 특징으로 한다.

효과

<27> 본 발명의 성능시험설비는 원자로 설비에 설치되어 있는 가압기 안전밸브와 동일한 운전 조건(유체, 압력 및 온도)에서 성능시험을 수행할 수 있으므로 안전밸브의 운전조건과 상이한 운전 조건에서 시험하는 보조구동장치를 이용한 시험과 벤치세트에 안전밸브를 장착하고 시험하는 벤치시험보다 정확한 성능시험을 수행할 수 있다.

<28> 본 발명의 성능시험설비는 안전밸브 성능시험에 필요한 적정 용량의 전열기가 구비된 적정 체적 용량의 축압기와 적정 체적 용량의 시험용기를 구비함으로써 복잡한 보일러 설비가 필요하지 않아 안전밸브 성능시험에 필요한 고온고압의 증기를 비교적 쉽게 생산하여 사용할 수 있다.

<29> 본 발명의 성능시험설비를 구성하는 주요 장치인 수처리장치, 급수펌프, 축압기, 시험용기 및 압력방출탱크를 각 사분면상에서 폐유로로 최적화하여 콤팩트하게 구성할 수 있으므로 시설 공간과 제작에 소요되는 재료를 효과적으로 저감할 수 있으며, 본 발명의 성능시험설비의 운전 시 여러 장치가 인접거리에 위치하므로 각종 장치의 상태를 관찰하거나 계측기를 감시하기에 매우 용이하므로 성능시험설비의 보다 안전하게 운전하고 적절한 성능을 유지할 수 있다.

<30> 본 발명의 성능시험설비는 시험대상 안전밸브가 개방되었을 때 방출하는 대량의 증기를 압력방출탱크 내 수면 속에 잠긴 분사장치를 통해 분사하도록 하여 안전밸브의 방출 에너지를 적절하게 흡수함으로써 소음을 효과적으로 저감시키는 동시에 고가의 청정 유체를 효과적으로 응축 회수할 수 있다.

<31> 본 발명의 성능시험설비 중 축압기는 축압기에서 고온고압수와 증기를 비교적 쉽게 생산할 수 있으므로 축압기의 하부측에는 고온고압수를 이용할 수 있는 블라인드 플랜지와 축압기의 상부측에는 고온고압 증기를 이용할 수 있는 블라인드 플랜지를 구비하여 단순한 바와 같은 고압고압수 또는 고온고압 증기가 필요한 여러 가지 시험을 수행할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<32> 이하 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 구성 및 작용을 상세히 설명하면 다음과 같다.

<33> 도 2는 본 발명에 따른 가압기 안전밸브 성능시험장치의 배관 및 계장도(Piping and Instrumentation Drawin

g)이다.

- <34> 이 성능시험장치(20)는 축압기(21), 시험용기(41), 압력방출탱크(81), 급수처리장치(101), 급수펌프(111), 배관 및 밸브류, 계측기류, 공기 압축설비, 제어 및 감시장치(Control and Supervisory System, 여기에는 도시하지 않음), 전원설비(여기에는 도시하지 않음) 등으로 구성되어 있다.
- <35> 축압기(21)는 소정의 물을 채우고 전열기로 물을 가열하여 증기를 생산한 후 고압의 증기를 저장하는 장치로써 증기의 생산 및 가압에 필요한 적정 발열 용량(예를 들면 300 kW)을 갖는 다수 개의 전열기(22)가 설치되어 있다.
- <36> 밀폐된 축압기(21)내의 물을 전열기(22)로 가열하면 물이 끓어 증기가 발생하게 되며 더욱 열을 가해 증기가 계속 발생하도록 하면 상층부에 증기가 축적되면서 압력이 증가하게 된다. 이러한 축압기(21)의 체적 용량은 시험 대상 안전밸브(48)의 설정압력과 방출 유량률에 따라 소요되는 증기 축압량을 산출하여 결정하며, 축압기(21) 및 전열기(22)의 용량은 가용한 수전설비의 용량 및 증기 사용량에 따라 산출하여 결정한다.
- <37> 축압기(21)에는 안전밸브(23)를 부착하여 축압기 내부의 압력이 미리 설정한 압력(예를 들면 220 kg/cm²)이 되면 과압을 방출하여 축압기(21)를 보호한다.
- <38> 축압기(21)의 적절한 운전을 위해 여러 종류의 계측기를 설치하며, 이것으로는 액체부 온도계(24), 증기부 온도계(25), 압력계(26), 저온용 수위계(27), 고온용 수위계(28)등이 있다. 온도계(24,25)는 축압기(21)의 외통(Shell)에 온도감지기를 삽입할 수 있는 적절한 깊이의 홈을 뚫고 온도감지기를 용접하여 부착한다. 압력계(26)와 수위계(27,28)가 연결된 감지관은 축압기(21) 외통에 관통구멍을 뚫고 외통과 노즐을 용접한 후 이 노즐과 연결한다. 압력계(26)의 교정 또는 유체 누설시 감지관의 격리를 위해 차단밸브(26-1)가 설치되어 있다. 저온용 수위계(27)와 고온용 수위계(28)에도 교정 또는 유체 누설시 감지관의 격리를 위해 차단밸브(27-1, 27-2, 28-1, 28-2)가 설치되어 있다.
- <39> 이러한 계측기들로 측정된 감시 변수 값들은 제어 및 감시장치로 보내져 본 성능시험장치를 안전하고 효율적으로 운전하는데 사용한다. 본 발명 성능시험장치의 운전 중 축압기(21)의 압력은 대기압에서 설계압력 범위까지 유지할 수 있으며 적절한 압력을 유지하기 위해 설정된 압력보다 낮거나 높으면 경보를 발생하도록 경보장치를 구비한다. 또한 축압기(21)의 수위는 전열기(22)보다 높게 유지하며 적절한 수위를 유지하기 위해 설정된 수위보다 낮거나 높으면 경보를 발생하도록 경보장치를 구비한다. 축압기(21) 온도도 적절하게 유지하기 위해 설정된 온도보다 높으면 경보를 발생하도록 경보장치를 구비한다.
- <40> 축압기(21)에는 축압기(21) 내부의 상태를 점검할 수 있는 점검구(Inspection Hole)(29)가 설치되며, 이 점검구(29)는 한쪽 끝단(30)을 블라인드 플랜지(Blind Flange)로 막거나 마개 또는 캡(Cap)을 용접하여 구멍을 막은 파이프이며, 축압기(21)의 외통(Shell)에 구멍을 뚫고 외통과 노즐을 용접한 후 연결한 것이다. 이 점검구(29)를 이용하여 축압기(21) 내부를 점검하고자 할 때는 점검구 끝단(30)의 블라인드 플랜지를 열거나 마개 또는 캡을 절단한 다음 내시경과 같은 검사 장치를 점검구(29) 내부로 집어넣어 축압기(21) 내부의 노즐 및 전열기(22) 등의 건정성을 점검한다. 축압기(21) 내부 점검이 끝난 후에는 점검구 끝단(30)을 원래대로 블라인드 플랜지로 닫거나 마개 또는 캡을 용접하여 점검구(29)를 밀폐한다.
- <41> 축압기(21) 하부에는 물을 주입하거나 배수할 수 있는 배관(31)이 연결되어 있으며 이 배관(31)에는 타 장치나 설비에서 축압기(21)의 고온고압수를 이용하고자 할 경우 이를 연결하는데 사용하는 블라인드 플랜지(32)가 설치되어 있다. 이 시험장치의 고온고압수를 이용하여 여러 가지 유용한 시험을 수행할 수 있으며, 그 예로는 물용 압력방출밸브(Pressure Relief Valve)에 대한 기밀시험 및 설정압력 시험, 물용 밸브의 작동 시험과 그랜드 팩킹(Gland Packing) 기밀시험 등을 할 수 있다.
- <42> 축압기(21) 하부 배관(31)은 축압기(21)에 급수를 하거나 배수를 할 때 사용한다. 축압기(21)내 물의 배수를 위해서는 배수 밸브(33)와 오리피스(34)가 설치되어 있다. 이 배수용 밸브(33)는 축압기(21) 내부의 물을 배수할 때 주로 사용하며 오리피스(34)는 유량과 압력을 적절한 수준으로 감소시킴으로써 운전을 용이하게 함과 동시에 오리피스(34) 후단에 작용하는 압력을 충분히 낮출 수 있으므로 오리피스 후단부터 압력방출탱크까지 연결되는 배관에 대한 허용되는 압력 등급을 적절한 수준으로 낮출 수 있을 뿐만 아니라 설비 비용도 효과적으로 감소시킬 수 있다. 배수밸브(33)와 오리피스(34)의 고장시 이를 격리할 수 있도록 배수밸브(33) 전단에는 차단밸브(40)를 설치한다.
- <43> 축압기(21) 상부에는 축압기(21)의 증기가 배출되며 시험용기를 가압할 수 있는 가압배관(35)이 연결되어 있으며 타 장치나 설비에서 축압기(21)의 고온고압증기를 이용하고자 할 경우 이를 연결하는데 사용하는 블라인드

플랜지(36)가 설치되어 있다. 이 시험장치의 고온고압증기를 이용하여 여러 가지 유용한 시험을 수행할 수 있으며, 그 예로는 증기용 안전밸브에 대한 기밀시험 및 설정압력 시험, 증기용 밸브의 작동 시험과 그랜드 팩킹(Gland Packing) 기밀시험 등을 할 수 있다.

- <44> 축압기(21)의 하부 배관(31)이 연결된 축압기(21)의 노즐(Nozzle) 부분(37)과 축압기(21)의 증기배출 배관(35)이 연결된 축압기(21)의 노즐 부분(38)과 같이 접속부는 축압기 운전조건에서의 열응력에 대한 구조 해석을 수행하여 안전도를 확인하고, 필요하다면 노즐 및 인접 외통에 대한 두께 및 형상 등을 보강한다.
- <45> 시험용기(41)는 시험대상 안전밸브(48)에 시험 압력을 제공하는 장치이다. 축압기(21)는 상부의 증기 배출 배관(35)과 후단의 압력제어밸브(42, 43) 그리고 증기공급 배관(44)을 통해 시험용기(41)와 연결되어 있다.
- <46> 축압기(21)의 증기를 시험용기(41)에 적정 유량으로 공급하는 제1압력제어밸브(42)는 시험용기(41)를 고가압률(예를 들면 375 psi/sec)로 가압하여 시험대상 안전밸브(48)를 시험할 때 사용한다. 이러한 시험은 원자로 설비의 설계기준사고(Design Basis Accident)시 발생하는 과압 조건에서 가압기 안전밸브 전단에 설치되어 있는 루프실(5)에 대한 물방출 시험과 가압기 안전밸브의 설정압력 시험을 수행하기 위한 것이다.
- <47> 상기 제1압력제어밸브(42)보다 작은 용량이며 이 밸브에 병렬로 설치된 제2압력제어밸브(43)는 시험용기(41)를 예열할 때 또는 시험용기의 압력을 자동으로 일정하게 유지할 때 또는 시험용기를 저가압률(예를 들면 2 psi/sec)로 가압하여 시험대상 안전밸브(48)를 시험할 때 사용한다. 이러한 시험 방법과 절차에 대해서는 뒤에 자세히 기술한다. 시험용기(41)의 압력을 자동으로 일정하게 유지하는 방법은 제1압력제어밸브(42)의 압력조절기(43-1)를 시험용기(41)의 압력계(49)로부터 제공받은 압력 값과 설정된 압력 값을 서로 비교하여 제2압력제어밸브(43)의 개도를 자동 조절함으로써 시험용기(41)의 압력을 일정하게 유지할 수 있다.
- <48> 제1압력제어밸브(42)를 사용하지 않거나 이 밸브에서 누설이 발생하여 차단할 필요가 있을 때는 이를 위해 전단에 차단밸브(51)가 설치된다. 마찬가지로 병렬로 설치된 제2압력제어밸브(43)도 사용하지 않거나 이 밸브에서 누설이 발생하여 차단할 필요가 있을 때는 이를 위해 전단에 차단밸브(52)가 설치된다.
- <49> 시험용기(41)의 적절한 운전을 위해 압력계(49), 온도계(50)가 설치된다. 압력계(49)가 연결된 감지관은 시험용기의 외통에 관통구멍을 뚫고 외통과 노즐을 용접한 후 연결한 것이다. 온도계(50)는 시험용기(41)의 외통에 온도감지기를 삽입할 수 있는 적절한 깊이의 홈을 뚫고 온도감지기를 용접하여 부착한다. 압력계(49)의 교정 또는 유체 누설시 감지관의 격리를 위해 차단밸브(49-1)가 설치되어 있다. 이 계측기들로 측정된 감시 변수 값들은 제어 및 감시장치로 보내져 본 성능시험장치를 안전하고 효율적으로 운전하는데 사용한다.
- <50> 시험용기(41)에는 안전밸브(53)를 부착하여 시험용기(41) 내부의 압력이 미리 설정한 압력(예를 들면 220 kg/cm²)이 되면 과압을 방출하여 시험용기(41)를 보호한다.
- <51> 시험용기(41)의 상부측 증기 배출 배관(45)에는 유량 측정용 벤츄리 튜브(Venturi Tube)(46)와 물을 채워두는 루프실(47) 그리고 시험대상 안전밸브(48)가 순서대로 설치된다. 시험대상 안전밸브(48)는 본 발명 성능시험장치의 주요 시험대상인 가압기 안전밸브이다.
- <52> 벤츄리 튜브(46)에는 시험대상 안전밸브(48)가 동작할 때의 유량을 측정하는 유량계(46-1)가 설치된다. 이 유량계(46-1)에는 교정과 고장 시에 감지관을 격리하기 위한 차단밸브(46-2, 46-3)가 설치된다.
- <53> 벤츄리 튜브(46)와 루프실(47) 사이 배관에는 안전밸브 방출 유량의 밀도계산을 위한 온도계(54)와 시험대상 안전밸브(48)가 동작할 때의 압력을 측정하기 위한 압력계(55)가 설치된다. 이 압력계(55)에도 교정 및 고장시 감지관을 차단할 수 있는 차단밸브(55-1)가 설치된다.
- <54> 루프실(47)은 고온고압의 증기가 안전밸브에 직접 접촉하지 않아야 할 경우 물을 채워놓은 장치로써 일반적으로 U자관 형태를 취하고 있다. 루프실(47)에 물을 채워 놓을 필요가 없을 경우에는 연속 배수가 되도록 하여 루프실(47)은 증기가 채워진 상태로 유지할 수도 있다. 이 루프실(47)에 물을 채우기 위한 배기밸브(56)와 배수밸브(57)가 설치된다. 이 루프실(47)에는 본 발명의 성능시험장치의 가압 이전에 물을 채운다.
- <55> 시험대상 안전밸브(48)의 동작을 통해 루프실(47)의 물이 방출되는 거동을 원자력발전소의 가압기 안전밸브 및 루프실처럼 정확하게 모사하고 측정하기 위해서 안전밸브(48)와 전단배관, 여기에서는 루프실(47)에는 보온 전열기(Electrical Heat Tracing)(58)와 온도계(70)를 설치한다. 이러한 구성으로 인해 실제 발전소 온도 상태를 구현하는 것이 가능하다.
- <56> 시험용기(41)의 예열을 위해 시험용기(41)에서 증기를 배출할 수 있는 예열배관(59-1)과 예열밸브(59)가 설치된

다. 이 예열밸브(59)의 고장이나 누설시 이를 차단하기 위해 전단에 예열밸브 차단밸브(60)가 설치된다. 예열밸브(59) 후단에는 오리피스(61)를 설치하며, 이 오리피스(61)도 축압기(21)의 배수밸브(33) 후단 오리피스(34)와 같은 역할을 한다.

- <57> 시험용기(41)의 예열 방법은 우선 축압기(21)의 증기를 시험용기(41)에 압력제어밸브(42,43)로 공급하여 가압하고 그 다음에 예열밸브(59)를 열어 시험용기(41)의 증기를 배출하면 축압기(21)의 고온 증기가 시험용기(41) 하부로 공급되고 상부로 배출되게 되므로 시험용기(41)가 예열된다. 이때는 시험용기(41) 및 관련 기기에 대한 열응력을 최소화하기 위해 소정의 예열물로 예열하여야 한다.
- <58> 이러한 시험용기(41)의 가압 및 예열 단계에서 관련 배관과 시험용기(41)에는 응축수가 생성되며, 이 응축수는 증기트랩(62)을 통해 지속적으로 배출되도록 한다. 따라서 제1압력제어밸브(42) 전단 배관에 생성되는 응축수는 증기트랩(62)을 통해 배출한다. 증기트랩(62)의 정확한 작동을 보장하기 위해 전단에는 이물질을 걸러주는 스트레이너(63)를 설치하며 이 스트레이너(63)와 증기트랩(62)의 고장시 이를 격리할 수 있는 차단밸브(64)를 설치한다.
- <59> 또한 시험용기(41) 그리고 제1압력제어밸브(42)부터 시험용기(41) 사이의 배관(44)에서 생성되는 응축수는 증기트랩(65)을 통해 배출한다. 이 증기트랩(65)의 정확한 작동을 보장하기 위해 전단에는 이물질을 걸러주는 스트레이너(66)를 설치하며 이 스트레이너(66)와 증기트랩(65)의 고장시 이를 격리할 수 있는 차단밸브(67)를 설치한다.
- <60> 시험대상 안전밸브(48)의 동작시험 시에는 시험용기(41) 및 주요 배관(35,44)에는 응축수가 지속적으로 배출되고 있어야 한다. 그러나 시험용기(41) 하부의 응축수를 배출하는 증기트랩(65)이 고장일 경우 응축수 배출 여부를 정확하게 진단하기 어려우므로 시험대상 안전밸브(48) 동작시험 전에 시험용기(41) 하부의 응축수를 증기트랩(65)과는 별도로 배출하는 응축수 배출밸브(68)를 설치한다. 응축수 배출밸브 후단에는 오리피스(69)를 설치하며, 이 오리피스(69)도 축압기(21)의 배수밸브 후단 오리피스(34)와 동일한 역할을 한다.
- <61> 시험대상 안전밸브(48)의 디스크 개도를 연속적으로 측정하기 위해 스펀들에는 위치변위계(LVDT)(48-1)를 설치한다. 안전밸브(48) 동작시 동특성 및 방출하중을 측정하기 위해 안전밸브(48) 전단 루프실에 진동계(71)와 안전밸브(48) 후단 배관에 진동계(72), 안전밸브(48) 후단 배관에는 압력계(73)를 설치한다. 이 압력계 감지관에도 교정 및 고장 시 감지관을 차단할 수 있는 차단밸브(73-1)가 설치된다.
- <62> 시험용기(41) 하부 노즐 부분(74)과 시험용기(41) 상부 노즐 부분(75)의 접속부는 운전 조건에서의 열응력에 대한 구조 해석을 수행하여 안전도를 확인하고, 필요하다면 노즐 및 인접 외통에 대한 두께 및 형상 등을 보강한다.
- <63> 압력방출탱크(81)는 본 발명의 성능시험장치에서 사용하는 탈염수(Demineralized Water)의 저장, 급수펌프에 대한 적정 수두 유지, 시험용기의 가압 및 예열시 발생하는 응축수의 수집, 시험대상 안전밸브의 방출 증기를 응축하여 수집하고 소음을 흡수하는 역할을 한다.
- <64> 시험대상 안전밸브 방출구로부터 방출 배관(82)은 압력방출탱크(81) 외통을 관통하여 압력방출탱크(81) 내부의 분사장치(Sparger)(83)로 연장 설치되어 있다.
- <65> 도 3은 시험대상 안전밸브 방출 증기의 압력방출탱크 내 분사장치에 대한 사시도이다.
- <66> 분사장치(83)는 시험대상 안전밸브(48)에서 방출된 증기가 분사될 수 있는 다수의 구멍(121)이 일정한 크기와 간격으로 분포하여 형성되어 있다. 압력방출탱크(81)에는 탈염수를 미리 설정한 수위로 채우면 이 분사장치(83)는 수면 아래에 잠겨지게 된다.
- <67> 본 발명의 성능시험장치를 이용하여 시험을 수행할 때 시험대상 안전밸브(48)가 동작하면 일시에 다량의 증기가 방출배관(82)으로 방출되므로 이 방출 증기가 분사장치(83)에 형성된 다수의 구멍(121)을 통해 압력방출탱크(81)내로 원활하게 분출된다. 이때 분출된 증기는 압력방출탱크(81)내의 방출 증기보다 차가운 물과 접촉하면서 응축된다. 분사장치(83)에 형성된 구멍은 증기의 원활한 분출과 응축을 위해서 이 구멍(121)의 분사 방향은 분사장치의 상부쪽 수면 방향이 아닌 수평면과 하부면에 형성하는 것이 바람직하다.
- <68> 시험대상 안전밸브(48)의 방출구측 배관은 흡음재로 둘러싸고, 시험대상 안전밸브(48)가 동작할 때의 방출 에너지를 압력방출탱크(81) 내부의 물 속으로 분사시키면 소음을 효과적으로 저감할 수 있으며 이를 통해 시험대상 안전밸브(48)가 대기에 노출된 종래의 시험설비에서 발생하는 과도한 소음을 방지하게 된다.

- <69> 압력방출탱크(81)에는 본 발명 성능시험장치의 운전 중 발생하는 응축수를 수집하는 배관(84)이 연결되어 있으며, 압력방출탱크(81)의 온도와 압력 조건에 따라 응축수 수집 배관(84)을 차단할 수 있는 격리밸브(85)와 이 격리밸브(85)의 차단시 응축수를 밖으로 배수할 수 있는 배수밸브(86)가 설치된다.
- <70> 본 발명의 성능시험장치를 이용해 시험대상 안전밸브(48)를 시험할 때 압력방출탱크(81)에는 탈염수를 설정한 수위만큼 유지하여 시험용기(41)의 예열 및 가압 운전 중에 발생하는 증기와 응축수를 회수하여 응축시킨다. 이때 압력방출탱크(81)의 온도를 온도계(93)를 통해 감시하여 미리 설정한 온도(예 : 95 ℃) 이상이 되면 압력방출탱크(81) 내 응축 효과가 떨어지므로 응축수 수집을 중지하기 위해 응축수 수집배관의 격리밸브(85)를 차단하고 배수밸브(86)를 연다.
- <71> 압력방출탱크(81)의 온도를 일정하게 유지하고자 할 경우 탱크내 탈염수를 냉각할 수 있는 냉각기(Cooler) 또는 방열기(Radiator)를 별도로 설치하여 운전하는 것도 바람직한 일례가 된다(여기에서는 도시하지 않음).
- <72> 압력방출탱크(81)는 시험대상 안전밸브(48)의 동작시 고온고압의 다량의 증기가 유입되는 탱크이므로 과압을 방지하고 대량의 유체를 방출할 수 있는 파열판(Rupture Disk)(87,88)을 설치한다. 이 파열판(87,88)은 일정한 압력 이상이 되면 파열됨으로써 탱크 내부의 압력이 설계압력 이상이 되지 않도록 보호한다. 특히 파열판(87,88)의 동작 신뢰도를 높이기 위해 파열판(87,88)은 2개를 설치함으로써 1개의 파열판이 고장이 나더라도 나머지 1개가 정상적인 기능을 발휘하도록 한다. 이 파열판(87,88)은 직경이 15인치 이상의 규격을 가지도록 하여 탱크 내부 점검구(Man Hole) 역할도 겸하게 한다.
- <73> 압력방출탱크(81)의 내부 압력을 감소시키거나 및 내부 기체를 배기할 수 있는 배기관(89) 및 배기밸브(90)가 설치된다. 또한 압력방출탱크(81)의 충수 및 배수를 할 수 있는 배수관(91)과 배수밸브(92)가 설치된다.
- <74> 압력방출탱크(81)의 적절한 운전을 위해 압력계(94), 온도계(93), 수위계(95)가 설치된다. 압력계(94)와 수위계(95)가 연결된 감지관은 압력방출탱크(81)의 외통에 관통구멍을 뚫고 용접하여 연결한 것이다. 온도계(93)는 압력방출탱크(81)의 외통에 온도감지기를 삽입할 수 있는 구멍을 뚫고 온도감지기를 용접하여 부착한 것이다. 압력계(94)의 교정 또는 유체 누설시 감지관의 격리를 위해 차단밸브(94-1)가 설치되어 있다. 수위계(95)도 교정 또는 유체 누설시 감지관의 격리를 위해 상부 차단밸브(95-1)와 하부 차단밸브(95-2)가 설치되어 있다. 이 계측기들로 측정된 감시 변수 값들은 제어 및 감시장치로 보내져 본 성능시험장치를 안전하고 효율적으로 운전하는 데 사용한다.
- <75> 수처리장치(101)는 일반 용수를 다단계의 정화장치를 통해 탈염수로 정화한 후 압력방출탱크(81)에 탈염수를 공급하는 급수장치이다. 여기서 일반 용수란 정화되지 않은 미 정화수를 말하는 것이다. 수처리장치(101)는 압력방출탱크(81) 하부의 배수 배관(91)에 연결되며, 수처리장치(101)에서 생산한 탈염수는 급수공급밸브(102)와 역지밸브(103) 그리고 배수배관(91)을 통해 압력방출탱크(81)로 공급된다. 이때 압력방출탱크(81)의 배기밸브(90)가 개방되어 있어야 급수의 공급이 원활하다. 역지밸브(103)는 압력방출탱크(81)에 급수를 공급하지 않을 때 압력방출탱크(81)의 물이 수처리장치(101)로 역류하지 않도록 한다. 압력방출탱크(81)의 배수배관(91)은 수처리장치(101)로부터 탈염수를 공급하는 배관의 기능과 압력방출탱크(81)로부터 급수펌프로 탈염수가 이동되는 배관 기능을 함께한다. 본 발명의 성능시험장치를 이용한 안전밸브 시험시 필요한 유체의 청정도에 따라 수처리장치(101)는 일반적인 급수장치로도 대체 가능하다.
- <76> 급수펌프(111)는 압력방출탱크(81)의 탈염수를 축압기(21)에 공급하는 역할을 한다. 탈염수는 축압기(21)의 수위에 따라 필요한 양을 공급한다. 급수펌프(111) 흡입구는 압력방출탱크(81)의 배수배관(91)과 연결되어 있으며 그 중간에 급수펌프 입구밸브(112)가 설치된다. 급수펌프(111) 출구는 출구배관이 축압기(21)의 하부배관(31)과 연결되어 있으며 그 중간에 급수펌프 출구밸브(115)가 설치된다. 이 급수펌프 입구밸브(112)와 출구밸브(115)는 급수펌프(111)의 정비와 같이 격리가 필요한 때 사용한다. 급수펌프(111) 출구에는 출구압력계(113)가 설치되며 압력감지관에는 차단밸브(113-1)가 설치되어 출구압력계(113)의 누설 또는 교정시 사용한다. 급수펌프 출구밸브(115) 후단에는 역지밸브(116)가 설치되며 급수펌프 정지 상태에서 축압기(21)의 물이 역류하지 않도록 한다. 급수펌프(111) 출구에서 축압기(21)에 이르는 배관에는 본 발명의 축압기 또는 본 발명의 성능시험장치에 필요한 유체의 청정도에 따라 미세 필터를 구비할 수 있으며, 급수를 고온으로 예열하는 예열기(Pre-heater)를 구비하면 고온의 축압기(21)에 고온수를 공급할 수 있어 열충격을 최소화할 수 있다(여기에서는 도시하지 않음).
- <77> 도 4는 본 발명의 가압기 안전밸브 성능시험장치의 입체도를 나타낸 것이다.
- <78> 본 발명의 성능시험장치를 구성하는 각종 장치를 최적화 배치하여 소요되는 공간을 보다 작게 한 것이다. 이를 위해 본 발명 성능시험장치의 주요 장치인 축압기(21), 시험용기(41), 압력방출탱크(81), 급수펌프(111)를 각

사분면상에서 폐유로(Closed Loop)를 구성하도록 배관으로 연결 배치하고, 이 4개의 주요 장치의 안쪽에 수처리 장치(101)를 배치한다. 또한 축압기(21)의 배수 배관(33-1), 시험용기의 예열 배관(59-1), 응축수 배수배관(64-1,68-1)은 주요 장치의 안쪽에 배치한다.

- <79> 축압기(21)의 체적은 시험용기(41)의 체적보다 크며 이것은 축압기(21)가 증기의 생산에 필요한 액체부와 전열기를 구비하고 시험대상 안전밸브(48)의 시험에 필요한 고압력의 증기를 저장하는 기능을 갖기 때문이다.
- <80> 축압기(21)와 시험용기(41)의 체적 용량은 시험대상 안전밸브(48)의 성능시험에 필요한 증기량을 생산, 수용하고 이용할 수 있는 적정 체적으로 설계한다. 이를 위해서는 열수력 유체해석용 전산코드(예를 들면 RELAP5)를 이용하여 축압기(21) 및 시험용기(41)의 압력 거동과 유체 이동을 모사하고 축압기(21) 및 시험용기(41)의 체적 용량, 압력제어밸브의 크기(Size) 등을 시험대상 안전밸브(48)의 시험에 필요한 적절한 규모로 설계할 수 있다.
- <81> 도 5는 열수력 유체해석용 전산코드를 이용하여 시험대상 안전밸브의 시험 중 축압기(Accumulator)와 시험용기(Test Vessel)의 압력변화를 모사한 그래프이다.
- <82> 도 5는 축압기(21)와 시험용기(41)의 초기 압력을 각각 191 kg/cm²와 130 kg/cm²로 하여 시험을 시작하고 시험용기(41)의 압력을 제어하기 위해 시험 시작 후 제1압력제어밸브(42)의 개도를 4초까지는 2%만 열고 4초 이후에는 30%를 개방했을 때 예상되는 축압기(21)와 시험용기(41)의 압력변화를 나타낸 것이다. 시험대상 안전밸브(48)가 개방 압력에 도달하는데 시험 시작후 4.26초가 걸리고, 시험 시작후 8.3초 경과후에는 시험대상 안전밸브(48)가 닫힘으로써 시험대상 안전밸브(48)는 4.04초간 개방 상태를 유지하며 시험대상 안전밸브(48)가 닫힐 때의 블로우다운(Blow Down) 압력을 측정할 수 있음을 알 수 있다. 안전밸브의 개방 거동을 측정하기 위해서는 개방 설정 압력에 도달하는 시간이 충분해야 하므로 초기에는 제1압력제어밸브(42)의 개도를 최소한 작게 하는 것이 바람직하다. 시험대상 안전밸브(48)가 설정압력에 도달한 이후에는 밸브 개방으로 방출되는 증기로 인해 시험용기의 압력은 블로우다운(Blow Down) 되는 시간이 가능한 오래 유지되어야 시험용기(41)의 압력 변화에 따라 방출되는 증기유량을 측정할 수 있다. 시험용기(41)의 블로우다운 시간을 오래 유지하기 위해서는 축압기(21)에서 공급되는 증기량이 충분해야 하므로 시험용기(41) 압력이 설정압력에 도달한 이후에는 가능한 시험용기 제1압력제어밸브(42)의 개도를 최대로 변경하여 유지하는 것이 바람직하다. 따라서 시험목적에 따라 원하는 조건으로 제1압력제어밸브(42)의 개도를 조절하여 시험용기(41) 압력을 제어하면 시험대상 안전밸브(48)의 개폐 및 방출유량 측정을 위한 시험 수행이 용이하다.
- <83> 축압기(21)는 수평형보다는 수직형으로 설치하는 것이 바람직하다. 이것은 첫째, 수위의 측정 길이(수위 측정용 하부 탭에서 상부 탭까지의 길이)에 대한 충분한 여유를 제공할 수 있으며 둘째, 전열기가 물에서 노출되지 않도록 최소한의 충수 높이를 유지하면서 증기 체적부를 최대한 확보할 수 있고 셋째, 축압기(21)내 충수면과 축압기(21) 상부의 출구 배관과의 충분한 이격 거리를 유지하여 축압기(21)의 증기가 시험용기(41)로 이송될 때 수분의 기수공발(Carry Over)을 억제할 수 있다.
- <84> 축압기(21)는 바닥에 스커트(131)로 견고하게 고정한다. 스커트(131)는 축압기(21)의 정적 하중과 축압기(21)의 증기가 배출배관(35)을 통해 최대 유량률로 시험용기(41)로 이송될 때의 동적 하중을 지탱한다. 이러한 정적 하중과 동적 하중은 구조해석을 통해 안전도를 확인하며 적절한 형상과 두께를 구비하도록 한다. 시험용기(41)도 바닥에 스커트(132)로 견고하게 고정하여 시험용기(41)의 정적하중과 시험대상 안전밸브(48)가 동작할 때의 동적 하중을 지탱한다.
- <85> 축압기(21)의 증기 배출 배관(35)과 시험대상 안전밸브(48)의 방출 배관(82)은 시험대상 안전밸브(48)의 동작시 순간적인 동하중과 열응력이 작용하므로 배관의 규격(Size)과 배치 형상에 대한 구조해석을 통해 안전도를 확인하고 배관의 적합한 위치에 지지대를 설계하여 설치한다.
- <86> 시험용기(41)의 예열 및 증기 가압시에 생성하는 응축수를 보다 효과적으로 제거하고 시험대상 안전밸브(48) 동작시 증기의 원활한 공급을 위해서 시험용기(41)를 수직형으로 설치하고 상부에 시험대상 안전밸브(48)를 설치하는 것이 바람직하다.
- <87> 시험대상 안전밸브(48)의 설치 위치는 원자력발전소의 원자로냉각재계통 가압기 또는 실제 안전밸브가 설치되어 사용되는 설비와 동일한 크기의 배관을 구비하고 동일한 위치에 설치하는 것이 바람직하다. 이것은 시험대상 안전밸브(48)가 사용되는 설비의 과압 발생시 작용하는 압력 또는 압력상승률(예를 들면 375 psi/sec)을 시험대상 안전밸브(48)에 정확하게 부과하여 시험을 수행할 수 있기 때문이다.
- <88> 시험용기(41)의 상부에 시험대상 안전밸브(48)가 부착되는 플랜지(48-2)와 시험대상 안전밸브 방출구 배관의 플랜지(48-3)는 다양한 규격의 시험대상 안전밸브(48)의 탈부착이 용이한 스푼피스(Spool Piece) 형태로 제작 설

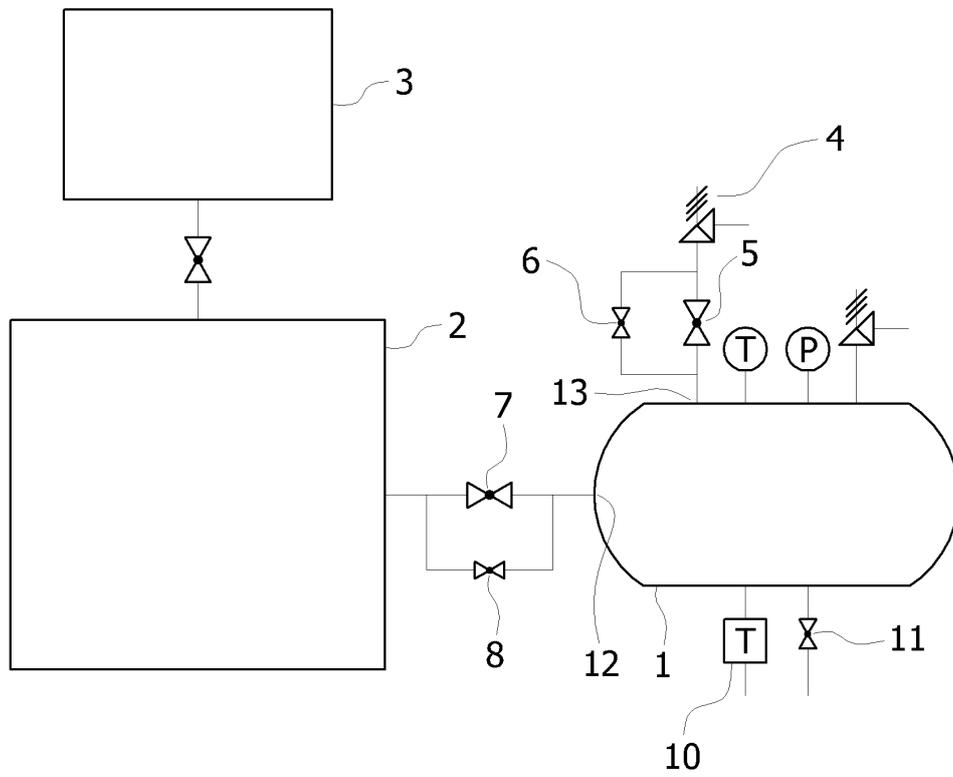
치하는 것이 바람직하다(여기에는 도시하지 않음).

- <89> 압력방출탱크(81)는 바닥에 밴드형 지지대(133)로 견고하게 고정하여 시험대상 안전밸브(48)가 동작할 때의 동적 하중을 지탱하도록 한다.
- <90> 본 발명의 성능시험장치는 도 4에서와 같이 일정한 공간 내에 여러 장치를 효율적으로 배치하여 성능시험장치를 콤팩트하게 구성할 수 있다. 이렇게 장치를 콤팩트하게 구성하면 성능시험장치의 설치 장소와 공간이 보다 작게 소요되며, 성능시험장치의 제작에 사용되는 재료도 보다 작게 소요된다. 또한 성능시험장치의 운전시 여러 장치가 인접거리에 위치하므로 각종 장치의 상태를 관찰하거나 또는 계측기를 감시하기에 매우 용이하므로 성능시험장치의 안전한 운전과 적절한 성능 유지에도 매우 효과적이다.
- <91> 이상과 같은 장치들이 조합된 본 발명의 성능시험장치를 이용한 시험대상 안전밸브의 성능시험 방법을 도 6을 참조하여 설명한다.
- <92> 시험대상 안전밸브(48)의 성능시험을 위해 성능시험장치는 깨끗하게 정화(Flushing)가 완료된 상태에서 시험대상 안전밸브(48)를 설치한다. 성능시험장치의 압축공기설비, 전기설비, 계측설비, 제어 및 감시설비 등을 운전 가능한 상태로 만든다.
- <93> 수처리장치(101)를 이용해 탈염수(이하 물이라 한다)를 압력방출탱크(81)에 소정량 충수하기 위해 압력방출탱크(81)의 배기밸브(90)를 연 다음 수처리장치(101)의 출구밸브(102)를 열어 압력방출탱크(81)의 소정의 수위까지 물을 충수한다(S210). 압력방출탱크(81)에 물의 충수가 완료되면 압력방출탱크 배기밸브(90)와 수처리설비 출구밸브(102)를 닫는다.
- <94> 압력방출탱크(81)의 물을 축압기(21)에 소정량 충수하기 위해 압력방출밸브(81)의 배기밸브(90)를 열고, 급수펌프 입구밸브(112)와 급수펌프 출구밸브(115)를 연다. 축압기(21) 충수시 공기의 원활한 배출을 위해 시험용기 압력제어밸브(42,43)와 전단 차단밸브(51,52), 시험용기 배수밸브(68)와 전단 차단밸브(67), 배수관 차단밸브(85)를 모두 연다. 급수펌프(111)를 운전하여 압력방출탱크(81)의 물을 축압기(21)에 소정의 수위까지 충수하고 축압기(21)의 충수가 완료되면 시험용기 배수밸브(68)와 전단 차단밸브(67)를 닫는다(S220). 압력방출탱크(81)의 물은 소정의 수위인지 확인하고 부족하면 전술한 방법으로 수처리장치(101)를 이용해 물을 보충한다.
- <95> 안전밸브 루프실 물방출시험이 필요하여 시험대상 안전밸브(48) 전단의 루프실(47)에 충수를 해야 할 경우에는 수처리장치(101)와 루프실 배수밸브(57) 사이에 임시 호스를 연결한다. 루프실 연속 배수밸브(57-1)를 닫고 시험용기 배수밸브(44-1)를 연 다음 루프실 배수밸브(57)를 열어 수처리장치(101)에서 물을 루프실(47)로 충수하고, 시험용기배수밸브(44-1)로 물이 배수되면 루프실(47)에 충수가 완료되었으므로 루프실 배수밸브(57)와 시험용기 배수밸브(44-1)를 닫는다.
- <96> 루프실 물방출시험을 하는 경우에는 루프실(47)에 물이 충전된 상태에서 축압기(21)와 시험용기(41)에 증기를 축압하여 가압하게 되므로 시험대상 안전밸브(48)는 물의 가압력에 의해 시험이 이루어진다. 즉, 루프실(47)에 있는 물은 시험대상 안전밸브(48)를 통해 방출배관(82)으로 방출된 후에야 시험대상 안전밸브(48)가 증기의 압력에 의해 개방된다.
- <97> 축압기(21)의 물을 전열기(22)로 가열하여 증기가 발생하면 축압기(21) 상부에 연결된 시험용기 가압배관(35)과 시험용기(41)에서 증기가 응축되므로 이 응축수를 원활하게 배수하기 위해 가압배관(35)의 응축수 배수밸브(64)와 시험용기의 배수밸브(67), 배수관 차단밸브(85)를 연다.
- <98> 축압기(21)의 전열기(22)를 운전하여 물을 가열하여 증기를 발생시킨다(S230). 축압기(21)에서 증기가 발생하기 시작하면 증기가 축압기 상부, 그리고 축압기와 연결되어 있는 시험용기(41)를 채우면서 축압된다. 증기가 축압되면서 축압기(21)와 시험용기(41)의 온도와 압력이 증가하며, 축압기(21)에 설치되어 있는 온도계(24,25)와 압력계(26), 시험용기(41)에 설치되어 있는 온도계(50)와 압력계(49)로 각 부분의 온도와 압력을 확인할 수 있다.
- <99> 축압기(21)의 물을 전열기를 이용하여 계속 가열하여 축압기(21)와 시험용기(41)의 압력을 소정의 압력(예를 들면 시험대상 안전밸브의 개방압력이 175 kg/cm²이라면 축압기와 시험용기의 압력을 160 kg/cm²)까지 증가시킨다(S240). 이 과정에서 축압기(21)와 시험용기(41)가 동시에 가열되도록 시험용기(41)의 예열밸브(59)를 간헐적으로 열어 축압기(21) 내 고온의 증기가 시험용기(41)를 통해 배출되도록 한다. 이때 축압기(21), 시험용기(41) 및 배관의 열응력을 최소화하기 위해 소정의 온도증가율(다른 용어로는 가열률) 범위 내에서 가열한다. 또한 축압기(21)의 전열기를 이용한 가열 가압 중 축압기(21) 내의 물이 미리 설정한 수위 이하로 감소하면 전열기의 운전을 잠시 중단하고 전술한 바와 같은 방법으로 축압기(21)의 소정의 수위까지 압력방출탱크(81)의 물로 충수

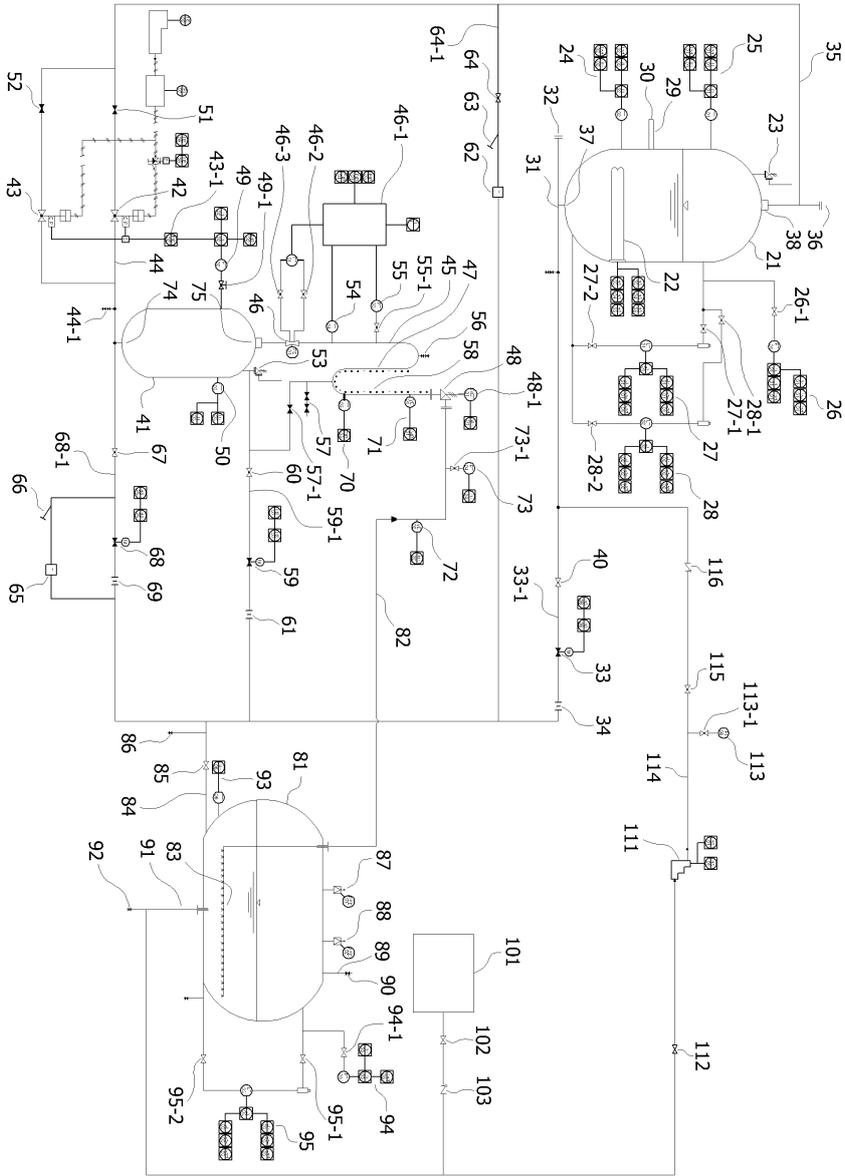
<115>	24,25,54,70,93 : 온도계	26,55,73,94,113 : 압력계
<116>	27,28,95 : 수위계	29 : 점검구
<117>	33,57,86,91 : 배수밸브	34,61,69 : 오리피스
<118>	35 : 가압배관	36 : 블라인드 플랜지
<119>	40 : 차단밸브	41 : 시험용기
<120>	42,43 : 압력제어밸브	44 : 증기공급배관
<121>	45 : 증기배출배관	46 : 벤츄리 튜브
<122>	47 : 루프실	48 : 시험대상 안전밸브
<123>	49 : 압력계	51,52,64 : 차단밸브
<124>	53 : 안전밸브	56,90 : 배기밸브
<125>	58 : 보온 전열기	59 : 예열밸브
<126>	60 : 예열밸브 차단밸브	62,65 : 증기트랩
<127>	63 : 스트레이너	68 : 응축수 배출밸브
<128>	71,72 : 진동계	81 : 압력방출탱크
<129>	82 : 방출배관	83 : 분사장치
<130>	85 : 격리밸브	87,88 : 파열판
<131>	101 : 수처리장치	102 : 급수공급밸브
<132>	103,116 : 역지밸브	111 : 급수펌프
<133>	112 : 급수펌프 입구밸브	115 : 급수펌프 출구밸브

도면

도면1

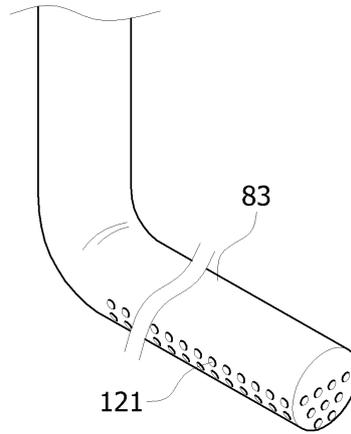


도면2

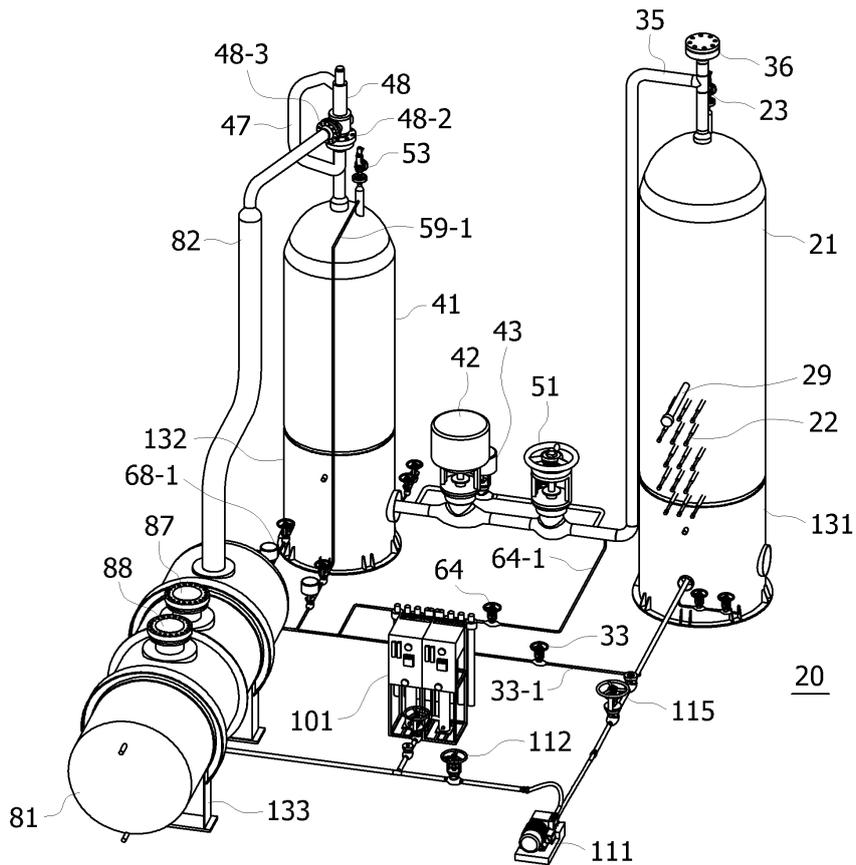


20

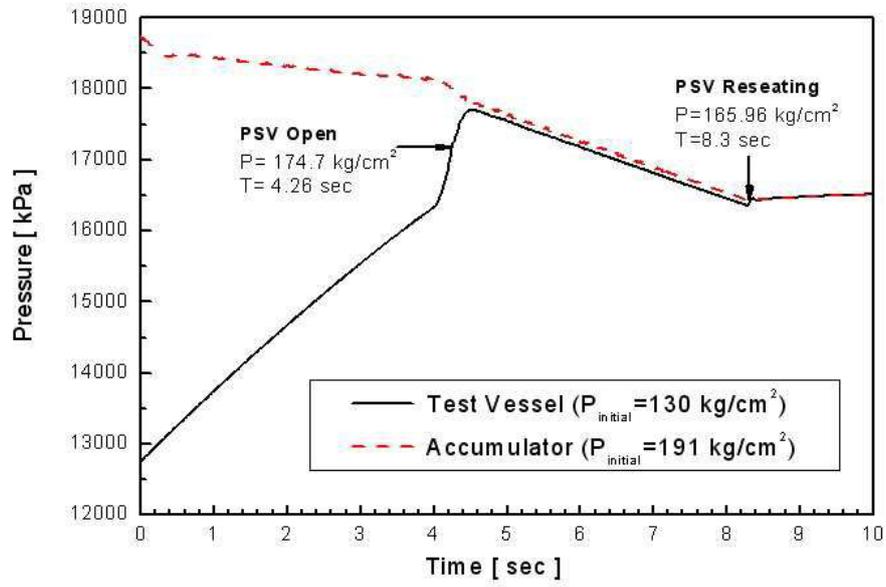
도면3



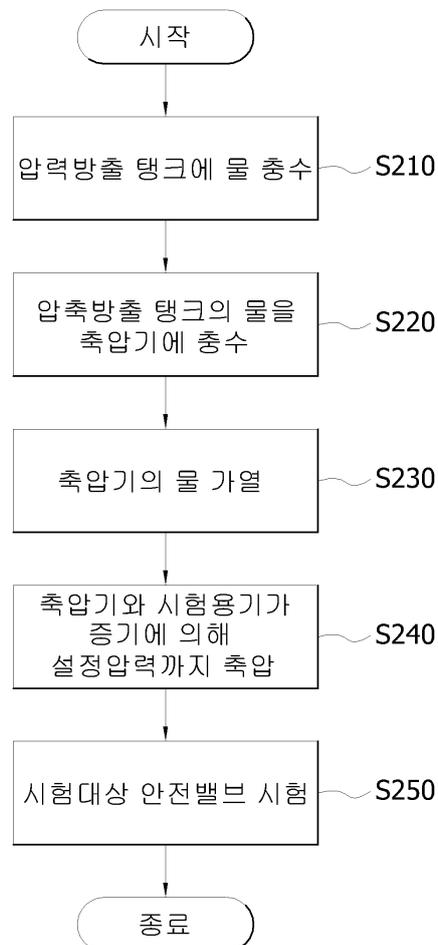
도면4



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 24

【변경전】

상기 제2압력제어밸브(43)

【변경후】

제2압력제어밸브(43)