

漁船의 自動化를 위한 油壓技術(1)

부산수산대학교 기관학과
부교수 이 일 영

1. 머리말

얼마전까지만 해도 우리나라의 어업은 어업종사자들의 인력에 의존하는 바가 매우 컸으나, 근년에 이르러 작업능률의 향상, 인건비의 절감이라는 면에서 그리고 장차 더욱 심해져 갈 농어촌의 인력부족에 대비하기 위해서, 기계력을 이용하는 어업의 자동화가 널리 인식되게 되었다. 이에 따라서, 트롤선 등 중·대형선은 물론 10톤 미만의 소형선에 이르기까지 어업의 자동화가 추진되고 있으며, 여기에는 유압장치의 이용이 중추적인 역할을 하고 있다.

유압장치를 이용함에 있어서는, 먼저 장치의 설계, 제작자가 효율이 좋고 동작이 확실한 회로를 설계하고, 적절한 기기류(예:펌프, 모터, 밸브류 등)를 선택, 조합함으로써 목적에 부합하는 장치를 만들어야 하며, 다음으로 기계의 사용자가 정기적으로 정비, 점검을 행하고, 무리없는 운전방식을 취함으로써 안전하고 확실한 조업이 보장된다.

본 해설에서는 유압장치를 이용하는 어선 기계류의 설계, 제작, 운전 및 관리를 위한 기초사항과 최근 이 분야의 기술 진보에 대

하여, 수회에 걸쳐서 설명하기로 한다.

2. 유압의 기초

2.1 유압장치의 특징

유압장치가 어선에 사용되는 것은 다음과 같은 특징이 있기 때문이다.

① 비교적 소형의 장치에서 큰 동력을 얻을 수 있고, 기기의 설치에 상당히 융통성이 있다.

② 각 기계마다 속도를 임의로 변화시킬 수 있고, 역전이 가능하며, 토오크를 제어할 수 있다.

③ 자동화가 용이하며 전기, 공기기기 등과 조합함으로써 원격조작, 집중제어 등이 더욱 용이하게 이루어진다.

④ 운동부분에 윤활을 따로 고려할 필요가 없으며, 해상과 같은 가혹한 환경에도 잘 견딘다.

이상과 같은 유압장치의 특징을 잘 활용함으로써, 어업기계의 소형, 경량화 및 대폭적인 인력절감이 기대된다.

2.2 유압장치의 작동원리

유압장치는 유압작동유를 매체로 하여,

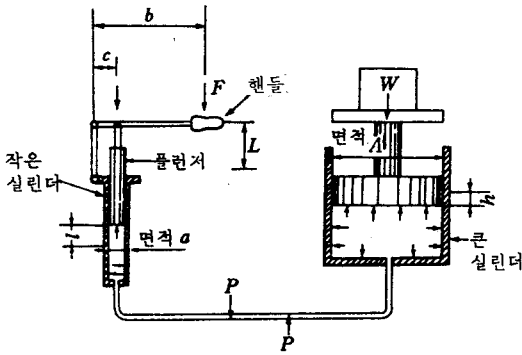


그림 2.1 압력장치의 작동원리

기계동력을 유압동력(압력×유량)으로 변환하고, 이것을 다시 기계동력(힘×속도, 또는 토크×회전속도)로 되돌려서 이용하는 장치이다.

유압은 액체의 정압을 주로 이용하며, 파스칼(Pascal)의 원리가 그 기초이다.

파스칼의 원리란, 「밀폐된 용기내에 정지된 액체의 일부에 가해진 압력, 같은 크기로 액체의 각부에 전달된다」는 것으로, 그림 1에서는 작은 실린더의레버를 눌러서 플런저에 힘 F를 가하면 P(=F/a)의 압력이 발생하고 파스칼의 원리에 따라서 큰 실린더 A에도 같은 압력이 작용하므로 하중 W(=P×A)를 지지 하게 된다. 즉 작은 실린더에서 발생한 압력은 관로를 통하여 큰 실린더에 동일한 압력으로 전달되고 면적에 비례한 힘이 얻어진다. 만약 이 계통에 손실이 전혀 없다고 한다면 각부의 일이 같아져서 다음 식이 성립된다.

$$F l = W h$$

실제의 유압장치에서는 각부에서의 압력손실, 기름 누설손실 등이 있으며, 이러한 손실들을 줄여서 효율의 향상을 꾀하지 않으면 안된다.

2.3 유압회로의 구성

유압회로는 일반적으로 유압 발생원, 액추에이터(actuator), 액추에이터 제어회로 및 부속 기기류의 4부분으로 구성된다. 또 각 부분은 다음의 기기들로 구성된다.

- ① 유압 발생원
 - 내연 관계 (혹은 전동기)
 - 유압 펌프
 - 릴리프 밸브(압력 설정)
- ② 액추에이터
 - 실린더
 - 유압 모터
 - 요동 모터
- ③ 액추에이터 제어 회로
 - 유량 제어 회로(속도제어)
 - 압력 제어 회로(힘의 제어)
 - 방향 제어 회로(작동 방향 제어)
- ④ 부속 기기류
 - 기름 탱크
 - 유온 조절기
 - 어큐뮬레이터
 - 배관, 조인트류
 - 필터
 - 각종 계기류

2.4 유압 구성 요소의 기호 표시

여러가지 유압 기기를 간단히 능률적으로 나타내는 수단으로 유압 기호를 사용한다. 이러한 유압 기호를 사용하여 유압 장치의 계통을 총괄적으로 표시한 것을 유압 회로도라 부른다. 유압 회로도들 사용하는 주된 목적은 어떤 기기들이 어떻게 짜지워져 배관되는가를 나타내는 데에 있으므로, 회로도상에 각 기기의 부착 위치, 치수 등은 기입하지 않는 것이 일반적이다. 만일, 용량이나 치수를 표시할 필요가 있을 때에는 기호의 옆이나 도면상의 적당한 곳에 표시하면 된다.

기본적인 유압 기호를 아래에 소개한다.

(1) 배 관 :

배관 기호에는 실제로 작동 유체가 흐르는 주 배관, 유압 신호 전송 관로인 파일럿 관로(pilot line) 및 드레인 관로(drain line)가 있다(그림 2.2).

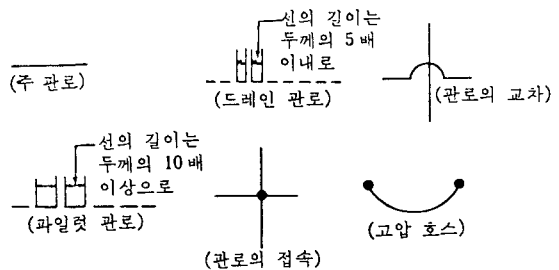


그림 2.2 배관의 기호

(2) 유압 펌프

베인형, 기어형, 피스톤형 등 펌프의 형식에 관계없이 동일한 기호를 사용하며, 가변 용량형인 경우는 경사진 화살표를 첨가하게 된다. (그림 2.3) 삼각형은 유체의 송출 방향을 표시하며, 검게 칠한 것은 유압, 칠하지 않은 것은 공기압을 의미한다. 그림

(a)는 1 방향형 유압 펌프, (b)는 양방향형 유압 펌프, (c)는 1방향 가변 용량형 유압 펌프, (d)는 공기 압축기를 나타낸다.

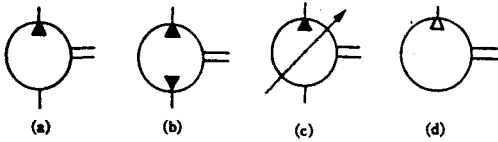


그림 2.3 유압 펌프의 기호

(3) 액추에이터

그림 2.4에 유압 모터 및 공기압 모터의 기호를 나타내었다. 삼각형 꼭지 부분이 원의 안쪽으로 향하고 있는 것은 압력유체가 흘러 들어와서 모터에 작용함을 의미한다. 그림 (a)는 1방향 유압 모터, (b)는 양방향 가변 용량형 유압 모터, (c)는 요동 모터, (d)는 공기압 모터를 나타낸다.

요동 모터란 회전 가능한 각도 범위가 일정한도 이내로 제한된 모터를 뜻하며, 360° 제한된 것이 많이 사용된다.

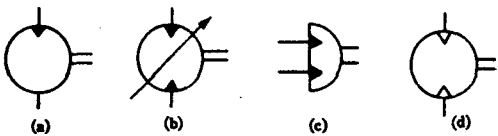


그림 2.4 유압 모터 및 공기압 모터의 기호

그림 2.5에 유·공압 실린더의 기호를 나타내었다. 그림 (a)는 단동 편로드 실린더, (b)는 램형(ram type) 실린더, (c)는 복동 편로드 실린더, (d)는 복동 양로드 실린더를 나타내고 (e)는 쿠션 기구(cushion mechanism)를 가지는 실린더를 나타낸다.

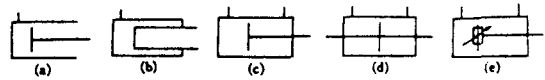


그림 2.5 유·공압 실린더의 기호

(4) 밸브

① 압력 제어 밸브

압력 제어 밸브의 대표격인 릴리프 밸브(relief valve)의 기호를 그림 2.6에 나타내었다. 그림 (a)는 유압용, (b)는 공기압용이다. 그림 (b)의 삼각형은 대기 방출을 의미한다.

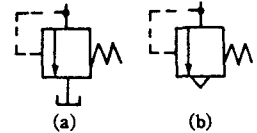


그림 2.6. 릴리프 밸브 각형은 대기 방출을 의미한다.

② 유량 제어 밸브

유량 제어 밸브의 기호를 그림 2.7에 나타내었다. 그림에서 (a)는 유통 면적이 일정한 조리개(orifice 또는 choke), (b)는 가변 조리개 밸브(throttle valve), (c)는 유량 조정 밸브(flow control valve)를 나타낸다.

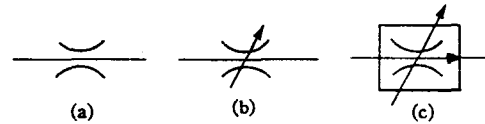


그림 2.7 유량 제어 밸브의 기호

③ 방향 제어 qof밸브

방향 제어 밸브의 유압 기호이며, 그림 (a)는 4포트 2위치 밸브(4 ports 2 position valve), (b)는 4포트 3위치 밸브를 나타낸다. 그림에서 A, B는 부하측 포트, P는 펌프 포트, R은 탱크(tank 또는 reservoir) 포트를 뜻한다. 그림에서 각각의 사각형은 변환할 수 있는 밸브의 각 위치를 의미하며, 포트 A, B, P, R가 표시되어 있는 사각형이 중립 위치, 즉 조작 신호를 가하지 않았을 때의 밸브 위치를 나타낸다.

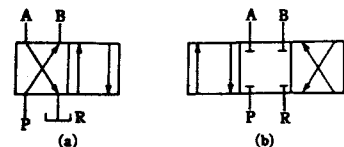


그림 2.8 방향 제어 밸브의 기호

그림 2.9는 방향 제어 밸브의 조작 방법에 따른 기호 표시를 나타낸 것으로 (a)는 수동 조작, (b)는 푸시 버튼(push button) 조작, (c)는 솔레노이드에 의한 전자력(electro-magnetic force) 조작, (d)는 파일럿 신호에 의한 조작, (e)와 (f)는 전자-유압 조작과 전자-공기압 조작을 뜻한다.

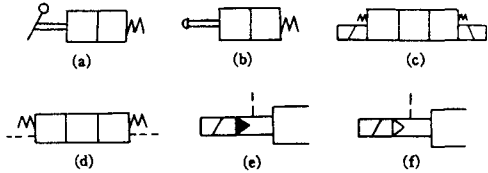
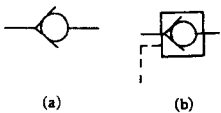


그림 2.9 방향 제어 밸브의 조작 방법의 기호

그림 2.10은 체크 밸브(check valve 또는 non-return valve)를 나타낸 것으로, 그림 (a)는 보통의 체크 밸브를, 그림 (b)는 파일럿 조작 체크 밸브를 나타낸다. (b)의 밸브는 파일럿 압력이 작용하지 않는 동안은 체크 밸브의 기능을 하지만, 파일럿 압력이 작용하면 체크 밸브의 기능을 상실하는 밸브이다.

그림 2.11은 공기압 장치에서 많이 사용되는 셔틀 밸브(shuttle valve)의 기호이다. 이 밸브에서는 a 혹은 b 어느 쪽에서 유체가 공급되어도 밸브 내부에 있는 볼의 작용으로 유체는 언제나 c 쪽으로 흐르게 된다.



(b) 그림 2.10 체크 밸브의 기호

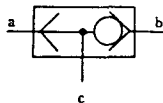


그림 2.11 셔틀 밸브의 기호

(5) 그 밖의 부속 기기

유공압 장치에 사용되는 기기 중 위에서 언급하지 않은 부속 기기들의 기호를 그림 2.12에 나타내었다. 그림에서 (a)는 기름 탱크, (b)는 어큐물레이터(accumulator),

(c)는 스톱 밸브 혹은 콕, (d)는 압력 스위치, (e)는 전동기, (f)는 유량계, (g)는 압력계, (h)는 필터, (i)는 냉각기, (j)는 가열기, (k)는 배수기, (l)은 건조기, (m)은 주유기, (n)은 공기압 조정 유닛, (o)와 (p)는 유압원 및 공기압원의 간략한 기호이다.

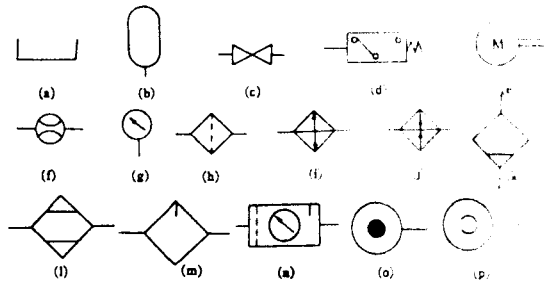


그림 2.12 부속 기기의 기호

3. 유압 펌프

3.1 유압 펌프의 종류

유압 펌프는 구조상 다음과 같이 분류된다

치차 펌프 [외접 치차펌프, 내접 치차펌프]

베인(vane) 펌프

피스톤 펌프 [액시얼형(axial type), 라디얼형(radial type)] [사관식, 사축식]

나사(screw) 펌프

(1) 외접 치차 펌프

그림 3.1에 외접 치차 펌프의 원리도를 나타내었다. 이 펌프는 주동 치차와 종동 치차 및 케이싱으로 구성되어 있다. 주동 치차를 화살표 방향으로 회전시켜 주면, 유체는 치홈 속에 갇힌 상태로 케이싱을 따라서 이동하여, 토출측으로 배출된다. 각 치차에는 화살표 방향으로, 토출측 압력으로 인한 불평형 하중이 작용하며, 그림에서는

측판결용의 저널 베어링이 이것을 지대하고 있다.

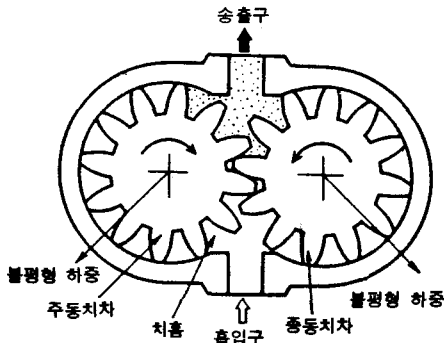


그림 3.1 외접 치차 펌프

(2) 내접 치차 펌프

그림 3.2 에 내접 치차 펌프의 원리를 나타내었다. 이 펌프의 흡입, 토출 작용은 외접펌프와 거의 동일한 원리에 의하여 이루어지나, 외접 펌프에 비하여 치차가 맞물려 있는 시간이 길므로 밀폐 작용이 좋고, 토출량의 맥동이 적은 특징이 있다.

내접 펌프에는 이외에도 트로코이드 (trochoid) 펌프라 불리는 것이 있다.

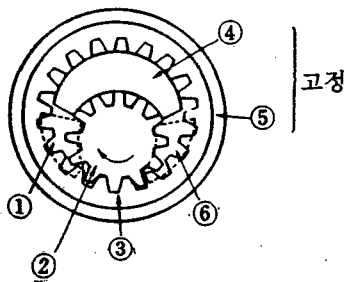


그림 3.2 내접 치차 펌프

(3) 베인 펌프

그림 3.3은 정용량형 베인 펌프의 원리도이다. 이 펌프에서는 베인과 로터가 회전 부분을 형성하나 그와 동시에 베인은 로터

의 슬릿 (slit) 내를 반경 방향으로 왕복 운동한다. 펌프 작용은 2매의 베인, 로우터 외주, 캠 링 내면으로 둘러싸인 체적을 변화시킴으로써 행해지며, 그림 3.3에서는 1회전에 2회의 흡입과 토출작용을 행한다(이와 같이 타원형 캠 링을 갖는 베인 펌프는 평형형 베인펌프라고도 불린다).

베인 펌프에는 정용량형 외에 가변 용량형의 것도 사용되고 있다.

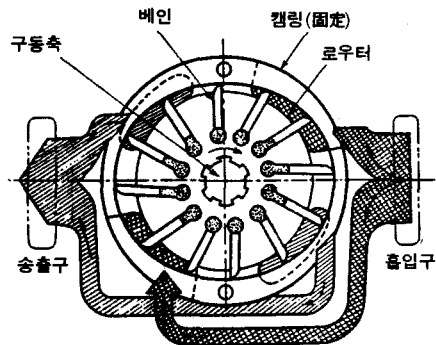


그림 3.3 베인 펌프

(4) 사판식 액시얼 피스톤 펌프

사판식 액시얼 피스톤 펌프는 그림 3.4에서와 같이 구동축, 실린더블록, 피스톤 (또는 폴란저), 슬리퍼 (slipper), 리테이너 (retainer)로 회전 부분을 형성한다. 구동축을 회전시키면 밸브판과 사판의 사이에서 실린더 블록이 회전함으로써 발생하는 피스톤의 왕복운동에 의하여 유체의 흡입, 토출이 이루어진다. 토출량 가변 기구의 제어 방식에는 일반적으로 압력 보상형, 2압 제어형, 2토출량 제어형, 정마력형, 파워워매치형 (power match type= load sensing type) 등이 있다.

액시얼 피스톤 펌프는, 현재로서는 다른 어떤 펌프보다도 고압, 고속 회전, 고효율이 얻어지고, 크기에 비하여 대출력이 얻어지는 장점을 가진다.

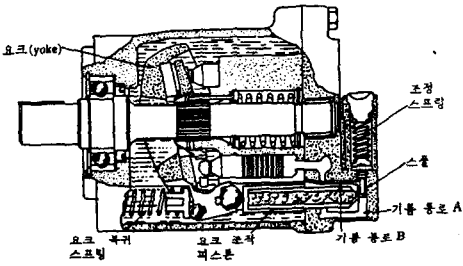
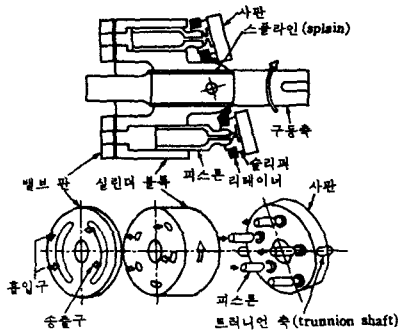


그림 3.4 사판식 액시얼 피스톤 펌프

(5) 사축식 액시얼 피스톤 펌프

그림 3.5에 원리도를 나타내었다. 피스톤, 실린더 블록, 밸브판의 관계는 사판식의 경우와 거의 같으며, 실린더 블록이 구동축에 대하여 경사져 있다는 점이 다르다. 가변 용량형으로 하려면 실린더 블록의 경

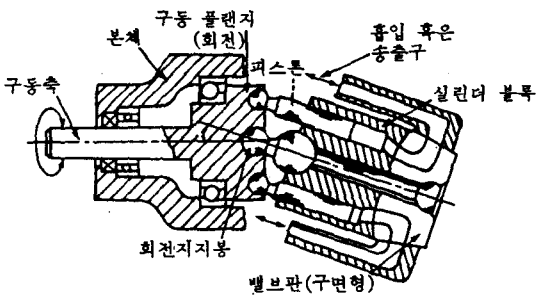


그림 3.5 사축식 액시얼 피스톤 펌프

사각을 가변으로 할 필요가 있으므로 다소 복잡해지지만, 정용량인 경우에는 오히려 콤팩트화할 수가 있다.

(6) 래디얼 피스톤 펌프

그림 3.6에 원리도를 나타내었다. 이 형식의 펌프는 로터 내에 피스톤이 래디얼 (radial) 방향으로 방사상으로 배열하고 있다. 드러스트 링 (thrust ring) 내를 이것과 편심인 로터가 회전하면 피스톤은 로터 내를 반경 방향으로 왕복 운동하여 유체의 흡입, 토출 작용을 하게 된다. 흡입, 토출시의 정류작용은 핀틀 (pintle)이라 불리는 분배축과 로터 내면으로 행해지며, 이 작용은 액시얼 피스톤 펌프의 밸브판과 실린더 블록과의 관계를 원통면상에 옮겨 놓은 것으로 생각할 수 있다.

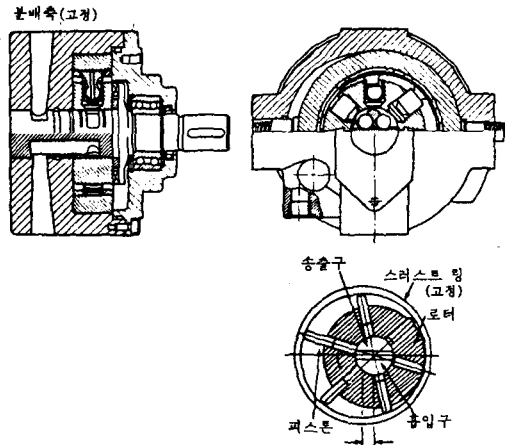


그림 3.6 래디얼 피스톤 펌프

3.2 유압 펌프의 특성과 성능 비교

(1) 유압 펌프의 효율과 소요동력

유압 펌프를 구동하는데 필요한 동력은 기본적으로 다음식으로 표시된다.

$$L = PQ = T\omega \dots \dots \dots (3.1)$$

여기서 L은 펌프를 구동하는데 필요한 동력, P는 펌프의 송출측 압력, Q는 펌프의 송출 유량, T는 펌프 구동축에서의 토크,

w는 펌프 회전축의 각 속도를 나타낸다.

유압 펌프에서의 유체 동력, 펌프 동력 및 축동력은 각각 다음 식으로 나타낼 수 있다(이 경우 펌프내에서 유체 유동에 따른 압력 손실은 펌프의 송출측 압력에 비하여 일반적으로 매우 작으므로 이를 무시한다. 즉, 압력 효율을 100%로 간주한다.)

$$\begin{aligned} \text{유체 동력 } L_h &= PQ \\ \text{펌프 동력 } L_p &= PQ_{th} \dots \dots (3.2) \\ \text{축 동력 } L_s &= T_w \end{aligned}$$

여기서 P는 펌프의 송출측 압력, Q는 펌프의 실제 송출 유량, Q_{th} 는 펌프의 이론 송출 유량 (=펌프의 배제용적×단위 시간당 회전수), T는 펌프의 실제 축 구동 토크, w는 펌프 회전축의 각 속도를 나타낸다. 이들 동력 사이의 대소 관계는 $L_s > L_p > L_h$ 로 표시된다.

유압 펌프의 용적 효율, 기계효율은 다음 식으로 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{용적 효율 } \eta_v &= \frac{Q}{Q_{th}} \\ \text{기계 효율 } \eta_m &= \frac{L_p}{L_s} \end{aligned} \dots \dots (3.3)$$

한편, 펌프의 전효율 η 는

$$\eta = \frac{L_h}{L_s} = \frac{L_h}{L_p} \cdot \eta_m = \frac{PQ}{PQ_{th}} \cdot \eta_m$$

로도 표시되며, 따라서 η 는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$\eta = \eta_v \cdot \eta_m \dots \dots (3.4)$$

또한, 식(3.2), (3.3)로부터 다음의 관계가 얻어진다.

$$\eta = \eta_v \cdot \eta_m = \frac{L_h}{L_s} = \frac{PQ}{P_w}$$

이 식으로부터 은 다음과 같이 표시할 수 있음을 알 수 있다.

$$\eta_m = \frac{PQ}{\omega} \cdot \frac{1}{\eta_v} \cdot \frac{1}{T} = \frac{PQ_{th}}{\omega} \cdot \frac{1}{T}$$

여기서 PQ_{th}/ω 를 T_{th} (이론적인 축 구동 토크)로 놓으면

$$\eta_m = \frac{T_{th}}{LT} \dots \dots (3.5)$$

의 관계가 얻어진다. 기계 효율을 토크 효

율이라고도 부르는 이유는 식(3.5)로 부터 명백해진다.

유압 펌프의 축구동에 필요한 동력은 다음 식으로부터 계산할 수 있다.

$$L_s = \frac{PQ}{450\eta} \text{ (PS)} = \frac{PQ}{612\eta} \text{ (kW)} \dots \dots (f)$$

식(f)에서 P, Q의 단위는 각각 [Kgf/cm²] 및 [l/min] 이다.

(2) 일반 성능 곡선과 펌프의 성능 비교

① 일반 성능 곡선

압력 또는 회전수와 펌프의 제효율 등과의 관계를 나타낸 것을 일반 성능 곡선이라 부른다. 그림 3.7에 사판식 액시얼 피스톤 펌프 (69.8cm³/rev)의 실측예를 나타내었다. 이 그림은 압력이 주어졌을 때 펌프의 제효율을 알고자 하는 경우 편리하다. 회전수가 주어졌을 때 제효율을 알고자 하는 경우에는 횡축에 회전수를 취하여 표시하면 된다.

② 펌프의 성능 비교<성능 비교표>

<표 3.1>에 각종 유압 펌프의 성능을 나타내는 대표 수치례를 나타내었다.

이 표에서도, 피스톤 펌프는 고압용으로 효율도 높으며, 치차 펌프와 베인 펌프는 내접 치차 펌프의 일부를 제외하고는 중·저압용이며 최고 효율도 70~80% 정도임을 알 수 있다.

<기름의 오염이 펌프에 미치는 영향>

평형형 베인 펌프 또는 일반의 치차 펌프는 기름의 오염에 덜 민감하나, 피스톤 펌프나 고압용 내접 치차 펌프에는 오염의 영향을 받기 쉬운 부분이 많으므로 특히 주의를 요한다. 한편 유압 펌프의 수명에 영향을 미치는 인자를 열거해 보면, 기름의 오염도, 토출 압력, 회전수, 운전온도, 기름의 점도 및 윤활성, 가변 기구의 작동빈도 등이 있다.

<맥동, 소음>

맥동이나 소음에 대해서는, 그것이 심한 순으로 나열하면 일반적으로, 피스톤 펌프, 외접 치차 펌프, 경부하용 사판식 액시얼

피스톤 펌프 및 가변 용량형 베인 펌프, 정 용량형 베인 펌프, 고압 내접 치차 펌프, 나사 펌프의 순으로 된다.

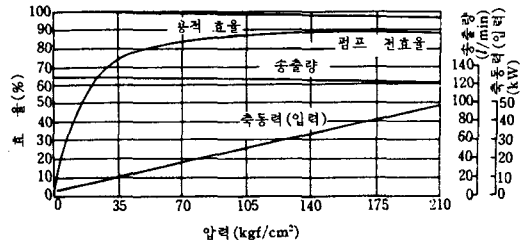


그림 3.7 유압 펌프의 성능 곡선

표 3.1 각종 유압 펌프의 성능 비교

유압 펌프의 종류		정격압력 (kgf/cm²)	배제 적용 (cm³/rev)	회전수 (rpm)	전효율 (%)	
피스톤 펌프	축방향형 (axial type)	사판식	140~350	~500	300~3,600	80~93
		사축식	140~350	~500	300~3,600	80~93
	반경방향형 (radial type)	~315	~1,800	300~1,800	80~93	
기어 펌프	외접기어	175	~350	100~3,000	70~85	
	내접기어	30~70	~250	100~5,000	70~85	
	고압 내접기어	250	~125	300~2,500	85~90	
베인 펌프	평형식	70~90	~170	300~2,000	70~85	
	고성능형	140~175	~350	300~2,700	70~85	
나사 펌프		~70	~20,000	100~10,000	~80	

대화중에 통신보안

업무중에 문서보완