

하나로 2차 냉각수의 탁도 조절을 위한 여과장치의 성능시험 Performance Test of Filtering System for Controlling the Turbidity of Secondary Cooling Water in HANARO

박 용철, 우 종섭, 조 영갑, 류 정수

한국원자력연구소
대전광역시 덕진동 150번지

임 낙영

한수상사
대전광역시 중구 중촌동 10-3

요 약

30 MW 연구용 원자로인 하나로가 운전되는 동안 약 80 m³/h의 2차 냉각수가 증발, 비산 및 취출 등에 의해 손실된다. 취출 손실을 최소화하기 위해 고경도 수질관리 프로그램으로 관리방안을 변경하는 경우 취출하지 않으면 탁도가 기준 값을 상회하게 된다. 탁도와 순환수 여과율 관계에 의해 취출없이 순환수의 2 %를 여과하면 탁도가 기준 값 (5 도) 이하로 관리될 수 있으므로 여과장치를 추가하였다. 여과장치의 현장 성능시험을 통해 정상 운전조건하에서 순환펌프의 성능을 확인하고 여과기에 의해 탁도가 기준 값 이하를 유지할 수 있음을 확인하였다. 따라서 하나로 2차 냉각수를 취출하지 않고 이 여과장치를 이용하여 고경도 수질관리 프로그램에 의해 수질을 용이하게 관리할 수 있다.

Abstract

There is about 80 m³/h loss of the secondary cooling water by evaporation, windage and blowdown during the operation of HANARO, 30 MW research reactor. When the secondary cooling water is treated by high Ca-hardness treatment program for minimizing the blowdown loss, only the turbidity exceeds the limit. By adding filtering system it was confirmed, through the relation of turbidity and filtering rate of secondary cooling water, that the turbidity is reduced below the limit (5 deg.) by 2 % of filtering rate without blowdown. And it was verified, through the field performance test of filtering system under normal operation condition, that the circulation pumps get proper capacity and that filter units reduce the turbidity below the limit. Therefore, the secondary cooling water can be treated by the high Ca-hardness program and filter system without blowdown.

1.0 개요

하나로⁽¹⁾에서 발생하는 열은 열교환기를 통하여 2차 냉각수에 전달되며 흡수된 열은 냉각탑에서 외기로 냉각된다. 열전달 매체로 사용되는 2차 냉각수는 온도변화와 함유된 이물질에 의해 부식, 스케일, 슬라임 및 슬러지의 장애를 일으킨다. 부식은 계통의 수명을 단축시키고, 스케일은 냉각수 중에 용존해 있는 난용성 염이 농축되어 전열면에 석출되면 열전달 효율을 저하시킨다. 그리고 슬라임 및 슬러지는 계통 내에서 열전달 효율을 저하시킬 뿐만 아니라 부착물 하부에서 국부 부식이 유발한다. 이러한 장애를 억제하기 위해 저경도 수질관리 프로그램으로 수질을 관리하면 수처리 약품을 주입하고 계통내의 이물질을 제거하기 위해 취출 (blowdown)하므로써 약품 처리된 냉각수가 손실된다. 이러한 손실을 최소화하기 위해 취출을 하지 않는 경우, 2차 냉각수는 농축도 12에 수렴하므로 고경도 수질관리 프로그램을 적용하였다. 취출하지 않으므로써 탁도가 상승하여 냉각수가 혼탁해지고 스케일 및 부식을 유발할 수 있으므로 탁도를 조절하기 위한 순환수 여과장치를 추가하였다⁽²⁾.

본 논문에서 여과장치의 순환펌프의 성능, 역세 및 여과의 제어기능 및 여과기의 성능시험 결과를 기술하였고, 여과장치를 실제 운전조건하에서 시험 가동하였을 때 탁도는 기준 값 이하로 유지됨을 확인하였으며 이 장치를 이용하면 고경도 수질관리 프로그램으로 수질을 용이하게 관리할 수 있다.

2.0 이론적 고찰

2.1 탁도 관리

하나로의 2차 냉각수계통의 냉각탑 입출구 온도는 각각 40 °C와 32 °C로서 냉각범위는 8 °C이며 원자로의 열출력 30 MW를 냉각하기 위해 3600 m³/h의 냉각수가 순환된다⁽³⁾. 냉각탑은 유인 통풍 항류방식 (induced draft counter flow type)으로 냉각수가 냉각탑 상부에서 하부로 떨어지면서 분산되어 더 작은 물방울이 되고, 상부에 설치된 냉각팬이 외기를 하부 측면에서 흡입하여 상부로 배출시키므로 냉각수에 함유된 열이 공기와 교차하면서 냉각된다. 이 과정에서 그림 1과 같이 2차 냉각수가 순환 (R)할 때 증발 (E)과 비산 (W)이 발생되며 비산 손실은 용수와 이물질이 함께 바람에 날려 손실되지만 증발은 용수만 손실되므로 이물질이 누적된다. 이 이물질은 취출 (B)을 통해 용수와 함께 계외로 배출되므로 냉각수가 보충 (M)된다. 냉각탑이 대기를 강제로 송풍시켜 용수를 냉각시키므로 오염된 공기와 이물질이 함유된 용수가 공급되므로 탁도가 증가할 수밖에 없다. 따라서 정상적인 운전상태에서 탁도의 생산과 소멸은 일정하게 유지되므로 식 (1)과 같이 평형방정식⁽³⁾을 세울 수 있다.

$$P \times (B + W + F) = (R \times P_i) + (M \times P_m) + (F \times P_f) \quad (1)$$

여기서, P : 순환수 탁도,

F : 여과수량,

P_i: 대기오염과 미생물 증식에 의한 오염도,

P_m : 보급수 탁도,

P_f : 여과수 탁도이다.

식 (1)을 순환수 탁도에 대하여 정리하면 식 (2)와 같다.

$$P = \frac{(R \times P_i) + (M \times P_m) + (F \times P_f)}{B + W + F} \quad (2)$$

이 식에서 순환수를 취출하지 않으면 탁도가 증가하고, 반대로 여과수량을 증가시키면 탁도가 감소하므로 취출하지 않는 경우 여과수량의 변화에 따른 탁도를 계산할 수 있다. 탁도를 5 도 이하로 관리하면 슬라임 장애가 발생하지 않는 것으로 보고⁽⁵⁾되고 있으므로 관리기준 값을 5 도로 정하고, 2차 냉각계통의 보급수 탁도가 0.3 도이므로 여과 후의 탁도를 중간값에 가까운 2 도로 가정하고, 순환수가 공기와 접촉하여 냉각되므로 대기 오염과 미생물 증식에 의한 오염도를 0.06⁽⁵⁾으로 정하였을 때 식 (2)로 계산한 탁도의 변화를 그림 2에 도시하였다. 2차 냉각수를 여과를 하지 않으면 탁도는 42 도로 관리제한 값 (20 도)⁽⁶⁾을 상회하지만 순환수의 2 %를 여과하면 5 도 이하를 유지할 수 있으므로 순환수량의 2 %를 여과할 수 있도록 여과장치를 추가하였다.

2.2 여과장치의 설치

여과장치는 탁도 조절 외에 냉각탑 수조 바닥에 침적되는 이물질을 제거하고 고농축시 주변환경의 영향으로 인한 취출도 가능하도록 그림 3과 같이 설치하였다⁽⁷⁾. 여과수량은 순환수의 2 %인 72 m³/hr로 정하였으며 3등분하여 여과수량을 조절할 수 있도록 펌프 3대를 병렬로 설치하고, 펌프 한 대의 유량과 양정은 각각 24 m³/hr와 25 mWg로 정하였다. 여과기도 펌프와 마찬가지로 동일 용량의 여과기 3대를 병렬로 설치하고 10 μm 이상의 이물질을 제거할 수 있도록 여과제는 직경이 0.45-0.55 mm인 실리카를 사용하였다. 역세수 여과기는 10톤 용량의 여과수 집수 탱크를 설치하고 펌프와 10 μm 여과포를 내장한 여과기를 설치하여 역세수도 여과하여 이물질만 제거하고 다시 냉각탑 배수조로 이송하여 재사용할 수 있도록 설치하였다.

냉각탑 수조 내에 침적된 이물질을 제거하기 위해 수조바닥에 순환펌프의 흡입관과 토출관을 여러 개의 구멍이 뚫린 다공관으로 설치하여 토출관에 의해 바닥에 침적된 이물질을 분산시키면 이를 흡입하여 여과하도록 설치하였다. 여과기는 이물질 누적에 의해 발생하는 차압이나 타이머에 의해 3-way 밸브의 흐름 방향을 조정하여 자동으로 여과와 역세를 반복하는 기능을 가진다.

3.0 시험장치 및 방법

3.1 순환펌프 성능시험

여과기에 의해 탁도를 정상적으로 조절하기 위해서는 순환펌프가 일정한 차압에서 충분한 유량을 공급하여야 하므로 각 펌프의 성능을 시험을 통하여 펌프의 유량을 확인한다. 펌프의 양정은 그림 4와 같이 펌프의 전후단에 설치된 압력계로 측정된 흡입압력과 토출압력의 차로 구하고, 유량은 펌프 흡입 공통관에 초음파 유량계⁽⁸⁾를 설치하여 측정한다.

각 펌프의 성능은 펌프의 흡입과 토출 밸브를 완전히 연 상태에서 최대 유량을 측정하고, 이 유량을 0 %, 25 %, 50 %, 75 % 및 100 %로 조절하여 그 때의 양정을 측정한다. 그리고 펌프를 두 대씩, 세 대씩 각각 조합하여 운전하고 양정과 유량을 측정한다. 펌프를 조합하여 운전하는 경우 유량을 늘리기 위해 병렬로 조합되므로 조합유량을 측정하여 여과유량의 만족여부를 점검한다.

3.2 여과기의 성능측정

여과기의 여과와 역세기능을 점검하고, 여과기를 통한 탁도의 개선상태를 측정하여 그 성능을 확인한다. 여과는 그림 5와 같이 여과기 하부에 설치된 입구노즐을 따라 유체가 들어오면 내부배관에 의해 여과기 상부로 이송되어 중간에 설치된 여과제를 거치면서 이물질이 여과되고, 여과수는 하부 스크린을 거쳐 상부에 있는 토출노즐을 따라 냉각탑 저수조로 이송된다. 그리고 역세는 상하에 설치된 3-way 밸브가 작동하여 유로를 바꾸면 유체가 상부 토출노즐로 인입되어 내부 스크린과 여과제를 반대방향으로 흘러 여과된 이물질과 함께 내부배관 상부를 통해 여과기 하부의 흡입노즐을 따라 역세수 집수탱크로 배출된다.

여과기의 여과와 역세는 펌프 기동 스위치와 역세 전환 스위치에 의한 수동 방식과 여과기의 고차압 및 타이머에 의한 자동방식으로 운전된다. 수동 방식은 펌프 기동스위치를 가압하여 펌프기동과 동시에 여과되므로 여과 상태를 점검하고, 역세 전환 스위치를 가압하면 역세가 되므로 역세 상태를 점검한다. 고차압에 의한 방법은 펌프가 기동된 상태에서 차압 지시계의 설정치를 현재의 차압으로 조정하여 역세를 확인하고 설정차압으로 전환하여 여과상태를 점검한다. 타이머에 의한 방법은 제어반에서 타이머 설정치를 조정하여 여과와 역세의 자동 전환상태를 점검한다.

역세 여과기는 수집탱크에 역세수가 모이면 고수위에서 역세 펌프가 작동하고 저수위에서 정지상태를 점검한다. 그리고 역세수 여과 제어기능 중 여과기가 모두 역세되는 경우 먼저 입력된 여과기부터 역세를 시작하고 나머지 여과기는 여과를 지속하다가 차례대로 역세가 이루어지는지 그 운전상태를 점검한다.

공통 토출관에 설치된 스트레이너는 여과기가 파손되어 여과제가 냉각탑 저수조로 유입되는 것을 방지하기 위해 설치하였으므로 여과기의 차압스위치와 마찬가지로 고차압 상태로 모의하였을 때 가동중인 순환펌프가 정지되고 경보와 지시등의 점등상태를 점검한다.

다음으로 여과기는 고경도 수질관리 프로그램으로 수질을 관리하는 경우 탁도를 조절하여 수질을 개선하여야 하므로 탁도 변화를 종합적으로 분석하기 위해 여과기 입구와 출구에서 8시간 간격으로 1일 2회 시료를 채취하여 Shimazu 사의 스펙트로 메터 (Model: UV-120)로 탁도를 측정⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾한다. 이 때 여과장치 설계시 여과수의 탁도를 2도로 가정하였으므로 여과 후의 탁도가 2도 이하를 유지하는지 분석결과를 확인한다. 그리고 탁도 측정결과와 비교하기 위해 부유물질 (suspended solid)의 양을 측정한다. 이 방식은 유리섬유 여지 (GF/C)의 처음 무게를 측정한 다음 시료의 일정량을 이 여지로 여과하여 건조시킨 후 무게를 측정하여 그 차가 부유물의 무게이므로 이를 단위체적당의 무게로 환산하여 표시한다⁽¹¹⁾.

4.0 시험 결과 및 고찰

4.1 순환펌프의 성능

1) 순환펌프의 성능

펌프의 성능 시험을 수행하기에 앞서 펌프와 여과기를 보호하기 위해 여과기에 여과제를 충전하지 않고 순환펌프 3대를 가동하여 약 2주간 운전하면서 냉각탑 바닥에 침적된 이물질을 제거하였다. 이 때 각 여과기는 수동으로 역세 위치에 놓고 운전하였으며 냉각탑 가운데 부분은 잘 제거되었지만 가장자리는 제거되지 않아 섬프 펌프를 이용하였다.

이물질이 제거된 다음 순환펌프를 한 대씩 가동하여 최대 유량의 0 %, 25 %, 50 %, 75 % 및

100 %의 유량일 때 각 양정을 측정하고 요구유량 (24 m³/hr)에 대해서도 추가로 측정하여 그림 6에 나타내었다. 각 펌프의 성능을 비교하기 위해 세대의 특성을 동시에 나타내었으며 펌프 1번은 다른 펌프에 비해 동일 유량에서 더 높은 양정을 나타내었다. 이는 펌프 2번과 펌프 3번의 흡입압력이 1 mAq와 0.5 mAq를 지시하였지만 펌프 1번의 흡입압력은 거의 0 mAq를 지시하여 양정에서 차이를 보이고 있으나 이 차이는 1 mAq이므로 무시할 수준이었다. 그리고 이 펌프들은 모두 흡입밸브와 토출밸브를 완전히 개방하였을 때 양정의 차이는 있지만 모두 요구유량을 만족하였다.

2) 두 대 조합운전시의 성능

펌프를 두 대씩 조합하여 운전하였을 때의 유량을 표 1, 표 2, 및 표 3에 각각 정리하였다. 두 대씩 운전하는 경우 각 유량은 요구유량 (48 m³/hr)을 상회하였으며 펌프 1번과 3번을 조합하였을 때 다른 조합보다도 많은 유량을 나타내었다. 펌프를 병렬로 두 대씩 조합하여 운전하는 경우 유량만 늘어나므로 해당펌프 곡선에서 두 대운전시 각 펌프의 양정에 해당하는 유량들을 합한 값과도 잘 일치함을 보여 주고 있다. 그리고 펌프 1번의 양정이 높아 다른 펌프와 조합하여 운전하는 경우 양정차에 의한 유량변동은 발생하지 않고 유량은 점차적으로 증가하여 서징 등 이상상태는 발견되지 않았다.

Table 1. Pump Characteristics for Combination of Pump-1 and Pump-2

Pump	Flow Rate (m ³ /hr)	Discharge Pressure (mAq)	Suction Pressure (mAq)	Head (mAq)
P-01	49.7	16.2	0	16.2
P-02			1	15.2

Table 2. Pump Characteristics for Combination of Pump-2 and Pump-3

Pump	Flow Rate (m ³ /hr)	Discharge Pressure (mAq)	Suction Pressure (mAq)	Head (mAq)
P-02	49.7	16.2	1	15.2
P-03			0.5	15.7

Table 3. Pump Characteristics for Combination of Pump-3 and Pump-1

Pump	Flow Rate (m ³ /hr)	Discharge Pressure (mAq)	Suction Pressure (mAq)	Head (mAq)
P-03	50.4	16.3	1	15.5
P-01			0	16.3

3) 펌프 3대를 조합하여 운전하는 경우

펌프 3대에 대하여 흡입밸브와 토출밸브를 완전히 개방한 상태에서 총유량은 표 4와 같이 순환수의 2%범위에 해당하는 요구유량 (72 m³/hr)을 만족함을 보이고 있다. 양정이 2대 운전하는 경우보다 높아진 것은 유량이 증가하면서 유속이 증가하여 마찰손실에 의한 손실이 증가하기 때문이다. 한편 요구유량을 만족하지만 여유유량이 없으므로 여과기의 차압이 증가하면 유량이 감소되어 여과기가 전 순환수를 여과하는 시간이 길어질 수 있다. 이 경우 여과기의 역세 주기를 짧게하여 이물질에 의한 차압 증가를 최소화한다. 현재는 여과제의 오염이 유량을 감소할 만큼 유량변화를 보이고 있지 않으나 장시간 정상운전을 통해 나타날 수 있으며 이에 대한 방안으로 유량을 주기적으로 점검하여 변화추세에 따라 역세 주기를 조정하고 그 진전 속도에 따라 여과제의 교체시점을 정할 예정이다.

Table 4. Pump Characteristics of Combination Pump-1, Pump-2 and Pump-3

Pump	Flow Rate (m ³ /hr)	Discharge Pressure (mAq)	Suction Pressure (mAq)	Head (mAq)
P-01	72	17.4	0	17.4
P-02			1	16.4
P-03			0.5	16.9

4.2 여과기의 성능

1) 여과기의 여과 및 역세 제어기능

펌프 기동스위치를 가압하였을 때 해당 펌프가 기동하여 여과가 시작되었으며 역세 전환스위치를 가압하면 3-way 밸브가 가압되어 유로를 변경하여 역세가 시작되었다. 정지 위치에 놓으면 역세를 정지하고 여과로 전환되었으며 3-way 밸브가 유로를 변경하는데 약 10초간 소요되었다.

펌프가 가동상태에서 차압 지시계를 고차압을 모의하였을 때 역세로 전환되었고, 모의를 해제하면 여과로 전환되었다. 차압계는 계속 0을 지시하고 변화가 없어 차압계를 교정한 후에도 동일한 현상을 나타내었다. 그 원인은 여과와 역세를 반복하는 경우 유로가 바뀌므로 차압계의 고차압 부분과 저차압 부분의 압력이 바뀌게 되어 지시범위를 이탈하는 것으로 판단하였다. 차압계 대신에 압력스위치로 교체후 여과된 이물질에 의한 차압 발생은 공동관에 설치된 토출밸브를 조정하여 고압력을 모의하였을 때 역세되었다. 타이머에 의한 방법은 제어반에서 타이머 설정치를 10분 운전, 2분 역세로 조정하였을 때 반복적으로 여과와 역세가 되었으며 타이머 설정치는 제작자가 추천하는 4시간 운전, 90초 역세 주기로 전환하였다.

여과기를 역세하여 역세수 집수탱크를 채우고 고수위에서 역세 여과펌프가 기동하여 저수위에서 정지되었으며 역세수 여과는 약 1분간 진행되었다. 다음으로 여과기 1번, 2번 및 3번의 순서로 역세 스위치를 가압하였을 때 1번 여과기부터 역세를 하였으며 나머지 여과기는 여과를 계속하다가 차례대로 역세되었고, 여과기의 역세 순서를 무작위로 바꾸어도 먼저 입력된 순서대로 역세되었다. 역세 여과기의 차압계를 고차압으로 모의하였을 때 고장램프가 점등되고 경보가 발생하였다. 공동 토출관에 설치된 스트레이너는 여과제의 유출을 막기 위한 것으로 차압계를 고차압으로 모의하였을 때 가동 중인 순환펌프는 모두 정지되었고 고차압 경보와 지시등이 점등되었다.

2) 탁도 조절기능

여과장치를 시험가동하여 여과기 입구와 출구에서 주기적으로 시료를 채취하여 탁도 및 부유물질의 양을 분석하였다. 그림 7에서와 같이 여과 전의 탁도는 여과기 입구에서 채취한 시료의 탁도이므로 순환수의 탁도를 지시하며 초기에는 약 15 도를 나타내었으나 약 33시간이 경과한 후에는 관리 기준치 (5 도)이하를 지시하였다. 그 이하에서도 점차 낮아지는 경향을 보였으며 가동후 8일이 경과한 16번 시험점 이후는 2 도이하에서 여과 전후의 탁도가 동일한 상태를 보이고 있다. 이는 여과기에 의해 탁도가 조절됨을 의미하고 여과기 설계시 여과수량을 순환수량의 2 %, 여과수의 탁도를 2 도로 정한 것은 타당하게 선정된 것으로 판단된다.

여과기의 탁도 조절기능을 보증하기 위해 탁도와 동일한 방식으로 부유물질의 양을 측정하여 그림 8에 나타내었다. 탁도와 마찬가지로 약 33시간이 경과한 후에는 2 mg/l 이하를 지시하고 점점 낮아지는 경향을 보이며 가동 후 10일이 경과한 20번 시험점 이후에서는 여과 후의 부유물질의 양과 거의 동일하였다. 그림 8과 9에서 탁도와 부유물질의 양이 변화하는 것을 비교하면 유사한 경향을 보여 여과기는 제거기능을 발휘하는 것으로 판단된다.

5.0 결론

하나로 2차 냉각수의 수질관리에 있어 용수손실과 화학약품사용을 최소화하기 위해 냉각수를 취출하지 않고 고경도 수질관리 프로그램으로 수질을 관리하기 위해 탁도 조절용 여과장치를 설치하고 그 성능을 실험하였으며 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 여과장치의 순환펌프 성능시험을 통하여 펌프 한 대의 요구유량과 3대를 조합하여 운전할 때의 요구유량을 만족하므로 정상적으로 작동됨을 확인하였다.

2) 여과장치를 수동 및 자동으로 운전하는 경우 역세와 여과가 제어기능에 따라 반복적으로 작동하므로 여과기 제어기능은 정상적으로 작동됨을 확인하였다.

3) 여과장치를 이용하면 가동 후 약 33시간 이내에 탁도를 30 %이하로 저하시킬 수 있고, 하나로 2차 냉각수 수질 상태에서는 순환수는 관리기준 값 5 도 이하로, 여과수는 설계기준 값 2 도 이하를 각각 유지하므로 여과장치는 정상적으로 작동됨을 확인하였다.

4) 따라서 여과장치를 이용하면 탁도 조절이 가능하므로 고경도 수질관리 프로그램으로 하나로 2차 냉각수를 용이하게 관리할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 과학기술부가 주관하는 국가 원자력 연구개발 계획의 일환으로 수행되었으며 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

[1] T. S. Byun, et. al., "A deformation Model of Uranium-Silicide Dispersion Fuel for Research

- Reactor", J. of KNS, Vol. 28 p150-161, 1996. 4.
- [2] Y. C. Park, et. al., "Minimising Secondary Coolant Blow down in HANARO", 원자력학회, 2000년 추계학술발표논문집, 2000. 10.
- [3] KOPEC, "Design Manual of Secondary Cooling System", KM-711-DM-P01, KAERI, 1992. 7.
- [4] Iwata, Osamu, et. al., "Kurita Handbook of Water Treatment", Kurita Water Industrials Ltd. 1985.
- [5] KURITA Ind. Co., "冷却水에 發生하는 障害의 原因", 1996. 3.
- [6] HANSU Co. Ltd., "Chemical Treatment for Secondary Cooling System", 1987. 10.
- [7] Y. C. Park, "Manufacturing Specification for Filtering Unit of Secondary Cooling System in HANARO", HAN-RS-DS-711-K001, KAERI. 2000. 6.
- [8] Controlotron, "Field Manual of System 990 UNIFLOW", 1993. 8.
- [9] Shimazu Ind. Co., "User's Manual of UV-VIS Spectrophotometer", 990FM-2H, 1985.
- [10] 한국공업표준협회, "공업 용수의 시험 방법", KS M 0100, 1988. 8.
- [11] 김세열, " 환경오염 공정 시험법 (수질분야)", 환경교육 연구회, p184, 1995. 2.

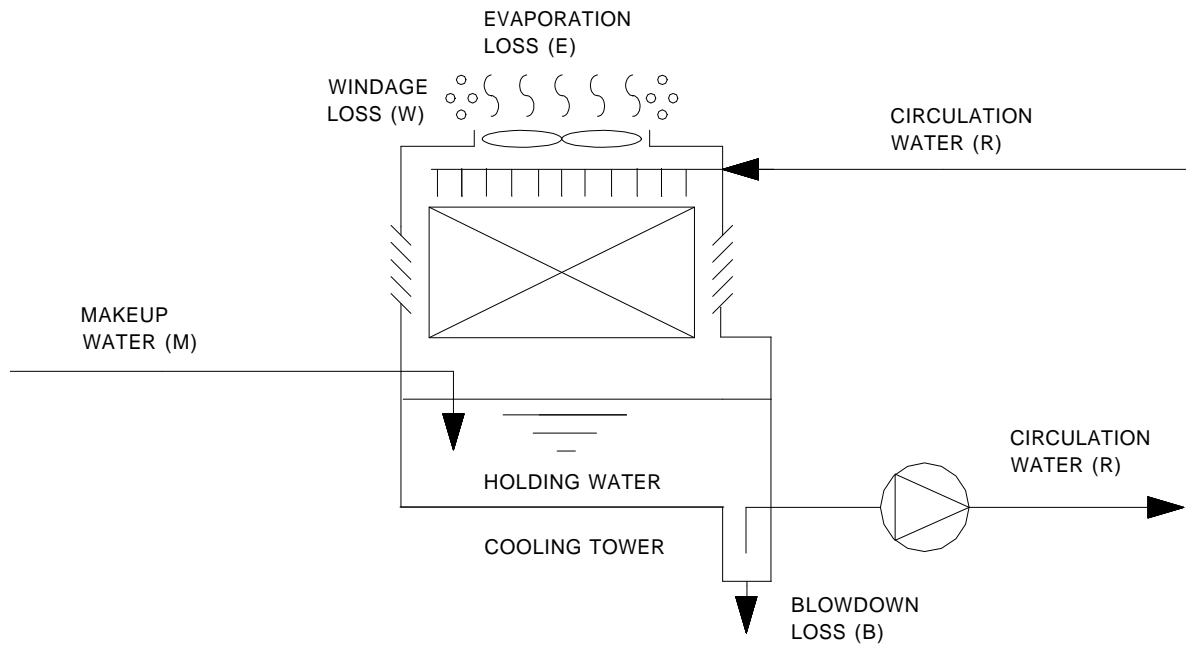


Fig. 1 The View of Water Supply and Loss in Cooling Tower

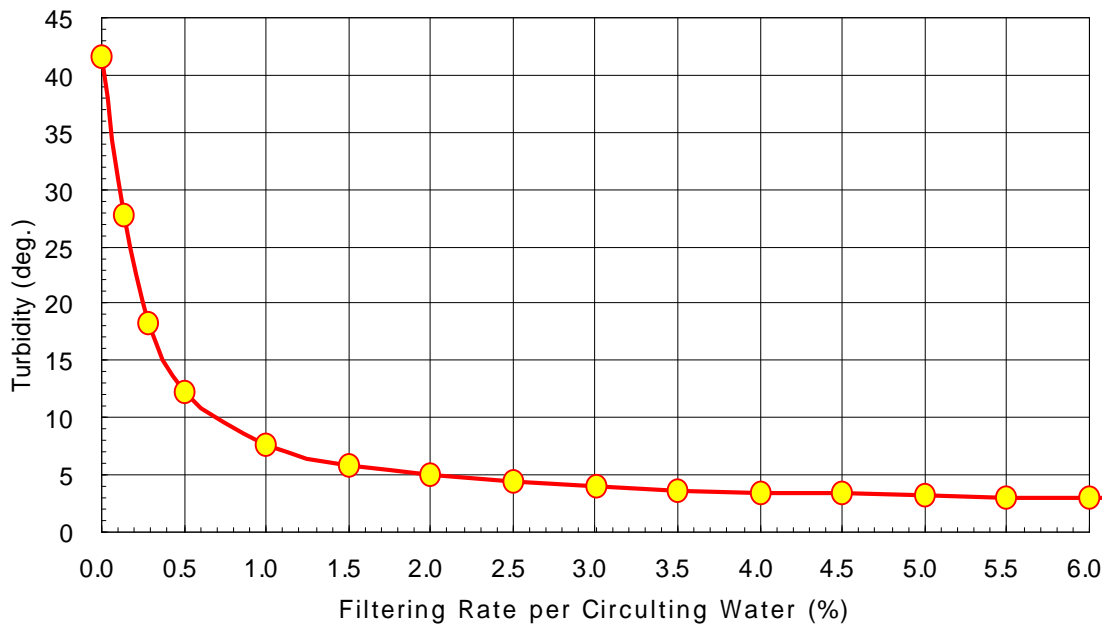


Fig. 2 Relation of Turbidity and Filtering Rate per Circulating Water

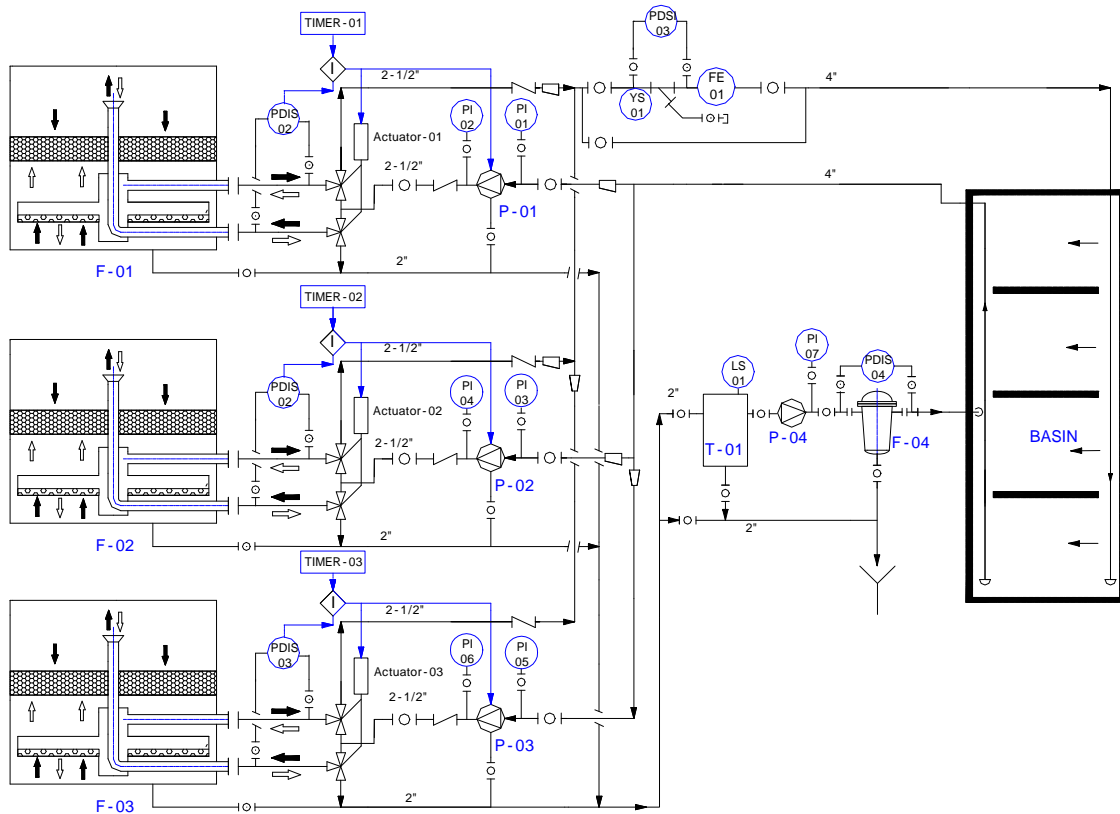


Fig. 3 P&ID of Filtering System

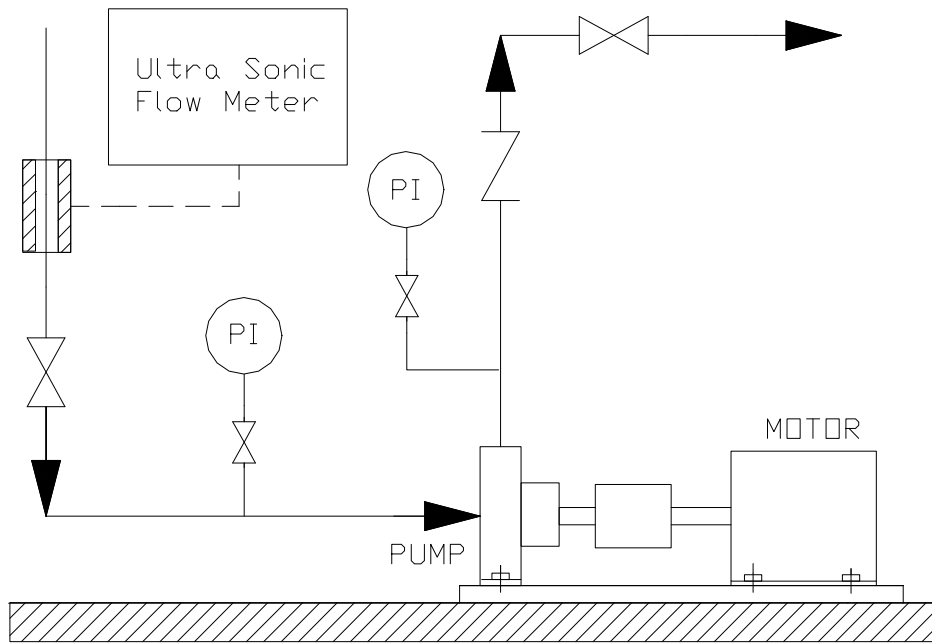


Fig. 4. Schematic Diagram of Pump Test

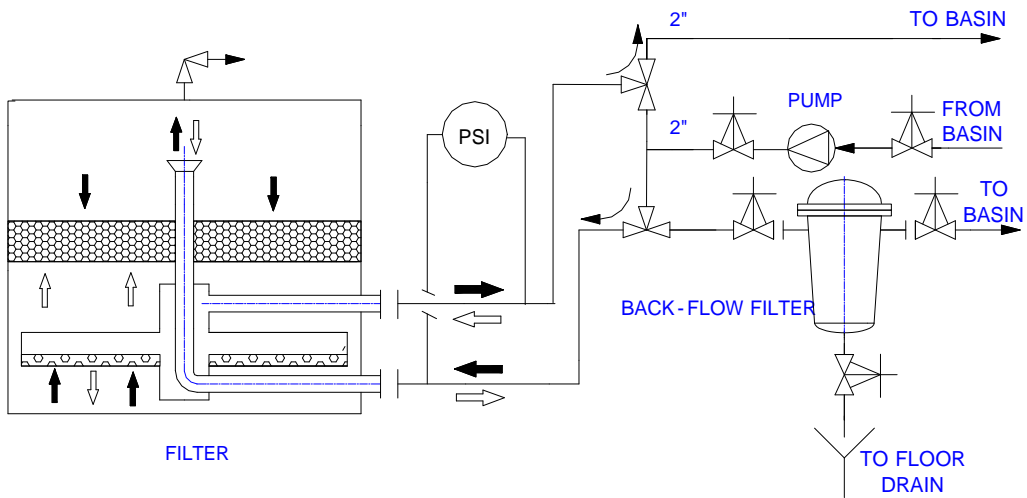


Fig. 5 Schematic Diagram of Filtering unit

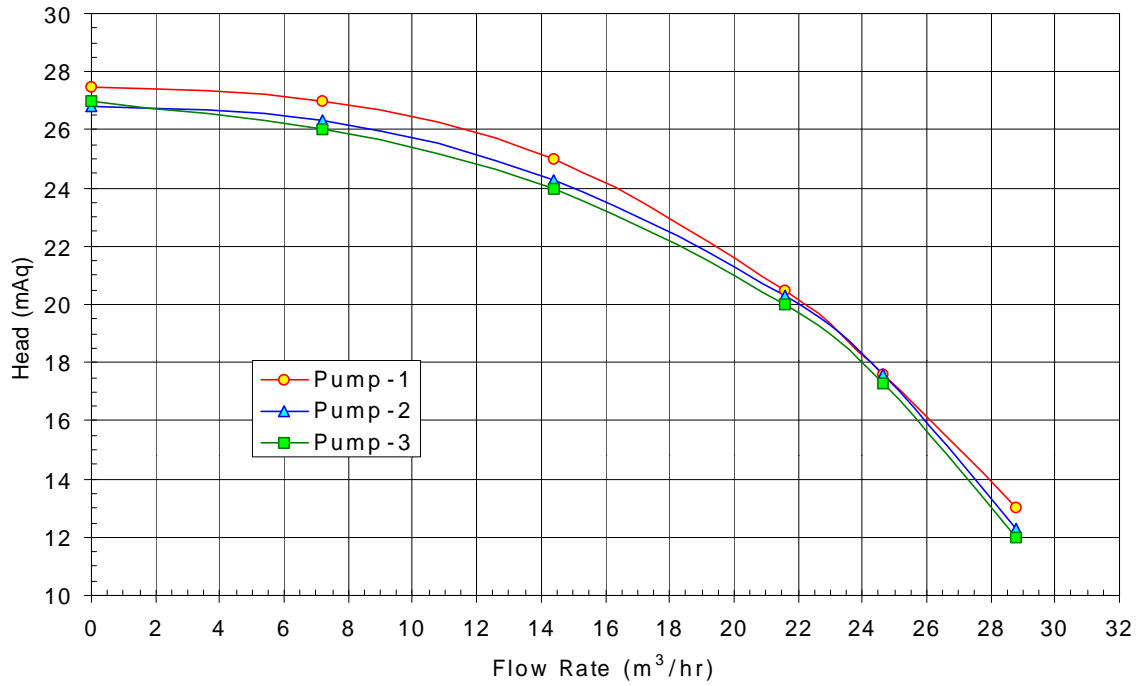


Fig. 6 Performance Curve of Circulation Pump

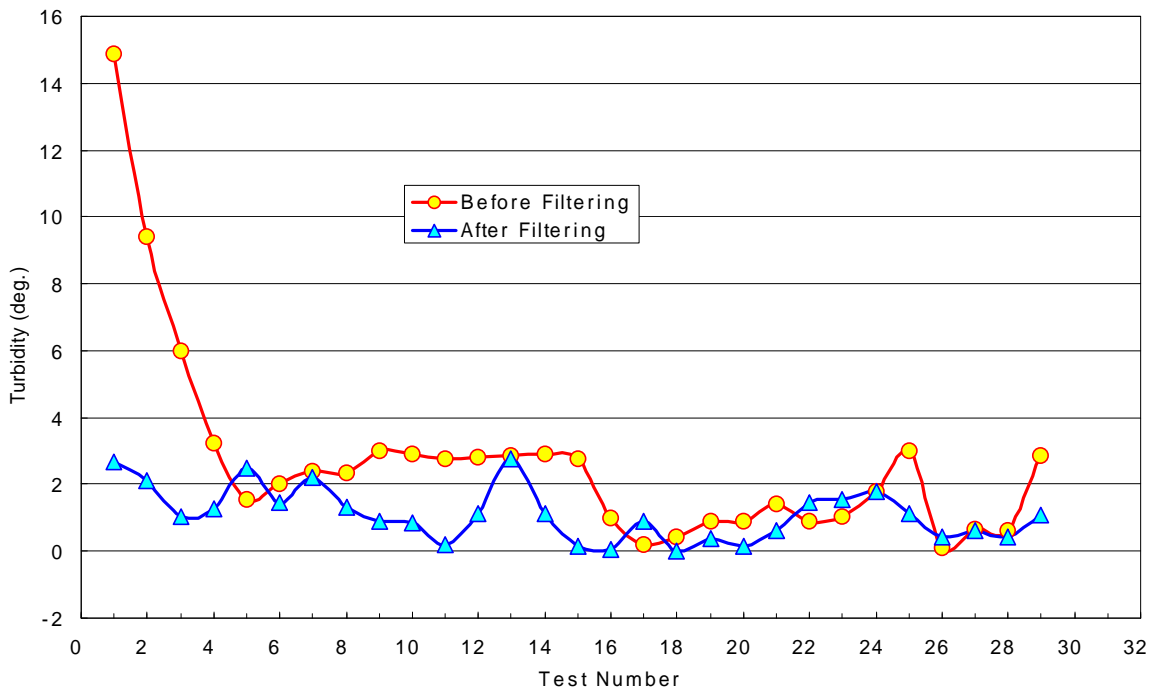


Fig. 7 Comparison of Turbidity

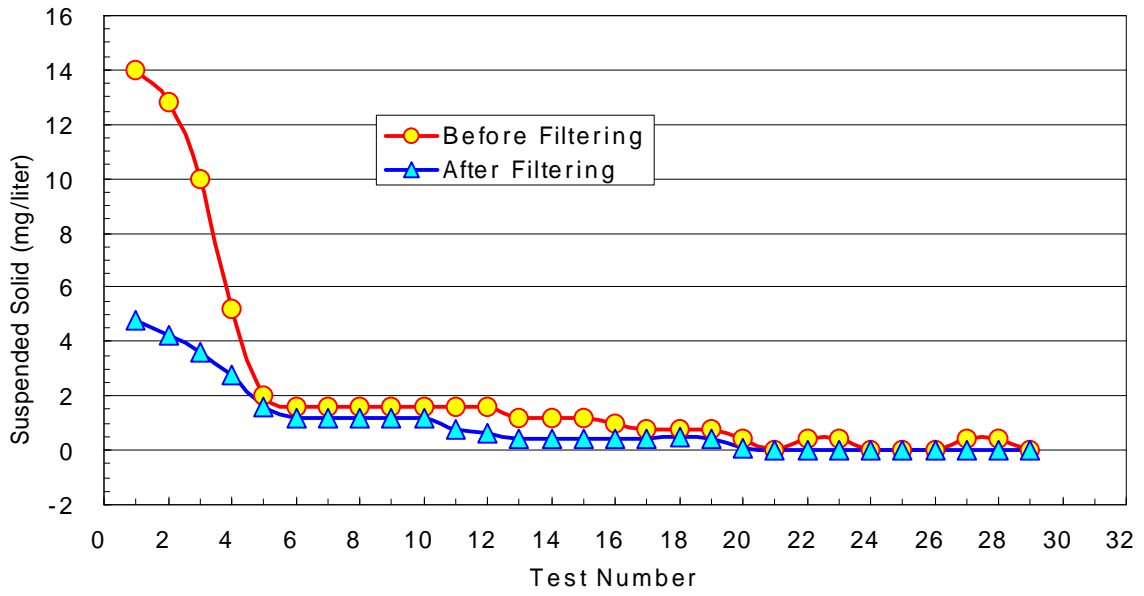


Fig. 8 Comparison of Suspended Solid