

漁船의 自動化를 위한 油壓技術 (2)

부산수산대학교 기관학과
부교수 이 일 영

4. 유압 액츄에이터

액츄에이터(actuator)란 유압 펌프와 반대의 역할을 수행하는 작동기구를 가리킨다. 즉, 유압 펌프로부터 공급되는 고압의 기름이 액츄에이터에 작용하면 액츄에이터로부터는 기계적인 동력이 얻어지게 된다.

기계적인 동력은 크게 나누어 회전운동과 직선운동으로 구분되는데, 회전운동을 얻는 유압 액츄에이터를 유압모터(hydraulic motor)라 하고 직선운동을 얻는 유압 액츄에이터를 유압 실린더(hydraulic cylinder)라 한다.

4.1 유압 모터의 종류와 구조

유압 모터란 유압 펌프를 역으로 작용시켜 사용하는 것으로 생각할 수 있으므로 유압 모터의 분류에는 일반적으로 3.1절 유압 펌프의 분류를 그대로 적용할 수가 있다. 그러나 현재로서는 분할편이 있는 내접 기어 펌프와 나사 펌프에 대응하는 유압 모터는 없으며, 동일한 종류의 유압 펌프에 대응하는 유압 모터라 하더라도 펌프와 모터 사이에는 구조적으로 약간의 차이가 있는 것이 보통이다.

(1) 기어 모터

기어 모터에는 외접 기어 모터와 내접 기어 모터가 있다. 외접 기어 모터에는 기어

펌프와 동일한 구조의 것이 많으며, 대부분이 고속 회전용이다. 저속, 고 토크용의 것도 원리상으로는 가능하나 실용화되어 있지는 않다.

그림 4.1은 트로코이드형 내접 기어 모터로서, 중·저속 고 토크형 모터이다. 이것은 오비트 모터(orbit motor)라고도 불리며, 다음의 중요부분들로 구성되어 있다.

- ① 내접기어 및 외접기어, ② 출력축 ③ 중간축

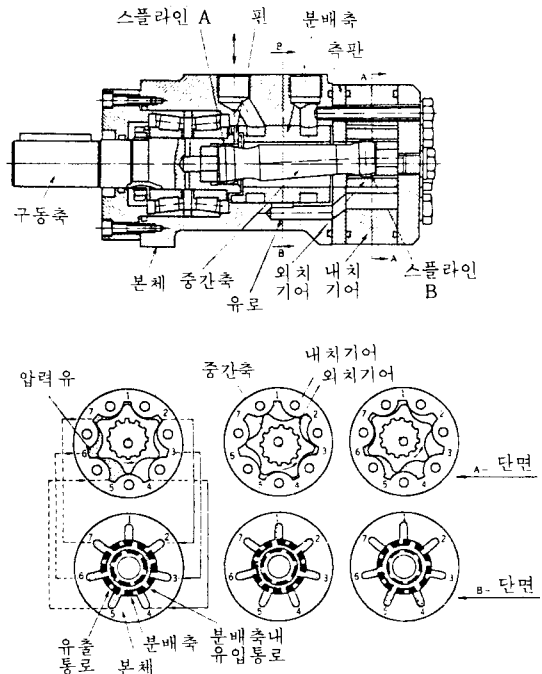


그림 4.1 내접 기어형 저속 고 토크 유압 모터

내치 기어는 7개의 내치를 갖는 하우징이고, 외치 기어는 6개의 외치를 갖는 로터이다.

로터와 하우징에 의하여 형성된 공간의 반은 고압측, 반은 저압측에 접속되어 있어, 고압측의 공간에 압류가 유입하면 로터는 화살표 방향(고압측의 공간이 확대되는 방향)으로 회전한다. 이 회전 운동은 공전(로터 중심의 궤도)과 자전(외치 기어의 내치 기어에 대한 회전)으로 이루어지며 이중 자전은 중간축을 통하여 출력축으로 전달된다. 이 회전은 동시에 출력축으로부터 핀을 거쳐서 분배축(핀들)으로 전달되고, B-B단면에 나타낸 바와 같이 분배축내의 통로와 분체내의 통로를 5→6→7→1의 순으로 순차적으로 연결시켜 준다. 여기서 외치 기어는 연속하여 시계방향으로 공전함과 동시에 1/6로 감속되어 반시계방향으로 자전하므로, 6대1의 감속기를 사용하는 것과 같은 효과가 얻어진다.

(2) 베인 모터(vane motor)

베인 모터의 구조는 베인펌프와 거의 같다. 다만, 베인 펌프는 원심력으로 베인이 튀어 나와서 접촉하지만, 베인 모터에서는 압력유가 들어가기 전에 베인을 어떤 방법에 의한건 캠 링에 압착시킬 필요가 있다. 그렇지 않으면 기름은 그냥 통과해 버리므로 로터를 돌릴 수 없다. 베인이 튀어나오게 하는 방법에는 스프링을 사용하는 방법(그림 4.2)과 유압력에 의하는 방법이 있다.

베인 모터는 고속 회전용, 저속 회전용의

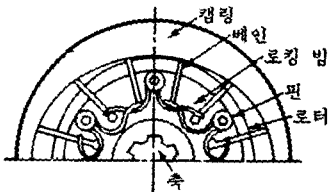


그림4.2 스프링에 의한 베인의 압착

어느 쪽으로도 가능하나 고속 회전용으로는 현재 그다지 사용되지 않고 있다.

(3) 피스톤 모터

피스톤 모터에는 액시얼 피스톤 모터(axial piston motor)와 레이디얼 피스톤 모터(radial piston motor)가 있다.

액시얼 피스톤 모터에는 유압 펌프에서와 마찬가지로 시판식, 사축식, 그리고 정 용량식, 가변 용량식의 어느 쪽으로도 할 수 있으나, 이 형식의 모터는 기구상으로 저속, 고 토크화하는 것이 어렵기 때문에 고속용의 것을 기어 감속기와 일체로 하여 사용하는 경우가 많다(그림 4.3)

레이디얼 피스톤 모터는 저속, 고 토크화하기가 쉬우므로 현재 저속 모터의 대표적인 것으로 널리 사용되고 있으며, 선박용 윈치(winch) 구동용 모터로도 유명하다.

그림 4.4는 일명 성형 모터(star type motor)라 불리는 반지름 방향 피스톤 모터

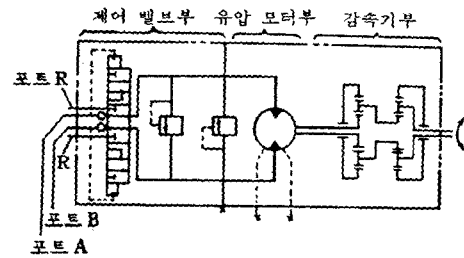


그림4.3 기어 감속기를 가지는 축방향 피스톤 모터

본체 내 유로 분배축 피스톤 커넥팅 로드 베어링 편심 캠 축 유입·유출 포트

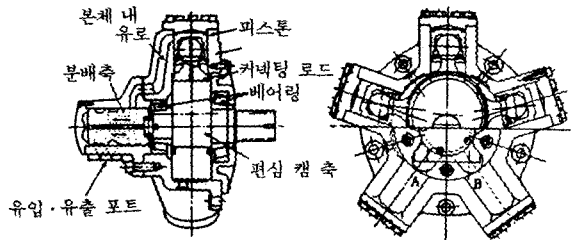


그림4.4 반경 방향 피스톤형 저속 고 토크 모터

의 구조도이다. 이것은 중·대형, 그리고 고압의 것에 적합하다.

작동을 설명하면, 본체의 흡입구로부터 분배축 내에 들어간 압력유는 정류 작용을 받아서 차례로 피스톤 상부로 공급된다. 피스톤 상부에서는 큰 힘을 발생시켜서 편심 캠 축을 회전시킨다. 이때, 편심 캠 축은 분배축을 회전시키기 때문에, 출력축의 연속적인 회전이 얻어지게 된다.

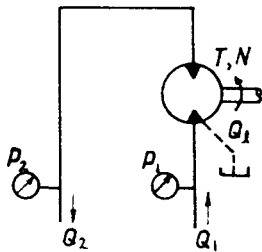
4.2 유압 모터의 특성과 사용법

(1) 유압 모터의 효율, 발생 토크

그림 4.5에서와 같이 유압 모터 입구에서의 압력과 유량을 P_1, Q_1 , 출구에서의 값을 P_2, Q_2 라 하고, 회전축에서의 토크와 회전수를 T, N , 케이스 드레인 유량을 Q_i 라 하면 다음식이 성립한다.

$$\left. \begin{aligned} \text{유체동력 } L_h &= \Delta P Q_1 = (P_1 - P_2) Q_1 \\ \text{모터동력 } L_m &= \Delta P Q_{th} = (P_1 - P_2) Q_{th} \\ \text{축동력 } L_s &= T \cdot \omega \end{aligned} \right\} \text{----- (4.1)}$$

여기서 Q_{th} 는 유효유량 즉 유압모터를 구동하는데 실제로 기여한 유량을 말하며, 유



4.5 유압 모터에 관련된 물리량

압모터의 배제용적 q_{th} 와 회전수 N 의 곱으로 표시된다. 모터 내부에서의 압력 손실은 사용 압력의 크기에 비하여 매우 작으므로 위 식에서는 고려하지 않았다. (즉, 압력 효율은 100%로 간주한다.)

(4.1)식의 각 동력사이의 대소관계는 다음과 같이 표시된다.

$$L_h > L_m > L_s$$

유압 모터의 용적효율, 기계효율 및 전효율은 다음과 같이 표시된다.

$$\text{용적효율 } \eta_v = \frac{Q_{th}}{Q_1} = \frac{Q_{th}N}{Q_1 \cdot 1000} \times 100(\%) \text{----- (4.2)}$$

여기서, 각 물리량의 단위는 $q_{th}(cc/rev)$, $Q_1(l/min)$, $N(rpm)$ 이고, $Q_1 = Q_{th} + Q_s$, $Q_s = \text{케이스 드레인}(Q_i) + \text{내부 누설} + \text{외부 누설}$ 로 나타낼 수 있다. 내부 누설이란 유압 모터 밸브 플레이트 상에서 고압측 포트로부터 직접 저압측 포트에 누설되는 유량을 가리키며, 외부 누설이란 케이스 드레인 이외의 외부 누설을 뜻한다.

$$\text{기계효율 } \eta_m = \frac{T}{T_{th}}$$

여기서, T_{th} 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$T_{th} = \frac{10 \cdot \Delta P \cdot Q_{th}}{2\pi N} = \frac{\Delta P \cdot q_{th}}{200\pi}$$

여기서, 각 물리량의 단위는 $\Delta P(kgf/cm^2)$, $Q_{th}(l/min)$, $T(kgf \cdot m)$ 이다. 이 T_{th} 를 위식에 대입하면,

$$\eta_m = \frac{200 \cdot \pi \cdot T}{\Delta P \cdot q_{th}} \times 100(\%) \text{----- (4.3)}$$

이 얻어진다.

$$\text{전효율 } \eta_o = \frac{L_s}{L_h} = \frac{T \cdot \omega}{\Delta P \cdot Q_1} = \eta_v \cdot \eta_m / 100 (\%)$$

----- (4.4)

유압 모터 축으로부터 얻는 토크는 다음 식으로부터 계산할 수 있다.

$$T = \frac{\Delta P \cdot q_{th} \cdot \eta_m}{2\pi} \times 10^2 \text{ [kgf}\cdot\text{m]}$$

----- (4.5)

단, ΔP (kgf/cm²), q_{th} (cc/rev)

또한 유압모터 축으로부터 얻어지는 동력 L_s 는

$$L_s = \frac{2\pi NT}{4500} \text{ [PS]} = \frac{2\pi NT}{6120} \text{ [kW]}$$

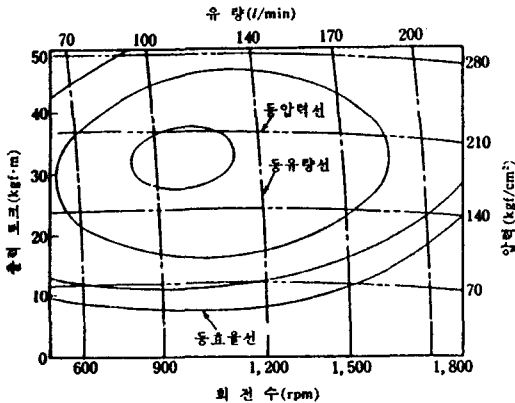
$$= \frac{\Delta P \cdot Q_1 \cdot \eta_o}{450} \text{ [PS]} = \frac{\Delta P \cdot Q_1 \cdot \eta_o}{612} \text{ [kW]}$$

----- (4.6)

단, ΔP (kgf/cm²), Q_1 (l/min), T (kgf·m), N (rpm)

(2) 유압 모터의 일반 성능 곡선

그림 4.6은 유압 모터 일반 성능 곡선의 예로서, 사판식 축방향 피스톤 모터의 실측 예를 나타낸 것이다. 이 그림으로부터, 회전



4.6 유압 모터의 일반 성능 곡선

수와 출력 토크가 주어졌을 때 전효율을 알 수 있다.

유압 장치의 설계자는 유압 모터 제작회사가 제공하는 그림과 같은 성능 곡선을 참고하여 필요로 하는 모터를 선택할 수 있다.

(3) 유압 모터의 사용법

유압 모터 취급상의 일반적인 주의 사항은 유압 펌프의 경우와 거의 동일하나, 유압 모터에 대해서는 거기에 추가하여 다음의 몇 가지 사항에도 주의하지 않으면 안된다.

- ① 가변 용량형의 유압 모터에서는 가변 기구부의 조정비를 1:1/3~1/4이상으로 할 것. 너무 작게하면 회전수가 너무 높아지고, 모터 효율이 극단적으로 저하하기 때문이다.
- ② 기동시의 토크 효율은 정상 회전시보다 낮으므로 주의해야 한다.
- ③ 정상회전수의 하한치는 관성력이 적은 부하인 경우, 고속 모터에서는 50~100rpm, 중속 모터에서는 35~50rpm, 저속 고폭형에서는 2~5rpm이 기준이 된다. 어느 한도 이하의 저속에서는 스무드한 회전이 얻어지지 않기 때문이다.
- ④ 유압 모터는 내부누설이 있으므로, 하중이 걸린 상태에서는 유압관로를 폐쇄하여도 조금씩 회전하게 된다. 따라서 용적효율이 높은 유압 모터를 선정하거나 기계적인 브레이크를 갖추는 등의 대책이 필요하다.
- ⑤ 유압 모터는, 중력하중 등 자주하중을 받으면 펌프 작용을 하여 유출측에 압력을 발생시키게 된다. 이 때 유입측을 진공상태로 하거나 연속해서 공기를 흡입하게 되면 공전하게 되어 사고가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

4.3 유압 실린더

유압 실린더는 유압 펌프로부터의 유체동력을 직선운동의 기계적 동력으로 변환하는 장치이다. 실린더로부터 얻어지는 추력은 압력과 피스톤 면적의 곱에 비례하며, 속도는 유량에 비례한다.

(1) 유압실린더의 분류

실린더를 작동 방식에 따라서 분류하면 단동형(single acting type)과 복동형(double acting type)이 있다.

단동형 실린더는 실린더의 한쪽에만 압력 유체가 작용하는 실린더이며, 따라서 피스톤이 복귀하는 데에는 중력 또는 스프링력에 의존하게 된다. 이 형식에는 피스톤식과 램식(ram type)이 있다.

복동형 실린더는 피스톤 양쪽에 어느 방향으로나 압력 유체가 작용할 수 있는 실린더를 말한다. 이 형식에는 편로드형과 양로드형이 있다.

(2) 유압 실린더의 구조

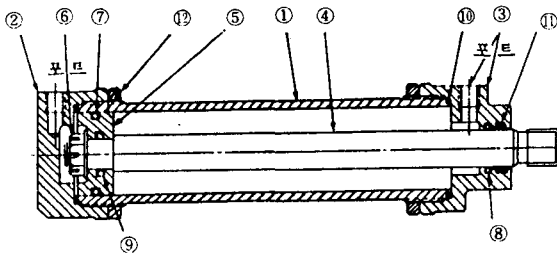
유압 실린더는 튜브, 커버, 피스톤 및 피

스톤 로드 등으로 구성된다. 실린더 단면의 한 예를 그림 4.7에 나타내었다.

실린더 튜브는 내압성, 내마멸성이 우수해야 하므로, 재료로서 실린더 튜브용으로 제조되는 인발 탄소 강관이 사용되며, 고급 주철, 스테인리스 스틸 등이 사용되기도 한다. 실린더 내면은 호닝가공을 하며, 내마멸성을 증대시키기 위하여 크롬 도금을 실시하기도 한다.

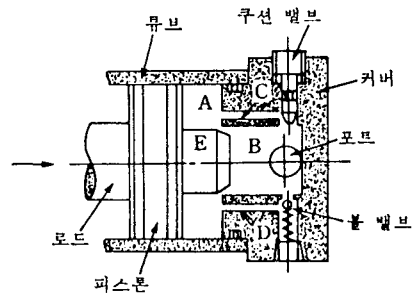
(3) 실린더의 쿠션 기구

운동하고 있는 피스톤이 실린더 커버에 그대로 부딪치면 충격이 일어난다. 그것을 완화하기 위해서 그림 4.8과 같이 쿠션 기구(cushion mechanism)가 커버에 장치될 때가 있다. 피스톤이 충돌하기 전에 먼저 피스톤 노즈(piston nose) E가 기름 구멍 B에 들어가면 A실의 기름은 통로가 막혀 쇼크(choke) C를 통하여 쿠션 밸브로 교축되면서 B실로 흘러들어간다. 이 때문에 피스톤의 운동 속도가 감소하고 마침내 정지한다. 전진할 때에는 기름은 체크 밸브에서 D통로를 지나 피스톤의 전면적에 작용하므로 급속히 전진할 수 있다.



4.7 유압 실린더

- ① 튜브 ② 헤드 커버 ③ 로드 커버 ④ 피스톤 로드
- ⑤ 피스톤 ⑥ 피스톤 너트 ⑦ 피스톤 패킹 ⑧ 로드 패킹
- ⑨ 피스톤 개스킷 ⑩ 튜브 개스킷 ⑪ 더스트 와이퍼
- ⑫ 록 너트



4.8 실린더의 쿠션 기구