



SAMSUNG ENGINEERING

DESIGN INSTRUCTION

SPD0087KRE

Process Design Manual

Pump Minimum Flow Bypass System

REV. : 1

DATE : 2014. 9. 29

	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE i OF i
DATE: 2014. 9. 29		

목 차

	페이지
1. 일반 -----	1
1.1 목적 -----	1
1.2 적용범위 -----	1
1.3 관련문서 -----	1
2. Pump Minimum Flow Bypass의 선정 -----	1
2.1 Pump Minimum Flow의 정의 -----	1
2.2 Minimum Flow 유량 기준 -----	1
2.3 Temperature Rise 및 Minimum Flow Calculation -----	1
2.4 Minimum Flow Bypass System 선정 -----	3
3. 작성내력 -----	6
Appendix	
I. Restriction Orifice Size 선정	
II. Example for Minimum Flow Bypass	

 DATE: 2014. 9. 29	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE 1 OF 6

1 일반

This Manual is designed by presenting the criteria for the Centrifugal Pump Minimum Flow Bypass Standardization

1.1 목적 objective and an optimized design for this purpose.

본 Manual은 Centrifugal Pump의 Minimum Flow Bypass에 대한 선정 기준을 제시함으로써 설계 표준화 및 최적화된 설계를 하는데 목적이 있다.

Coverage

1.2 적용범위 The basis of this principle apply to Samsung Engineering Environmental Water Minimum Flow Bypass design team selected to perform in the process of Centrifugal Pump parts.

원칙적으로 삼성엔지니어링 환경수처리설계팀 공정파트에서 수행하는 Centrifugal Pump의 Minimum Flow Bypass 선정에 본 기준을 적용한다. 단 사업주가 제시하는 특별기준이 있을 경우에는 본 Manual에 우선한다.

1.4 관련 문서 Related documents

- Environmental Technical Team Hydraulic Calculation Basis
- ANSI/HI 1.3-2000 Centrifugal Pumps for Design and Application
- Cameron Hydraulic Data, C.C.Heald (Eighteenth Edition)
- 효성 펌프 편람

2. Pump Minimum Flow Bypass의 선정

2.1 Pump Minimum Flow의 정의 Defination

펌프 운전시의 동력은 유체를 유효일과 기계손실 등에 소비되는 것 외에 유체를 가열시키는데도 소비된다. 펌프의 토출량이 극소의 상태에서 운전하면 펌프 효율이 현저히 저하되고, 펌프에서 나오는 동력의 대부분은 열로 전환되어 유체 온도가 상승한다. 이런 현상에 의해 심한 열변형이 발생할 뿐만 아니라 증기를 발생시켜 Cavitation 등의 원인이 되므로 고온수를 취급하는, 동력이 크고, 토출량이 작은(예를 들면 보일러급수용) 펌프에서는 특별히 주의하여야만 한다.

펌프의 토출량이 제어되는 경우, Pump마다 요구되는 Minimum Flow보다 저유량으로 운전될 수 있으므로 이를 방지하기 위하여 Pump Discharge Line에서 Tank 또는 Pump Suction 으로 Minimum Flow 를 Bypass하는 Line 을 설치해야 한다.

2.2 Minimum Flow 유량

기본적으로 Pump Vendor에 의하여 결정된다. Vendor 선정 이전에 Planning 단계의 설계를 위한 Minimum Flow 유량은 환경설계팀 공정파트 표준 "Environmental Technical Team Hydraulic Calculation Basis"에서 Pump rated capa. 의 25%로 정의하고 있다. Min. flow 유량은 Pump마다 다르고 25% 이상 되는 경우도 있으므로 ~~아 값은 설계자에 따라 여유율을 더 고려해 줄 수 있다.~~ 온도 변화에 따른 minimum flow 유량을 계산하여 계산값을 이용하여 검토하는 것이 필요하다.

2.3 Temperature Rise 및 Minimum Flow Calculation

2.3.1 Temperature Rise Calculation

Pump의 power loss는 열에너지로 전환되고, Pump를 통과하는 유체의 온도를 상승시키게

 DATE: 2014. 9. 29	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE 2 OF 6

된다. 이 때, 온도 상승을 계산하는 식은 아래와 같다.

$$\Delta T = \frac{H}{10.4 \times C_p} \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

Where,

ΔT = temperature rise through the pump, °C

H = total developed head at flow being considered, m

C_p = specific heat of the liquid at pumpage temperature, **kJ/kg °C**

η = efficiency of the pump at flow being considered, expressed as a decimal

2.3.2 Minimum Flow Calculation

일반적으로 Pump에서의 유체 온도 상승은 약 8°C로 제한된다. 상승 허용 온도가 8°C일 때 필요한 Minimum Flow 유량은 아래 식으로 계산한다.

$$Q = \frac{433 P_p}{C_p \times \rho} \quad \text{the fluid temperature rise in the Pump is limited to about 8 °C}$$

Where,

Q = minimum flow rate, m3/h

P_p = input power at the minimum flow, kW

C_p = specific heat, kJ/kg°C

ρ = density, kg/m3

(P_p 값은 shut-off power와 거의 유사함) **P_p values are almost similar to the shut-off power**

만약, maximum allowable temperature rise 값을 알고 있다면, 이 때 Minimum Flow 유량은 아래 식으로 계산한다. **If you know the maximum allowable temperature rise values**

$$Q = \frac{3600 \times P_p}{\Delta T \times C_p \times \rho}$$

Where,

Q = minimum flow rate, m3/h

P_p = input power at the minimum flow, kW

ΔT = temperature rise through the pump, °C

C_p = specific heat, kJ/kg°C

ρ = density, kg/m3

	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE 3 OF 6

(R.O and Manual Valve) Minimum Flow capacity must be added to the design flow required by the process

2.4 Minimum Flow Bypass System 선정

Minimum Flow Bypass 방법에는 연속적으로 Bypass 하는 방법과 일정 유량 이하인 경우 Automatic Bypass 하는 방법이 있다. Restriction Orifice 또는 Manual Valve 를 설치하는 경우가 연속 Bypass에 해당이 된다. Pump에서 요구되는 Minimum Flow 유량이 항상 Bypass 되어 흐르므로 Pump의 Minimum Flow를 보장하게 된다. 구성이 간단하고 설치 비용이 낮은 장점이 있지만, Pump의 용량이 커짐에 따라 동력 소모가 증가하고 운전비가 증가하는 단점이 있다. Pump의 설치 용량은 프로세스 상 필요한 설계유량에 Minimum Flow 가 더해져야 한다. Automatic Re-circulation Valve(ARV) 또는 Control Valve를 설치하는 경우는 Automatic Bypass에 해당이 된다. Pump Discharge 유량이 일정 유량 이하로 흐르는 경우에 ARV 또는 Control Valve를 통하여 자동적으로 Bypass 됨으로써 Pump의 Minimum Flow를 확보하게 된다. 이 때 Pump의 설치 용량은 프로세스 상 필요한 설계유량과 동일하다. RO 또는 Manual valve에 비하여 Valve 및 유량계 등의 구성이 상대적으로 복잡하고, 설치 비용이 높은 단점이 있지만, Pump 설치 용량이 증가할 필요가 없으므로 동력 소모 및 운전비가 전자에 비해 상대적으로 낮은 장점이 있다.

2.4.1 Minimum Flow Bypass System 비교

Minimum Flow Bypass System 적용 기준을 아래와 같이 제시하였다. 아래 기준은 기본적으로 추천하는 기준으로 두 가지 이상의 System이 적용 가능한 경우에는 경제성 비교를 통해 선정하는 것이 타당하다.

구 분	Restriction Orifice	Manual Valve	ARV	Control Valve
merit	cheapest Orifice 설치비 저렴	low cost Manual Valve설치비 저렴	moderate 설치비 중간 정도	1) Min. Flow 안정적 제어 2) 펌프에 급격한 유량변화 없음 no sudden change in pump flow
Disadvantages	1) 선정된 Size의 RO 설치 이후 Min. Flow 조절은 불가능 함 Min. Flow control is unavailable 2) 펌프 유량 증가에 따른 펌프 설치비 및 동력 증가 flow & power increases	펌프 유량 증가에 따른 펌프 설치비 및 동력 증가 flow & power increases	1) Trouble point가 될 수 있음. can be a negative 2) On/Off 원에 따라 펌프에 급격한 유량 변화가 발생 가능함. On/Off according to flow change is possible	설치비 높음 high installation cost
Application	increases installation cost 1) Orifice 한 개 당 가능한 최대 압력 손실이 있음 2) 50kg/cm2G 이하에 적용 blow 50 kg/cm2	installation cost 50kg/cm2G 이하에 적용 blow 50 kg/cm2	1) 140kg/cm2G 이하에 적용 blow 140 kg/cm2 2) 불순물이 함유된 유체에 적용 어려움 (Vendor에서 요구하는 표준 pump suction filter mesh size는 0.3~ 0.5mm임) Difficulty in applying the fluid containing the impurities (the standard required by the pump suction filter mesh size is 0.3 ~ 0.5mm Vendor Im)	-

2.4.2 Minimum Flow Bypass System 선정 기준

~~일반적으로 Pump에서의 유체 온도 상승은 약 8°C로 제한된다. 상승 허용 온도가 8°C일 때 필요한 Minimum Flow 유량은 아래 식으로 계산한다.~~

- (1) Pump Rated Capacity가 15m3/h 이하 또는 Power 18.5kW 이하일 경우는 Restriction Orifice(RO) 또는 Manual Valve를 선정한다.

If Pump Rated Capacity is = or less 15m3 / h or equal to or less than the selected Power 18.5kW Restriction-Orifice (RO) or Manual Valve.

	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE 4 OF 6

>15 m3/hr or 18 kW, Use ARV or Control Valve

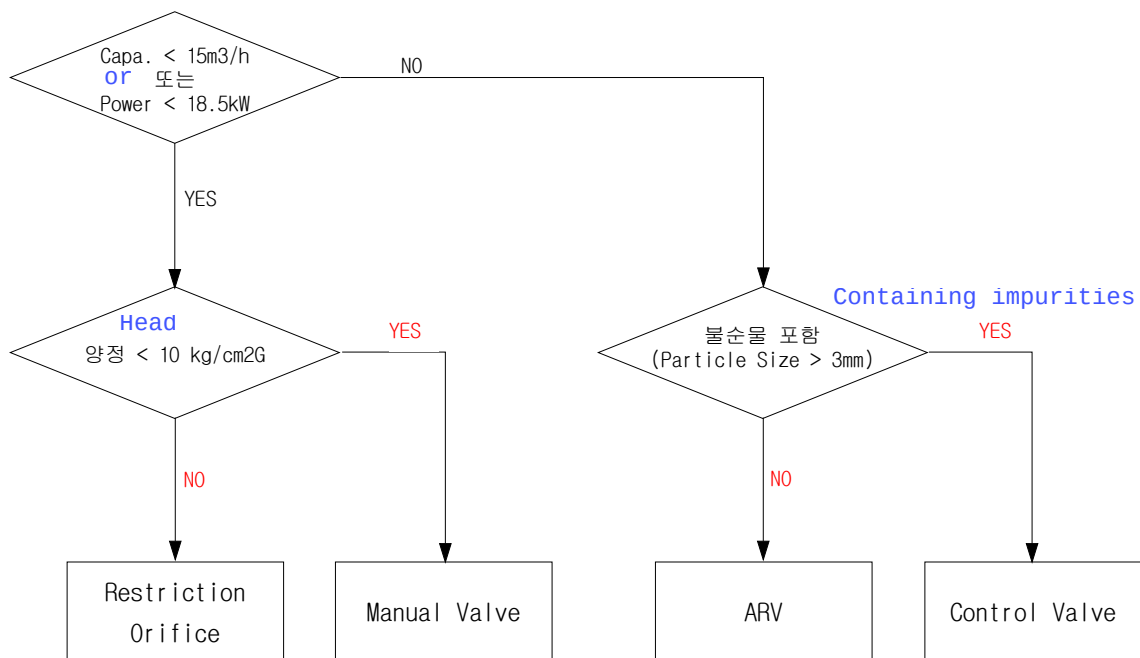
(2) Pump Rated Capacity가 15m3/h 이상 또는 Power 18.5kW 이상일 경우는 ARV (Automatic Re-circulation Valve) 또는 Control Valve를 선정한다.

More than 10 kg/cm2 (3) 1)의 경우, 펌프 양정이 10 kg/cm2G 이상일 경우는 Restriction Orifice를 선정한다.

Less than 10 kg/cm2 (4) 1)의 경우, 펌프 양정이 10 kg/cm2G 이하일 경우는 Manual Valve를 선정한다.

No impurities (5) 2)의 경우, Pumping 유체가 청수인 경우는 ARV를 선정한다.

impurities (6) 2)의 경우, 불순물이 함유된 유체(원수, 슬러지 등)의 경우는 Control Valve를 선정한다.



2.4.3 Restriction Orifice

Pump Discharge 압력과 Return 되는 Tank/Vessel의 운전압력 차이만큼 Orifice에서 감압되어야 한다. Orifice에서 감압에 한계가 있으므로 (통상 최대 10kg/cm2) 고압 System에 Orifice를 설치하려면 다단으로 Orifice를 설치해야 한다. Orifice는 펌프의 Bypass Return line에 설치되고, Restriction Orifice에서 정확한 유량이 bypass 되기는 힘드므로 Manual Valve를 함께 설치하여 유량 조절을 하는 것이 좋다. Typical P&ID는 Appendix.II를 참고한다. 펌프의 Design Capacity는 Pump의 Return Minimum Flow를 가산해야 한다.

$$\text{Design Pump Capacity} = \text{Rated Pump Capacity} + \text{Pump Minimum Flow}$$

Orifice Sizing 방법은 Appendix.I 을 참고한다.

2.4.4 Manual Valve

Pump Discharge 압력과 Return 되는 Tank/Vessel의 운전압력 차이만큼 Manual Valve에서 감압되어야 한다. Orifice와 같이 Valve에서도 감압에 한계가 있으므로 (통상 최대 10kg/cm2)

	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE 5 OF 6

DATE: 2014. 9. 29

고압 System에 Manual Valve를 적용하기 위해서는 감압용으로 Orifice를 추가적으로 설치해야한다. 이런 경우는 위의 Orifice 설치하는 경우와 동일한 System이 된다. 따라서, 본 항목 2.3.3의 Manual Valve는 2.3.1에서 제시한 기준과 같이 10kg/cm2G 이하에 적용하는 것을 지칭한다. Typical P&ID는 Appendix.II를 참고한다.

펌프의 Design Capacity는 Pump의 Return Minimum Flow를 가산해야 한다.

Design Pump Capacity = Rated Pump Capacity + Pump Minimum Flow

2.4.5 Automatic Re-circulation Valve (ARV)

ARV는 Bypass Flow control, 감압 및 역류 방지 기능을 가지고 있고, 펌프의 토출 유량에 따라 On-Off bypass control이 된다. 펌프의 토출량이 Min. Flow 이하로 떨어지면 ARV의 Bypass가 자동적으로 열리고, 펌프의 토출량이 Min. Flow 이상으로 회복되면 Bypass는 자동적으로 폐쇄된다. 다른 System과 마찬가지로 Pump Discharge 압력과 Return 되는 Tank/Vessel의 운전압력 차이만큼 ARV에서 감압되어야 하는데, ARV는 감압에 한계는 없다. ARV 발주 시에 Process Data를 정확히 제시해주면, Vendor에서 적합한 valve를 설계하게 된다. 펌프에 포함하여 발주하여도 무방하다. ARV 자체에 Check valve 기능이 있어 별도의 check valve 설치의 필요 없다. Typical P&ID는 Appendix.II를 참고한다.

펌프의 Design Capacity는 Pump Rated Capacity와 동일하다.

Check valve function there is no need for ARV itself is a separate check valve installed.

Design Pump Capacity = Rated Pump Capacity

2.4.6 Control Valve

펌프 토출 유량 값에 따라 Bypass line에 설치된 Control Valve의 개도를 조절하여 펌프의 Min. flow를 보장해주는 방법이다. Control Valve에 의해 펌프의 토출량이 완만하게 제어되므로, 펌프의 급격한 유량변화에 따른 펌프 Damage가 감소된다. Pump Discharge 압력과 Return 되는 Tank/Vessel의 운전압력 차이만큼 Manual Valve에서 감압되어야 한다. Orifice 및 Manual Valve와 같이 Valve에서도 감압에 한계가 있으므로 (통상 최대 10kg/cm2) 고압 System에 적용하기 위해서는 감압용으로 Orifice를 추가적으로 설치해야한다. Typical P&ID는 Appendix.II를 참고한다.

펌프의 Design Capacity는 Pump Rated Capacity와 동일하다.

Design Pump Capacity = Rated Pump Capacity

	DESIGN INSTRUCTION PUMP MINIMUM FLOW BYPASS SYSTEM	SPD0087KRE
		REV. : 1
		PAGE 6 OF 6

3. 작성내력

개정번호	개 정 일 자	개정 페이지	개 정 사 유
0	2013.4.5	신규작성	신규 제정 - 작성부서 : 환경설계팀 - 작성자 : 김미영, 조만재 - 검토자 : 박원일 - 승인자 : 구영열
1	2014.9.29	All page	조직 개편에 따른 문구 수정 및 내용 update - 작성부서 : 환경수처리설계팀 - 작성자 : 유현석 - 검토자 : 고제황 - 승인자 : 강신규

Appendix I Restriction Orifice Size

APPENDIX I

SPD0087KRE

REV. NO.: 1

PAGE 1 OF 2

1. Restriction Orifice 출구 유량 계산

$$Q = 19.636 C d_1^2 \sqrt{h} \sqrt{\frac{1}{1 - \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^4}} \text{ where } \frac{d_1}{d_2} \text{ is greater than } 0.3$$

$$Q = 19.636 C d_1^2 \sqrt{h} \text{ where } \frac{d_1}{d_2} \text{ is less than } 0.3$$

Q = flow, in gpm

d1= dia of orifice or nozzle opening, inches

h = differential head at orifice, in feed of liquid.

d2 = dia of pipe in which orifice is placed, inches

C = discharge coefficient (typical values below for water)

RE-ENTRANT TUBE	SHARP- EDGED	SQUARE EDGED	RE-ENTRANT TUBE	SQUARE EDGED	WELL ROUNDED
					
LENGTH = 1/2 DIA.		STREAM CLEARS SIDES	LENGTH = 2-1/2 DIA.	TUBE FLOWN TUB.	
C = .52	C = .61	C = .61	C = .73	C = .82	C = .98

Table on next page shows flow using a value of C = 1.00. These flows values may be multiplied by the C value for a particular discharge to obtain actual flow.

Appendix I Restriction Orifice Size

APPENDIX I

SPD0087KRE

REV. NO.: 1

PAGE 2 OF 2

2. Restriction Orifice Size Table

Flow Data — Nozzles															
Theoretical Discharge of Nozzles in U S Gallons Per Minute															
Head*		Velocity of disch ft/sec	Diameter of nozzle in inches												
psi	feet**		1/16	1/8	3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 3/8
10	23.1	38.6	0.37	1.48	3.32	5.91	13.3	23.6	36.9	53.1	72.4	94.5	120	148	179
15	34.6	47.25	0.45	1.81	4.06	7.24	16.3	28.9	45.2	65.0	88.5	116.	147	181	219
20	46.2	54.55	0.52	2.09	4.69	8.35	18.8	33.4	52.2	75.1	102.	134.	169	209	253
25	57.7	61.0	0.58	2.34	5.25	9.34	21.0	37.3	58.3	84.0	114.	149.	189	234	283
30	69.3	66.85	0.64	2.56	5.75	10.2	23.0	40.9	63.9	92.0	125.	164.	207	256	309
35	80.8	72.2	0.69	2.77	6.21	11.1	24.8	44.2	69.0	99.5	135.	177.	224	277	334
40	92.4	77.2	0.74	2.96	6.64	11.8	26.6	47.3	73.8	106.	145.	188.	239	296	357
45	103.9	81.8	0.78	3.13	7.03	12.5	28.2	50.1	78.2	113.	153.	200.	253	313	379
50	115.5	86.25	0.83	3.30	7.41	13.2	29.7	52.8	82.5	119.	162.	211.	267	330	399
55	127.0	90.5	0.87	3.46	7.77	13.8	31.1	55.3	86.4	125.	169.	221.	280	346	418
60	138.6	94.5	0.90	3.62	8.12	14.5	32.5	57.8	90.4	130.	177.	231.	293	362	438
65	150.1	98.3	0.94	3.77	8.45	15.1	33.8	60.2	94.0	136.	184.	241.	305	376	455
70	161.7	102.1	0.98	3.91	8.78	15.7	35.2	62.5	97.7	141.	191.	250.	317	391	473
75	173.2	105.7	1.01	4.05	9.08	16.2	36.4	64.7	101.	146.	198.	259.	327	404	489
80	184.8	109.1	1.05	4.18	9.39	16.7	37.6	66.8	104.	150.	205.	267.	338	418	505
85	196.3	112.5	1.08	4.31	9.67	17.3	38.8	68.9	108.	155.	211.	276.	349	431	521
90	207.9	115.8	1.11	4.43	9.95	17.7	39.9	70.8	111.	160.	217.	284.	359	443	536
95	219.4	119.0	1.14	4.56	10.2	18.2	41.0	72.8	114.	164.	223.	292.	369	456	551
100	230.9	122.0	1.17	4.67	10.5	18.2	42.1	74.7	117.	168.	229.	299.	378	467	565
105	242.4	125.0	1.20	4.79	10.8	19.2	43.1	76.5	120.	172.	234.	306.	388	479	579
110	254.0	128.0	1.23	4.90	11.0	19.6	44.1	78.4	122.	176.	240.	314.	397	490	593
115	265.5	130.9	1.25	5.01	11.2	20.0	45.1	80.1	125.	180.	245.	320.	406	501	606
120	277.1	133.7	1.28	5.12	11.5	20.5	46.0	81.8	128.	184.	251.	327.	414	512	619
130	300.2	139.1	1.33	5.33	12.0	21.3	48.0	85.2	133.	192.	261.	341.	432	533	645
140	323.3	144.3	1.38	5.53	12.4	22.1	49.8	88.4	138.	199.	271.	354.	448	553	668
150	346.4	149.5	1.43	5.72	12.9	22.9	51.6	91.5	143.	206.	280.	366.	463	572	692
175	404.1	161.4	1.55	6.18	13.9	24.7	55.6	98.8	154.	222.	302.	395.	500	618	747
200	461.9	172.6	1.65	6.61	14.8	26.4	59.5	106.	165.	238.	323.	423.	535	660	799
250	577.4	193.0	1.85	7.39	16.6	29.6	66.5	118.	185.	266.	362.	473.	598	739	894
300	692.8	211.2	2.02	8.08	18.2	32.4	72.8	129.	202.	291.	396.	517.	655	808	977
			1 1/2	1 3/4	2	2 1/4	2 1/2	2 3/4	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6
10	23.1	38.6	213	289	378	479	591	714	851	1158	1510	1915	2365	2855	3405
15	34.6	47.25	260	354	463	585	723	874	1041	1418	1850	2345	2890	3490	4165
20	46.2	54.55	301	409	535	676	835	1009	1203	1638	2135	2710	3340	4040	4810
25	57.7	61.0	336	458	598	756	934	1128	1345	1830	2385	3025	3730	4510	5380
30	69.3	66.85	368	501	655	828	1023	1236	1473	2005	2615	3315	4090	4940	5895
35	80.8	72.2	398	541	708	895	1106	1335	1591	2168	2825	3580	4415	5340	6370
40	92.4	77.2	425	578	756	957	1182	1428	1701	2315	3020	3830	4725	5610	6810
45	103.9	81.8	451	613	801	1015	1252	1512	1802	2455	3200	4055	5000	6050	7120
50	115.5	86.25	475	647	845	1070	1320	1595	1900	2590	3375	4275	5280	6380	7600
55	127.0	90.4	498	678	886	1121	1385	1671	1991	2710	3540	4480	5530	6690	7970
60	138.6	94.5	521	708	926	1172	1447	1748	2085	2835	3700	4685	5790	6980	8330
65	150.1	98.3	542	737	964	1220	1506	1819	2165	2950	3850	4875	6020	7270	8670
70	161.7	102.1	563	765	1001	1267	1565	1888	2250	3065	4000	5060	6250	7560	9000
75	173.2	105.7	582	792	1037	1310	1619	1955	2330	3170	4135	5240	6475	7820	9320
80	184.8	109.1	602	818	1070	1354	1672	2020	2405	3280	4270	5410	6690	8080	9630
85	196.3	112.5	620	844	1103	1395	1723	2080	2480	3375	4400	5575	6890	8320	9920
90	207.9	115.8	638	868	1136	1436	1773	2140	2550	3475	4530	5740	7090	8560	10210
95	219.4	119.0	656	892	1168	1476	1824	2200	2625	3570	4655	5900	7290	8800	10500
100	230.9	122.0	672	915	1196	1512	1870	2255	2690	3660	4775	6050	7470	9030	10770
105	242.4	125.0	689	937	1226	1550	1916	2312	2755	3750	4890	6200	7650	9260	11020
110	254.0	128.0	705	960	1255	1588	1961	2366	2820	3840	5010	6340	7840	9470	11300
115	265.5	130.9	720	980	1282	1621	2005	2420	2885	3930	5120	6490	8010	9680	11550
120	277.1	133.7	736	1002	1310	1659	2050	2470	2945	4015	5225	6630	8180	9900	11800
130	300.2	139.1	767	1043	1365	1726	2132	2575	3070	4175	5450	6900	8530	10300	12290
140	323.3	144.3	795	1082	1415	1790	2212	2650	3180	4330	5650	7160	8850	10690	12730
150	346.4	149.5	824	1120	1466	1853	2290	2760	3295	4485	5850	7410	9150	11070	13200
175	404.1	161.4	890	1210	1582	2000	2473	2985	3560	4840	6310	8000	9890	11940	14250
200	461.9	172.6	950	1294	1691	2140	2645	3190	3800	5175	6760	8550	10580	12770	15220
250	577.4	193.0	1063	1447	1891	2392	2955	3570	4250	5795	7550	9570	11820	14290	17020
300	692.8	211.2	1163	1582	2070	2615	3235	3900	4650	6330	8260	10480	12940	15620	18610

The actual quantity discharged by a nozzle will be less than above table. A well tapered smooth nozzle may be assumed to give 97 to 99% of the values in the tables.

* Where there is both an upstream and downstream pressure, the head is a differential head.

** Head in feet basis water at approx. 60°F.

Appendix II Example for Minimum Flow Bypass

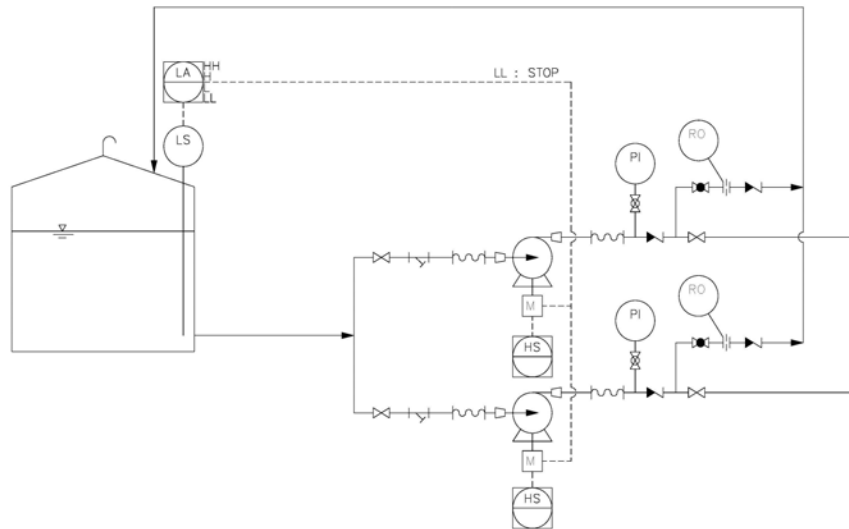
APPENDIX II

SPD0087KRE

REV. NO.: 1

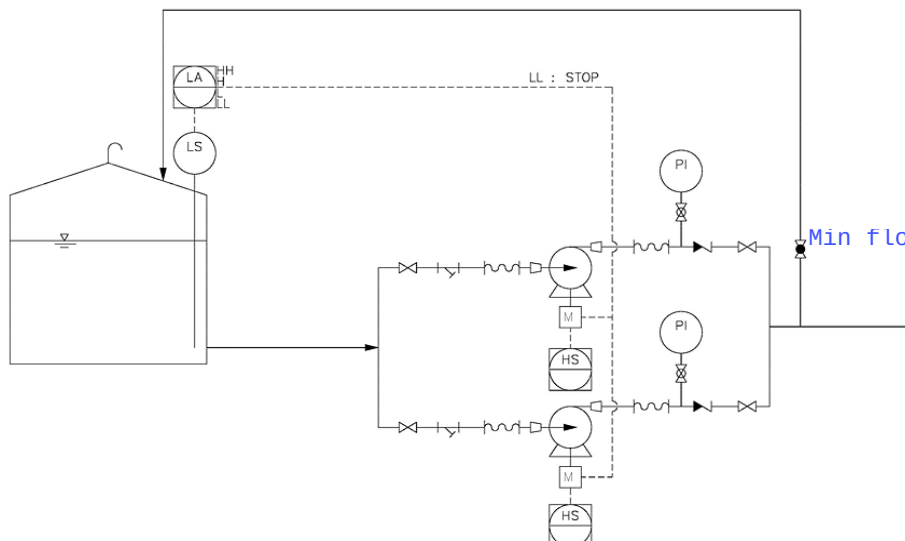
PAGE 1 OF 2

1. Restriction Orifice



two pumps can be operated in parallel
once installed , min flow cannot be controlled

2. Manual Valve



Min flow can be controlled

Appendix II Example for Minimum Flow Bypass

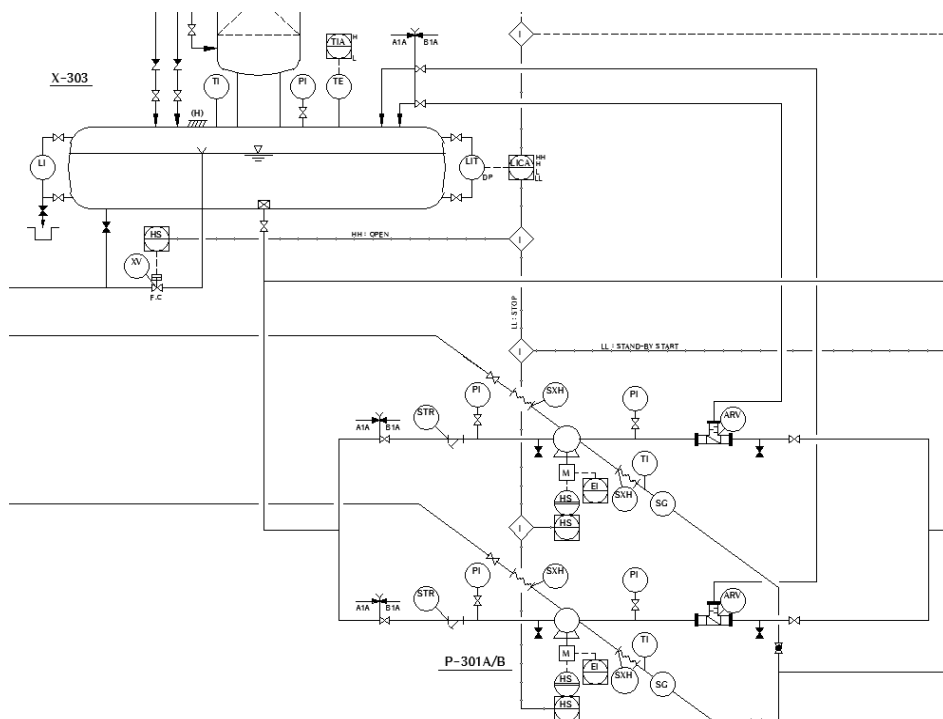
APPENDIX II

SPD0087KRE

REV. NO.: 1

PAGE 2 OF 2

3. Automatic Re-circulation Valve



4. Control Valve

