

산업설비에서의 펌프 응용

이정우/영풍정밀공업(주) 기술이사·기술연구소장
본회 서울시 회원사



지난호 펌프의 운전점 계속

4) 정격의 운전에 대한 이해

a) 펌프의 운전에서 토출 밸브를 전부 열어서 펌프가 발생시키는 H-Q에너지를 완전히 활용하는 것이 실효율이 가장 높은 운전이다. 일반적으로 복수대의 펌프의 병렬 계통에서는 유량 부하가 증가하여도 가능한 한 소수의 펌프로 꾸러나가므로써 외관상으로는 펌프 효율이 낮은 점에서 운전 되더라도 총 동력은 작다.

b) 이와 같이 토출 밸브를 완전히 열어서 운전하는 경우에는 각각의 펌프는 종종 정격점을 초과한 과대 토출량 상태에서 운전되기 때문에 다음의 문제를 발생시킬 수가 있다.

가) 캐비테이션이 일어나기 쉽고, 그 때문에 소음을 발생하여, 극단적인 경우에는 송수 불가능하다.

나) 비속도가 작은 펌프에서는 원동기에 과부하

가 걸린다.

c) 운전을 단독 또는 병렬운전 등 변화시킬 때에 생기는 운전점의 추이는 H-Q곡선과 관로저항곡선의 구배 여하에 따라 현저하게 양상이 변하므로 각각의 계획에 대하여 검토하여야만 한다

d) 병렬운전시의 총 토출량은 펌프 가동 대수 배로는 되지 않으며, 오히려 가동대수를 증가할수록 1대당의 토출량은 감소하여, 물의 단위량당의 송수 단위 원가는 증가하게 된다.

그러므로 송수 본관내의 유량이 계절에 따라서 큰폭으로 변화하고, 더욱이 각각이 장기간 계속되는 계통에서는 고효율 운전을 하기 위하여 소유량시에 한하여 전용인 저장정 펌프군과 대유량시 전용인 고양정 펌프군으로 나누어 설치하여, 부하에 따라서 사용하는 것이 가장 합리적인 방법이다.

e) 고양정 펌프를 정격상태 보다도 현저하게 작은 유량에서 운전하면 레디얼스러스트에 의해 주축이나 베어링의 손상이 발생하고, 회전차, 케이싱의 이상 침식이나 과열 등이 발생된다.

5. 펌프 대수의 선정과 위험분산

펌프설비 전체의 총 유량이나 전양정이 결정되어 있어도, 이것을 몇대의 펌프로 분할하여 공급하며, 각 펌프 사양을 어떻게 결정하는가는 건설비나 유지관리에도 영향을 주는 중요한 사항이므로 각항에 대하여 검토하지 않으면 안된다.

5-1 대수의 선정

1) 운전 동력비의 절약

유량 부하의 변동 상황을 사전에 검토하여 그 빈도와 계속기간 등을 고려하여 총 용량을 적절하게 분할하여 펌프의 설비대수를 결정한다.

2) 대수와 경제성

일반적으로 전용량의 분할 방법으로서 소수의 대형 펌프로 하는 편이 다수의 소형펌프로하는 것보다도 건설비가 싸고, 설치 Space도 작고, 펌프의 최고효율도 높은 것을 얻기 쉽다. 그러나 각각의 펌프는 가능한한 정격 회전수 및 밸브 전개 상태에서 운전하는 것이 합리적이므로 신축성있는 유량 부하의 변동에 대하여는 소형 펌프를 다수 설치하는 쪽이 원활한 운전이 가능하고 총 소비 동력도 적게되는 이점이 있다.

3) 호환성과 등용량 분할

비교적 여러 대로 분할하는 경우에는 각 펌프를 전부 동일 사양으로 통일하면 부품이나 예비품의 호환성이 생기고, 보수도 편리하다.

4) 크고 작은 용량으로 분할

분할 대수가 작은 경우(예를들면 2대)에는 전용량을 대형펌프와 소형펌프(예를 들면 유량비 2:1)로 분할하면 부하 변동에 대해서도 신축성있게 조절할 수 있고, 설계 양정이 적절하면 병렬운전도 가능하다. 단, 부품의 호환성이 없게되는 결점이 있다(8-4 참조).

5) 토출량과 양정이 다른 조합

부하 변동의 상황 여하에 따라서는 유량이 다른 것 외에 소요 전양정도 크게 변화하는 경우가 있으므로 이와 같은 경우에는 운전 계속 시간도 고려하고, Full 운전시의 대유량, 고양정 영역에 전용인 Group외에 소유량, 저양정 영역에 전용인 소용량

펌프를 병행하여 설치하면 운전이 가장 합리적으로 실시된다. 단, 건설비가 비싸지는 결점이 있다.

6) 부속 설비와 관련성

펌프 대수 분할은 이것에 관련하는 원동기, 수전 용량, 배전반, 토목, 건설, 용지, Crane, 동력 전달 장치등에도 영향을 미치므로 각각의 부속 설비에 대하여도 검토가 요망된다.

5-2 단독펌프의 영향

펌프의 분할 대수의 선정에 따라서 1대당의 용량은 저절로 결정되지만, 가능한한 관련기 Maker의 표준 용량인 것을 사용하는 편이 현명하고 선정을 잘못하여 대단히 대형으로 되어 제작이나 수송에 곤란을 초래하는 일이 없도록 계획하여야 한다.

5-3 위험 분산과 예비펌프

1) 설비의 목적상, 짧은 시간이라도 펌프 고장에 의한 양수 불능이 허용되지 않는 경우에는 이 위험을 피하기 위해 사용 펌프를 반드시 2대 이상 분할 설치하지 않으면 안된다. 더욱 중요한 것으로는 고장시에도 소정의 능력을 유지할 수 있도록 예비 펌프를 설치해야 한다. 상용 펌프의 분할 대수를 작게 하면 예비 펌프도 이와 같은 용량을 설치하여야 하므로 예비 펌프를 포함한 전 건설비는 분할 대수가 많은 경우보다 역으로 비싸게 되는 경우가 있으므로 주의를 요한다.

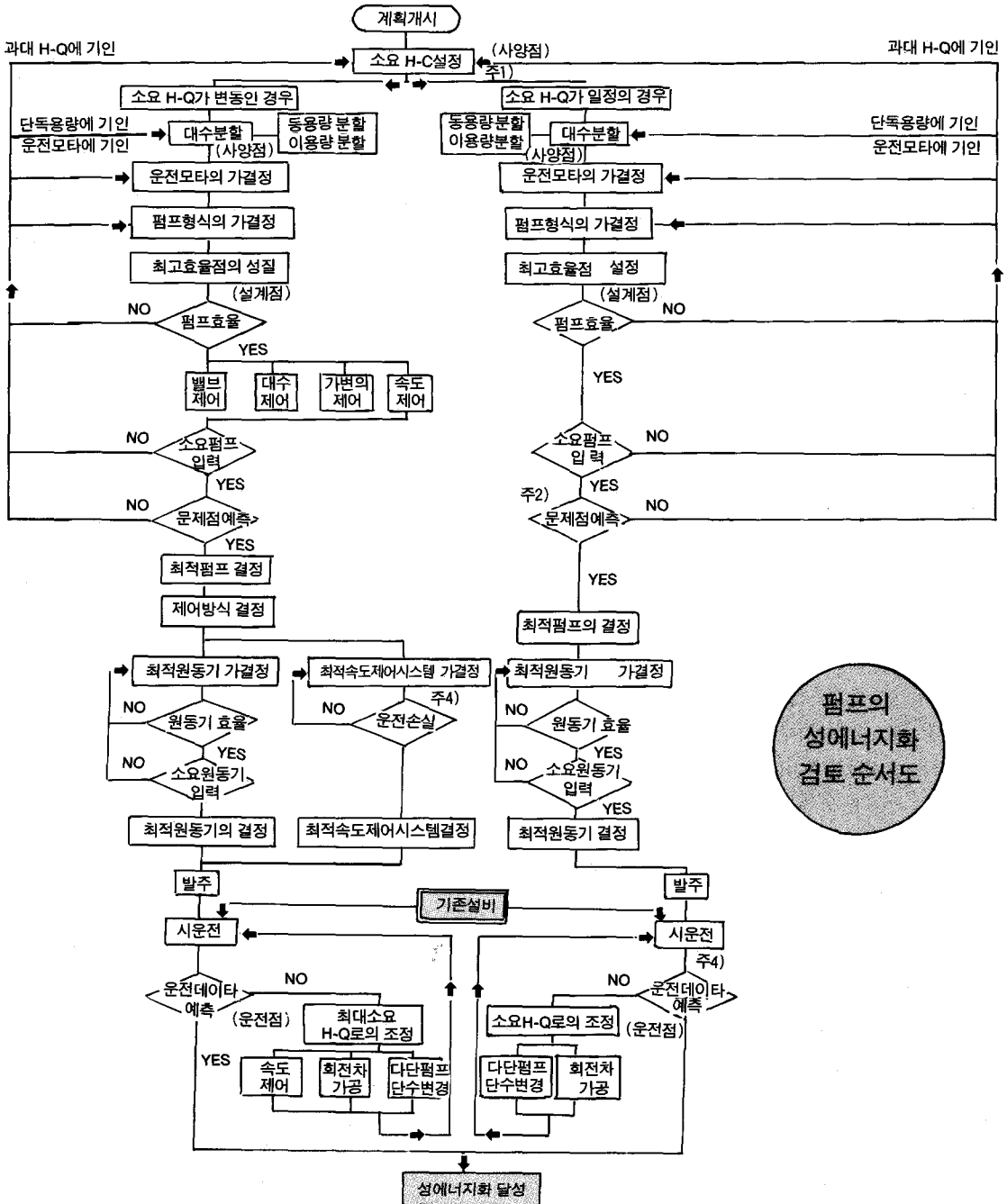
2) 짧은 시간의 Peak 송수를 필요로 하는 경우에는 예비펌프가 있다면 이것을 이용하여 Peak 송수하면 되므로 Peak용 펌프를 생략할 수가 있다.

3) 정전 등을 고려하여 중요한 예비펌프의 원동기를 Diesel 기관 구동으로 하거나 예비 전원용 Diesel 발전 장치를 설치한다.

6. 펌프의 성에너지

펌프에 의해 소비되는 동력은 전동식, 내연기관 및 증기터어빈 구동으로 분류되나, 어느 경우이든 펌프 축동력의 절감은 성에너지화의 큰 테마의 하나이다. 축동력의 절감 방법에는 소요 전양정의 재검토와 저감, 펌프 성능의 향상, 최적 펌프 사양의 선정 등이 있으며, 또한 펌프의 부하 변동에 대

신설설비



펌프의
성에너지화
검토 순서도

한 합리적인 운전제어 등이 포함되므로 이들을 종합하여 전체적으로 검토하여야 한다.

6-1 성에너지 관점에서의 재검토

합리적이면서도 효과적인 펌프의 선정은 물론 운전 방법에 의해서도 펌프의 성에너지화는 좌우되므로 아래에 그 검토 Point에 대하여 간단히 설명해 보기로 한다. 그리고 에너지 사용의 합리화에 관한 법률도 서서히 제정되고 있는 중이고, 개별적 성에너지에서 총체적 성에너지로 이행되고 있으므로 성에너지 관점에서의 검토는 매우 중요한 작업이다.

1) 성에너지의 검토에 즈음하여는 그 대상물에 우선순위를 두며, 용량이 큰 것이나 Plant 운전상 착수하기 쉬운 펌프 등 종합적인 효과를 주는 것으로 부터 착수

2) 펌프 성능이 저하되고 있지는 않는가의 재검토, 내부점검, 부품교환(특히 섀프트)

6-2 펌프 성에너지화의 검토 순서

설비의 성에너지를 계획할 때에 요구되는 H-Q가 시간에 따라 크게 변동할 것으로 예상되는 경우에는 분, 시간, 주, 월, 계절에 대하여 H-Q 수요를 고려하여 대수분할, 운전 원동기, 제어 System을 검토하여야 한다. 그 경우의 시간적 변동과 Ststem의 응답성에 대하여는 주어진 사정에 따라 검토를 하여야 한다. 또한 Initial Cost와 병행하여 Running Cost도 순서에 따라서 검토한다.

예를 들면

1) 여유증가——중기터어빈——펌프구동
2) 여유압력액원——수터어빈구동——동력회수 등
다음 페이지의 펌프의 성에너지화 검토 순서도 내의 주는 다음과 같다.

주)

- 1) 배관 경로의 간략화나 기존의 펌프 운전 실적과 그때의 계획 H-Q를 비교하여 과대 여유를 제거한다.
- 2) 캐비테이션, 서어징, 주변 조건에 의한 제약, 유지보수의 난이 등 일반적으로는 문제가 되지 않는 펌프 특유의 문제점 감소
- 3) 특히 속도 제어의 경우는 속도 제어에 의한 전달 손실이 생기므로 충분히 검토하여야 한다.

4) H.Q 및 배관경로의 손실수두, 원동기의 입·출력의 실측을 계획치와 비교한다.

(R)과의 교점 A(토출량 Q에서) 운전되고 있던 것이 회전수 변경에 의해 펌프 성능이 (I')로 변화하면, 펌프 성능성의 대응점은 A'(토출량Q)로 되지만 실제의 토출량은 관로 저항곡선 (R)과 펌프의 성능 (I')의 교점 a(토출량q)로 된다. 소요동력도 이것에 준하는 동력곡선(II')상에서 토출량 q에 대응하는 값 b로 된다(그림 2-28).

따라서 소요 동력은 그림 2-58 중에서 B에서 b까지 절감할 수 있다. 펌프의 축동력은 회전속도의 3승에 비례하므로 구동기의 변속효율이 얼마간 희생되더라도 일반적으로 $\pm 20\%$ 이상의 감속을 행한 경우에는 상당한 소요동력을 절감할 수 있다. 또한 앞의 그림에서도 알 수 있는 바와 같이 감속에 따른 실제의 소요동력 b는 상사법칙에 의해 B보다도 오히려 낮은 값으로 되어 더욱 유리하게 전개된다.

6-3 펌프의 성에너지화

1) 펌프 효율의 향상

연속 운전되는 500KW의 Motor 구동 펌프에서 만약 펌프 효율이 1% 상승하면 성에너지 효과는 크다. 어렵 계산에도 $500KW \times 0.01 \times 24Hr \times 365일 = 43,800KWhr$ 로 계산된다. 이것을 금액으로 환산하면 $1KWhr = 65.8원$ 이란 가정하에, 연간 약 290만원의 전력비가 절감된다.

2) 회전차의 외경 가공

예를들면 전양정을 40m에서 35m로 변경할 경우, 회전차 외경을 가공하는 것으로 전양정의 감소에 해당하는 만큼 동력이 절감될 수 있다. 40m의 경우는 축동력을 100%로 하면 35m의 경우의 소요 동력은 대략 $100 \times 35/40 = 87.5\%$ 로 되어 약 12.5%의 동력이 절감된다. 회전차 가공은 형상치수에 따라서 그 가공 범위가 제한되므로 주의를 요한다. 또한 펌프효율도 약간 저하하므로 동력 절감량은 상기보다 어느 정도 작게 된다고 생각하여야 한다.

3) 다단펌프의 단수저감

예를들면 10단위의 회전차를 갖는 펌프가 전양정 100m로 운전되고 있는 것을 토출량은 그대로 두고 전양정을 90m 또는 80m로 저감시키는 경우에는

회전차를 1대 또는 2대 제거하여 약간의 개조를 실시하면 된다. 전양정 100m인 경우의 소요 동력이 100KW라고 한다면 90m, 80m인 경우의 소요 축동력은 90KW, 80KW로 되어 각각 10%, 20%의 동력이 절감된다. 이와 같이 회전차를 제거하여 성능을 감소시키는 경우에는 효율 저하의 방지를 위하여 Distance Liner, 특수안내 Sleeve의 삽입, 회전체의 Balancing 재 검토 등이 필요로 하게 된다.

4) 대수선택

비교적 긴 시간 간격(1시간 정도이상)으로 Total 토출량이 변동하는 경우에는 가동 펌프의 대수 제어를 행하고, 소유 수량에 적절한 대수의 펌프만을 운전하여 동력 절감을 도모한다. 이 경우에는 "변동 수량과 시간의 관계"를 사전에 파악하여 두든가, 소비 유량과 수압의 상황을 계속하여 대수 제어를 행할 필요가 있다 (6-4 참조)

- ① 정격 Q.H나 그 여유의 재검토
- ② 펌프 성능 판정 기준의 설정(H.Q 허용 범위에 대하여)
- ③ 부하변동 상황의 파악과 최적 펌프 사양의 설정(고효율 운전을 포함)
- ④ 최단 배관 경로의 채용과 배관내 Scale의 정기적 제거
- ⑤ Valve 제어 보다도 On-Off 제어 또는 회전수 제어를 행하고, 가능하다면 동력회수 System을 채용한다.
- ⑥ 대·소 펌프의 조합(부하의 변동 등에 대하여)

6-4 성에너지형 패키지 양수 가압 시스템

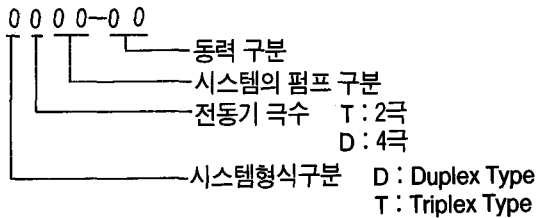
1) 제품 소개

본 제품은 펌프를 병렬로 2대 또는 3대를 설치하고, 각 펌프(Lead Pump & Main Pump)의 유량 배분률을 Duplex Type인 경우 종래의 50%-50%에서 33%-67%로, Triplex Type인 경우 33%-33%-33%에서 20%-40%-40%로 하여 효율적인 펌프의 조합을 통해 소요동력을 최소화 하고, 이들 펌프의 자동운전 설비와 보호장치를 겸비하여 성에너지화·자동화를 실현한 패키지 양수 가압 시스템이다.

2) 용도

사무실용 빌딩, 병원, 아파트, 기숙사, 호텔 등의 상수도 공급용

3) 시스템 호칭 방법



4) 성에너지 효과

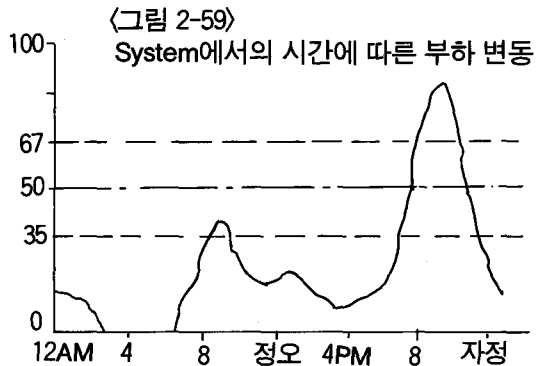
System에서의 시간에 따른 부하의 변동이 주어졌을 때 성에너지 효과를 높이기 위하여는 펌프의 대수 선정 및 용량 분할을 어떻게 하여야 하는가에 대하여 검토하여 보기로 하자.

예를 들어서 System에서의 시간에 따른 부하 변동이 아래(그림2-59)와같이 주어진 경우, 전형적인 Duplex, Triplex와 성에너지 효과 향상에 역점을 둔 Duplex, Triplex를 비교하여 검토하기로 한다. 아래의 검토 결과에서 알 수 있는 바와 같이 전형적인 Type에 비하여 Duplex Type으로 하는 경우에는 25%, Triplex Type으로 하는 경우에는 11%의 에너지 절감 효과를 얻는다.

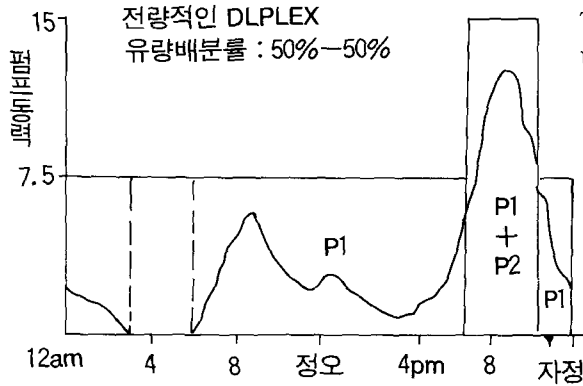
a) DUPLEX TYPE

가) 전형적인 Duplex Type인 경우

전형적인 Duplex Type으로 하는 경우(유량 배분률 50%-50%), 아주 작은 유량에 대해서도 50% 용량의 펌프가 운전되어야 하며(그림 2-60)에 나타



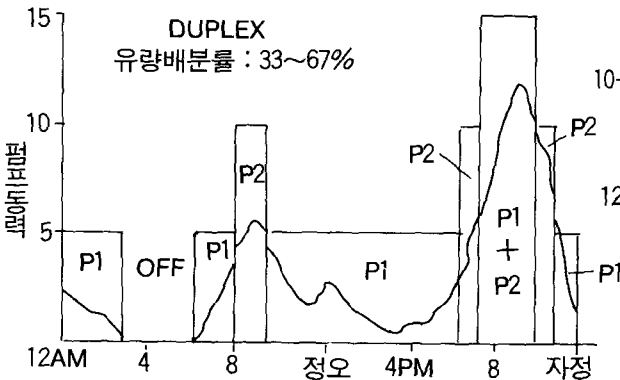
나 있는 바와 같이 사용동력은 198.8HP-Hr/Day (그림에서 사각형 내부에 면적)가 되고, 평균 모타 부하를 80%로 하는 경우의 1년 동안의 소요 동력은 43,305KW-Hr/Year(=198.8×0.8×0.746×365)가 된다.



〈그림 2-60〉 전형적인 DUPLEX TYPE용량 분할

나) Duplex Type인 경우

Duplex Type으로 하는 경우(유량 배분률 33%-67%), 에너지 절감을 위해서 No-Flow Shutoff 장치가 되어 있는 경우, 소유량의 범위에서는 33%인 Lead 펌프가 운전되고, 사용 유량이 33%-67%인 경우에는 67%인 Main 펌프가 운전되며, 사용 유량이 67% 이상인 경우에는 두대의 펌프가 동시



〈그림 2-61〉 DUPLEX TYPE용량

에 운전되도록 성에너지 효과를 높였다.

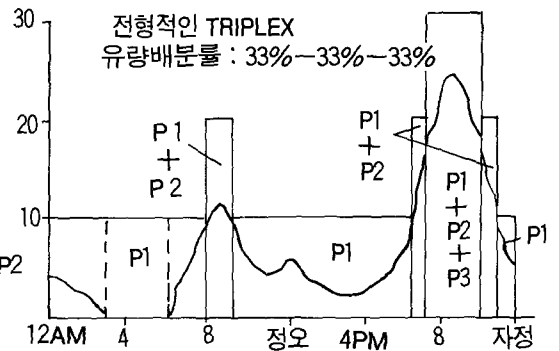
즉, 〈그림 2-61〉에 나타나 있는 바와 같이 사용 동력은 150HP-Hr/Day(그림에서 사각형 내부의 면적)가 되고, 평균 모타 부하를 80%로 하는 경우의 1년 동안의 소요 동력은 32,675KW-Hr/Year(=150×0.8×0.746×365)가 되어 전형적인 Duplex Type에 비하여 25%의 에너지 절감 효과를 얻는다.

b) TRIPLEX TYPE

가) 전형적인 Triplex Type인 경우

전형적인 Triplex Type으로 하는 경우(유량 배분률 33%-33%-33%), 아주 작은 유량에 대해서도 33% 용량의 펌프가 운전되어야 하며, 사용 유량이 33% 이상이 되면 두대의 펌프가 운전되고, 66% 이상의 경우에는 3대의 펌프가 운전되어야 하므로(그림 2-62)에 나타나 있는 바와 같이 사용 동력은 327.5HP-Hr/Day (그림에서 사각형 내부의 면적)가 되고, 평균 모타 부하를 80%로 하는 경우의 1년 동안의 소요 동력은 71,340KW-Hr/Year(=327.5×0.8×0.746×365)가 된다.

〈그림 2-62〉 전형적인 TRIPLEX TYPE용량 분할



나) Triplex Type인 경우

Triplex Type으로 하는 경우(유량 배분률 20%-40%-40%), 에너지 절감을 위해서 No-Flow Shutoff 장치가 되어 있는 경우, 소유량의 범위에서는 20%인 Lead 펌프가 운전되고, 각각의 사용 유량에 따라 3대의

펌프가 소비 동력이 작아지도록 조합하여 운전되도록 하여 성에너지 효과를 높였다.

즉, (그림 2-63)에 나타나 있는 바와 같이 사용 동력은 290.6HP-Hr/Day(그림에서 사각형 내부의 면적)가 되고, 평균 모타 부하를 80%를 하는 경우의 1년동안의 소요 동력은 63,302KW-Hr/Year(= 290.6×0.8×0.746×365)가 되어서 전형적인 Triplex Type에 비하여 11%의 에너지 절감 효과를 얻는다.

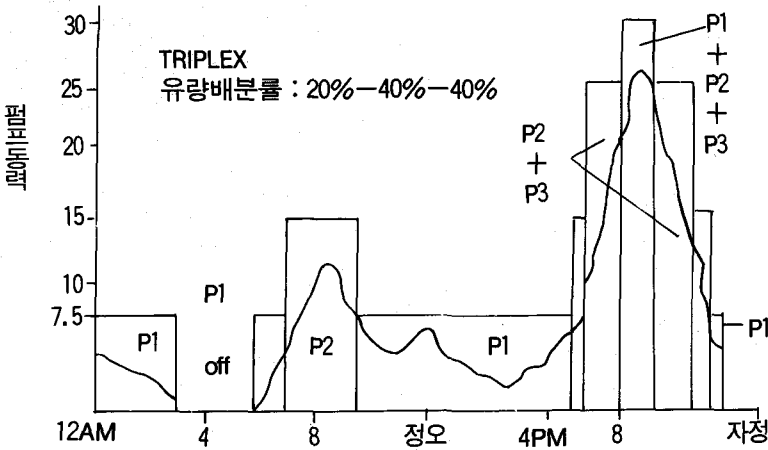
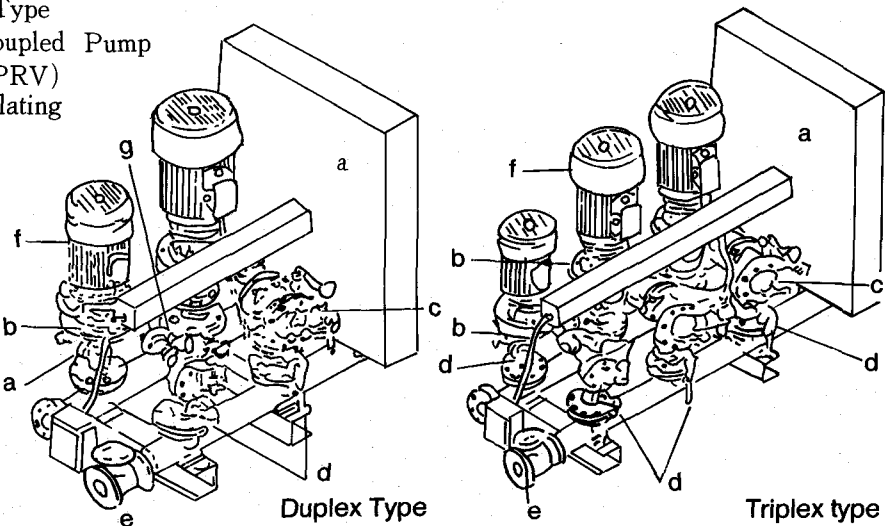


그림 2.63 DUPLEX TYPE용량 분할

5) 시스템 구성도

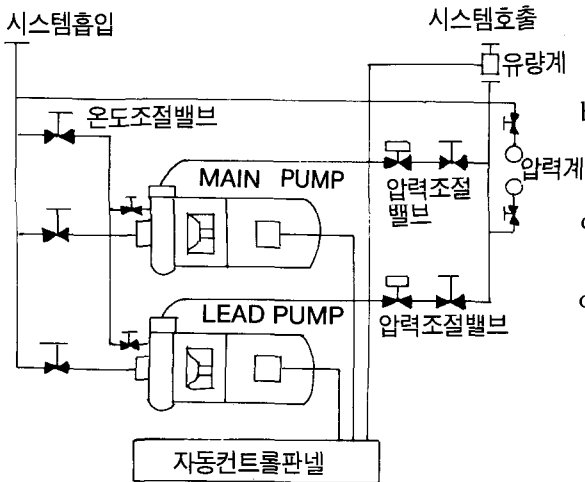
- a) 컨트롤 판넬
- b) Top Pull-Out Type Pump-Close Coupled Pump
- c) 압력조절 밸브(PRV) -Pressure Regulating Valve
- d) 흡·토출 밸브
- e) 유량계 (Flow Regulator)
- f) 전폐형 모터 (1750, 3500rpm)
- g) 온도조절밸브 Thermal Purge Valve



6) 특징

- a) 펌프는 Top Pull-Out 방식으로 배관 해체없이 보수 및 유지가 편리하다.
- b) 입형펌프(Close Coupled Type)를 사용하므로써, 시스템이 컴팩트하며 좁은 공간에서도 설치 가능하다.
- c) 과열 방지 장치를 설치하여 체절 운전시 수온 상승으로 인한 시스템의 파손을 방지하였다.
- d) 유량계로 유량을 감지하여 펌프의 운전 제어를 행하며, 타임딜레이를 사용하여 빈번한 기동/정지 조작을 방지하여 에너지 소비를 줄였다.
- e) 각 펌프의 토출부에 체크 밸브 기능을 가진 압력 조절밸브를 설치하여 흡입압의 변동에 대해서도 일정한 토출압을 얻을수 있다.
- f) 각 기기 상호간의 배관접속이 완료되어 있기 때문에 외부 배관과의 접속이 용이하고, 전원만 연결하면 설치 공사는 완료된다.

7) 구성요소 및 주요부 기능



a) 압력조절밸브(PRV)

- 펌프 흡입압의 변동에 관계없이 일정한 토출압 유지
- 체크 밸브 기능

b) 유량계(Flow Regulator)

- 시스템 유량을 감지하여 펌프 자동운전의 데이터를 컨트롤 판넬로 전송

c) 온도 조절 밸브

- 시스템의 과열 방지

d) 자동 컨트롤 판넬

- 유량계에 의해 감지된 유량에 따라 펌프의 운전 (1대 운전 또는 2대(3대)운전)을 자동제어 한다.

<다음호 계속>

펌프 관련 규격

1. 해외

명 칭	기 호	내 용
국제 표준화 기구 규격	ISO 2548	Centrifugal, mixed flow and axial pumps-code for acceptance test-class C.
	ISO 3555	Centrifugal, mixed flow and axial pumps-code for acceptance test-class B.
	ISO DP5198	Centrifugal, mixed flow and axial pumps-code for acceptance test-class A.
	ISO 2858	End suction centrifugal pump-16BAR
	ISO 5199	Technical Specification for Centrifugal pumps class II
	ISO 3069	End suction centrifugal pumps-dimensions of cavities for Mechanical Seal and for soft packing
국제 전기 표준회의 규격	IEC 497	International code for model acceptance test at storage pumps.
미국 수력학회 규격	HIS	Hydraulic Institute Standards for centrifugal, rotary and reciprocating pumps. (USA)
미국 석유협회 규격	API 610	Centrifugal pumps for general refinery services. (USA)
미국 전기제조사 협회 규격	NEMA PART 18	Integral-horsepower AC Squirrel-cage Induction Motors for Close-coupled Pumps.
영국 규격	BS 599	Method of testing pumps. (Britain)
독일 규격	DIN 1944	Acceptance test on centrifugal pumps. (Germany)
미국 기계학회 규격	ASME PTC 8.2	ASME power test codes code for centrifugal pumps. (USA)